

POLITECNICO DI TORINO

**LIVELLI DI DETTAGLIO E GESTIONE DATI
CON IL BIM PER LA FASE OPERATIVA
CASO STUDIO: SEDE UNICA TORRE REGIONE
PIEMONTE**

Relatore:

Prof.ssa Anna Osello

Correlatore:

Ing. Matteo Del Giudice

Tesi di Laurea Magistrale di

Gianvito Passalacqua

Matricola s224616

ANNO ACCADEMICO 2017 / 2018

Indice

Abstract.....	11
1. Introduzione	12
1.1. Introduzione al Building Information Modeling	12
1.2. Introduzione al Facility Management	13
1.3. Caso studio: Sede Unica Torre Regione Piemonte.....	14
2. BIM.....	16
2.1. Potenzialità e adozione del BIM.....	16
2.2. Il BIM per il Facility Management	18
2.3. Quadro legislativo e normativo Italiano	19
2.3.1. UNI11337 Parte 4 e Livello di sviluppo degli Oggetti Digitali.....	24
3. La collaborazione nel BIM	30
3.1. Lavorare in team	30
3.2. Il Worksharing	30
3.3. Il modello federato.....	32
4. Metodologia - Caso Studio	35
4.1. Il modello federato Torre Regione Piemonte	35
4.1.1. Complessità dell'intervento	35
4.1.2. Ambiente di condivisione dati ACDat.....	39
4.2. Modello architettonico.....	41

4.3.	Modello MEP Elettrico.....	46
4.3.1.	Materiale input.....	46
4.3.2.	Ambiente di lavoro	46
4.3.3.	Modellazione famiglie.....	49
4.3.4.	Comparazione famiglie con diverso LOD.....	50
4.3.5.	Parametri.....	58
4.3.6.	Modellazione dei sistemi.....	62
5.	Gestione dei dati con Dynamo.....	67
5.1.	Introduzione al database Revit e al visual programming Dynamo.....	67
5.2.	Script Abaco Porte.....	71
5.3.	Script modello elettrico	76
5.3.1.	Cavi passerelle.....	76
5.3.2.	Impostazione parametri IFC	80
5.3.3.	Apparecchi di illuminazione.....	81
5.3.4.	Isolare elementi nella vista	84
6.	Interoperabilità.....	85
6.1.	Il problema della comunicazione - The end of Babel.....	85
6.2.	Il formato di scambio IFC	87
6.2.1.	Struttura e dominio IFC.....	88
6.3.	Esportare in IFC	90
6.4.	Piano di Manutenzione	92

7.	Risultati.....	101
8.	Conclusioni - Sviluppi futuri	103
9.	Allegati.....	105
9.1.	Allegato A.....	105
9.2.	Allegato B.....	109
10.	Fonti.....	110

Indice delle Figure

Figura 1-1 Plastico Torre Regione Piemonte elaborato dallo studio Fuksas.....	14
Figura 2-1 Processo informativo delle costruzioni - UNI 11337-1	22
Figura 2-2 Flusso informativo - UNI 11337-5	23
Figura 2-3 Usi e obiettivi del modello e delle fasi - UNI 11337-4.....	24
Figura 2-4 Flusso di coordinamento, pubblicazione, verifica e approvazione - UNI 11337-4.....	25
Figura 2-5 Schema relazionale tra oggetto reale, entità virtualizzata, LOG LOI e LOD. UNI 11337-4.....	26
Figura 3-1 Schema concettuale Worksharing.....	31
Figura 3-2 Schema concettuale Modello Federato	32
Figura 3-3 Collaborazione tramite i modelli collegati -Fonte: Mastering Autodesk Revit 2017	33
Figura 3-4 Esempio Interferenze	34
Figura 4-1 Schema concettuale modello federato Torre Regione Piemonte.....	37
Figura 4-2 Struttura nodello federato Torre Regione Piemonte	38
Figura 4-3 Struttura ACDat TRP.....	40
Figura 4-4 Suddivisione workset modello architettonico.....	42
Figura 4-5 Parametro Livello PPF +0.2	43
Figura 4-6 Associazione parametro altezza di calcolo - Livello PPF +0.2	44

Figura 4-7 Delimitazione automatica locali.....	44
Figura 4-8 Stralcio pianta livello 10 con etichette locali	45
Figura 4-9 Abaco locali livello 10	45
Figura 4-10 Interfaccia Workset Modello Elettrico.....	47
Figura 4-11 Spaccato 3D con visualizzazione workset attiva	48
Figura 4-12 Definizione Categoria famiglia Revit e Numero OmniClass Prese unel/bipasso	51
Figura 4-13 Definizione Categoria famiglia Revit e Numero OmniClass Prese Dati	51
Figura 4-14 Definizione Categoria Revit e Numero OmniClass Interruttori magnetotermici	52
Figura 4-15 Rappresentazione Gruppo prese A: Simbolo 2D e relativa impostazione di visibilità - Assonometria 3D.....	53
Figura 4-16 Aggiunta parametri Condivisi.....	59
Figura 4-17 Nuovo gruppo parametri condivisi	59
Figura 4-18 Definizione nuovo parametro condiviso	60
Figura 4-19 Parametri di progetto.....	61
Figura 4-20 Aggiunta parametri condivisi ai parametri di progetto	61
Figura 4-21 Sistemi elettrici disponibili in Autodesk Revit	62
Figura 4-22 Impostazioni elettriche dei sistemi elettrici in Autodesk Revit	63
Figura 4-23 Browser di sistema in Autodesk Revit.....	63
Figura 4-24 Proprietà quadro sezione ordinaria	64

Figura 4-25 Circuito del gruppo prese, collegate alle blindosbarre, e al quadro in sezione di continuità	65
Figura 4-26 Stralcio controsoffitto Locale Tecnico Nord-Uffici Nord livello 10.....	66
Figura 5-1 Interfaccia Snoop Object di RevitLookup - Navigazione database di Revit	68
Figura 5-2 Interfaccia Snoop Parameters di Snoop Object - Revit Lookup.....	69
Figura 5-3 Script Dynamo Abaco porte completo	71
Figura 5-4 Script Dynamo porte - Input	72
Figura 5-5 Script Dynamo porte - Ordinamento	72
Figura 5-6 Script Dynamo porte - Scrittura su Excel	73
Figura 5-7 Script Dynamo porte - Impostazione parametri da valori Excel	74
Figura 5-8 Script Dynamo porte - Impostazione parametri uguali.....	74
Figura 5-9 Script Dynamo porte - Direzione apertura.....	75
Figura 5-10 Script Dynamo porte - Parametro REI 120.....	75
Figura 5-11 Schema dorsali di distribuzione Tatto-Cavi.....	77
Figura 5-12 Script Dynamo passerelle portacavi	78
Figura 5-13 Script Dynamo - Filtro elementi a livello	78
Figura 5-14 Script Dynamo - Filtro passerelle offset.....	79
Figura 5-15 Script Dynamo -Filtro più impostazione parametro passerelle	80
Figura 5-16 Script Dynamo - Parametri IFC passerelle	80
Figura 5-17 Script Dynamo - Apparecchi di illuminazione	81

Figura 5-18 Script Dynamo - Filtro apparecchi di illuminazione di Emergenza.....	82
Figura 5-19 Script Dynamo per impostare parametro flag sì/no	83
Figura 5-20 Script Dynamo - Elementi impianto rivelazione incendio.....	84
Figura 5-21 Script Dynamo - Isolare elementi in una vista specifica.....	84
Figura 6-1 Schema scambio dati Input-Output BIM	86
Figura 6-2 Standard prodotti e logo ufficiale di buildgSMART - www.buildingsmart-tech.org	87
Figura 6-3 Schema concettuale interoperabilità tramite il formato IFC.....	88
Figura 6-4 Diagramma architettura del dato del formato IFC - Fonte: Verwaltung und Qualitätssicherung von BIM-Modellen via IFCWebServer.org Data Server.....	90
Figura 6-5 Schema interazione Mantus-Modello BIM - ACCA software.....	93
Figura 6-6 Navigazione modello IFC tramite Solibri Model Viewer.....	94
Figura 6-7 Flusso di lavoro esportazione IFC	95
Figura 6-8 Comando Esportazione IFC Autodesk Revit.....	95
Figura 6-9 Interfaccia di apertura ManTus-IFC	96
Figura 6-10 Ambiente di lavoro ManTus-IFC.....	96
Figura 6-11 Lampade fluorescenti Archivio Elementi Manutenibili.....	97
Figura 6-12 Eleno elementi del piano di manutenzione - ManTus.....	98
Figura 6-13 Requisiti e Presetazioni - ManTus	98
Figura 6-14 Aggiunta documentazione - ManTus.....	99
Figura 6-15 Gruppo controlli - ManTus	99

Abstract

La parte gestionale degli immobili è una sostanziale porzione delle spese che riguardano un investimento immobiliare, a maggior ragione per il settore pubblico dove l'attenzione alla spesa è di carattere comunitario si deve riporre gli opportuni sforzi nel raggiungere un ottimo risultato in tal senso. E' bene dunque, sin dalla fasi progettuali, organizzare un modello informativo che possa fornire tutte le opportune informazioni, in modo conciso e veloce, per ottimizzare i costi della gestione, così da poter offrire alla comunità un prodotto migliore e più efficiente. L'obbiettivo della tesi è l'elaborazione di indicazioni e standard procedurali che possano coadiuvare l'utilizzo della metodologia BIM nella gestione di esercizio della vita utile di un manufatto. Tramite lo studio e la ricerca delle possibilità offerte della progettazione informativa digitale si è cercato di raggiungere un risultato ottimale che rappresenti l'as built e che sia pronto per un uso estensivo per il Facility Management. Si è focalizzata la ricerca sui livelli di sviluppo che le componenti devono avere per essere idonei all'obbiettivo. Un altro aspetto nodale è stato la gestione dei dati, il loro reperimento e la corretta restituzione. In un ambiente dove l'interoperabilità diviene punto focale e determinante è stata mostrata una possibile soluzione per la redazione del piano di manutenzione dell'opera con il supporto del BIM e lo scambio di dati tra diversi applicativi.

1. Introduzione

1.1. *Introduzione al Building Information Modeling*

Il Building Information Modeling è costituito dall'insieme di processi applicati per realizzare, gestire, ricavare e comunicare informazioni tra soggetti a livelli differenti, utilizzando dei modelli creati da tutti i partecipanti al processo edilizio, in tempi diversi ed anche per scopi non uguali tra loro, per garantire qualità ed efficienza attraverso l'intero ciclo di vita di un manufatto [1]

Il **BIM** è una metodologia per la progettazione, pianificazione, realizzazione e gestione di costruzioni tramite il supporto digitale di software. Nel processo i **dati** relativi al manufatto, e ad ogni sua caratteristica, vengono definiti oltre che con informazioni geometriche e spaziali, soprattutto con informazioni non visive, quindi di carattere informativo. Sta proprio in questa possibilità di avere informazioni non visive la potenza nascosta dietro l'utilizzo di questo tipo di progettazione, poiché oltre ad ottenere un **modello 3D**, il più possibile corrispondente alla realtà in termine grafico, è possibile aggiungere tanti tipi di **informazioni**.

L'adozione di una metodologia che permetta di creare un unico contenitore al quale i diversi attori possono aggiungere ed estrarre le informazioni desiderate potrebbe essere definita come indispensabile se si vuole avere, anche nel campo delle costruzioni, i miglioramenti che abbiamo avuto nei campi dell'industria negli ultimi decenni. I processi di digitalizzazione avvenuti negli ultimi 30/40 anni hanno portato i maggiori settori dell'industria ad ottenere miglioramenti produttivi continui. Dopo la seconda rivoluzione industriale il supporto al miglioramento è stato sempre continuo ed incessante, ma è solo con la digitalizzazione e con l'avvento dell'era dell'informazione che si sono verificati i più grandi progressi. La digitalizzazione ha portato ad aumentare l'efficienza e la produttività del settore industriale in modo straordinario, un unico grande settore è stato esente da queste migliorie: quello delle costruzioni. Se andiamo a paragonare lo spreco di risorse, energie, costo, lavoro,

materiali, confrontando l'andamento degli stessi parametri nel tempo con altri settori industriali si nota come nell'ambito edilizio i miglioramenti siano stati pressoché irrilevanti. [2] È banale sottolineare come i settori siano ampiamente differenti e quanto difficile il processo di industrializzazione di una disciplina così complessa ed articolata come l'edilizia sia, ma questo non può essere una scusante per restare miopi ed incuranti di fronte alle nuove tecnologie. La metodologia BIM offre numerosi spunti sul quale lavorare per portare dei miglioramenti sostanziali nel processo edilizio. È ampiamente dimostrato infatti come sia il prodotto che i processi per ottenerli siano più efficienti in termini di utilizzo di risorse, impiego del lavoro, impiego di energia nella costruzione e nell'esercizio, spesa di costruzione e gestione.

1.2. *Introduzione al Facility Management*

Il Facility Management è una disciplina che governa le attività che non riguardano il core business di un'azienda, in generale si riferiscono a quel complesso di attività che afferiscono alla gestione di edifici e dei relativi impianti ed apparecchiature. L'obiettivo principale è dunque il coordinamento dello spazio fisico con le attività di lavoro dell'ente. La gestione degli edifici è una scienza interdisciplinare che ha al suo interno nozioni sulla gestione economica e finanziaria d'azienda, sull'architettura, sull'ingegneria, e sulle scienze comportamentali. L'approccio deve essere per forza di tipo integrale, in modo tale da incorporare input provenienti dalle citate discipline per poi poter estrarre informazioni e formulare proposte operative, soluzioni per rendere efficiente l'uso degli spazi e delle risorse appartenenti alla struttura. La gestione dei beni, soprattutto se riferiti ad aree elevate, deve essere coadiuvato da supporti informativi digitali. Tale necessità nasce dal fatto che la gestione, la riorganizzazione, dei dati, che siano grafici, geografici, alfanumerici documentali ecc, diviene estremamente semplice in un ambiente digitale. Il Facility Management si pone come obiettivo dunque quello di utilizzare in modo efficiente ed intelligente tutte le risorse che sono a corredo di un'attività in modo tale da non far perdere di valore le strutture immobiliari ma far sì che le stesse vengano valorizzate.

1.3. **Caso studio: Sede Unica Torre Regione Piemonte**

Il caso studio per la base del lavoro svolto è un ambizioso progetto che la Regione Piemonte ha deciso di intraprendere svariati anni fa ovvero il grattacielo della Regione Piemonte, parte sostanziale della **Sede Unica Regione Piemonte**. Il manufatto è un edificio amministrativo che dovrà ospitare la quasi totalità degli **uffici** pertinenti alla Regione Piemonte, con eccezione del Consiglio regionale che sarà mantenuto nella sede storica di Palazzo Lascaris.

Dopo opportuni studi il consiglio regionale decise che sarebbe stato opportuno la creazione di un unico polo che fosse in grado di accogliere tutte diramazioni degli uffici regionali dislocati nel comune di **Torino**, che nella maggior parte de casi essendo in affitto costituivano una porzione ingente delle spese.

Dal bando di concorso, internazionale visto la portata dell'operazione, risultò vincitore il progetto presentato dallo **Studio Fuksas** che consiste in un **grattacielo** di oltre 200m di altezza, .

La Torre è sita nel quartiere Nizza Millefonti di Torino, in un area denominata Ex Fiat Avio, vecchia sede della suddetta azienda e adesso proprietà della Regione Piemonte; il progetto iniziale era previsto in un'altra sede, quindi questo progetto finale è in realtà una variante fatta dovute alle scelte politiche urbanistiche della nuova giunta regionale. Tale zona infatti è stata designata ad una più ampia riqualificazione che in futuro ospiterà anche il Parco della Salute, un polo urbano che sarà connubio di ricerca accademica servizi ospedalieri e ricreativi.



Figura 1-1 Plastico Torre Regione Piemonte elaborato dallo studio Fuksas

Il grattacielo sorge su un area di 70.000 m², e sono previsti anche 60.000 m² di spazi accessori e opere esterne per ottenere un eterogeneità di attività per favorire lo sviluppo

commerciale dell'area. A corredo della sede unica vi sono un **Centro Servizi**, collegato alla Torre da un tunnel vetrato sospeso, che potrà ospitare diverse attività per la collettività, non necessariamente collegate al centro direzionale, e l'**Asilo Nido** che avrà 75 posti letto, di cui 15 per lattanti, con sale riposo e da pranzo, spazi per le attività comune, la cucina e un ambulatorio pediatrico; il **Parcheggio** pubblico che potrà ospitare 1138 posti auto.

Il progetto esecutivo della Sede unica ha un importo complessivo di 262 milioni di euro considerando anche le opere di urbanizzazione, così ripartiti:

- Scavi, demolizioni e gestione materiali di scavo: 10.200.000 €
- Opere strutturali: 79.000.000 €
- Opere edili e architettoniche: 115.000.000€
- Opere impiantistiche: 52.300.000€

Il grattacielo, terzo per altezza in Italia dopo la Torre Unicredit di Milano di 231 metri e la Torre Isozaki (Allianz) di 209,20 metri sempre a Milano, prevede **42 piani** di cui due interrati: 41 saranno destinati a ufficio mentre l'attico del 43° piano ospiterà un bosco pensile accessibile al pubblico. Il progetto subì numerose modifiche, che ne determinarono la riduzione in altezza, da quella originale di 220 m a quella definitiva di **209 m**. Sulle facciate è prevista l'installazione di 1.000 m² di pannelli fotovoltaici, per garantire per quanto possibile l'autosufficienza energetica, unita alla costruzione di grandi superfici vetrate per ridurre la necessità di ricorrere a luce artificiale.

L'edificio ha le sue fondazioni a 38 metri di profondità, e la sua impronta quadrata è di 42 metri, sarà adibito ad uffici sino a circa 180 metri, lasciando l'ultima porzione dell'edificio per un giardino pensile. I lavori iniziati nel novembre 2011 sono ancora in esecuzione dovuti a vari ritardi e problematiche giudiziarie.

2. BIM

2.1. *Potenzialità e adozione del BIM*

La metodologia di progettazione BIM non si ferma alla sola fase architettonica e strutturale, ma si estende alla fase impiantistica, energetica e gestionale, coprendo l'intero ciclo di vita dell'opera. I vantaggi che sono frutto dell'utilizzo di questa tecnologia possono essere: maggiore efficienza del processo edilizio grazie alla definizione contestuale alla progettazione di quantità e materiali necessari alla realizzazione; diminuzione degli errori dovuti alle incongruenze architettoniche strutturali ed impiantistiche, risolte nelle fasi di coordinamento virtualizzate; riduzione dei costi grazie all'ausilio di una pianificazione digitalizzata molto dettagliata; facilità di condivisione dei dati tra i diversi attori della filiera; gestioni varianti di progetto in modo integrale e sinergico tra le varie discipline. I vantaggi derivanti dalla digitalizzazione del processo edilizio sono ormai verificati testati soprattutto in ambito internazionale, ma la sua implementazione ha riscontrato diversi ostacoli. Essendo infatti un processo condiviso interdisciplinare ha bisogno di un cambio di paradigma per essere attuato, banalmente è molto complesso fare questo tipo di cambio in modo isolato o unilaterale, senza tener conto delle problematiche che si verificheranno durante l'interazione con gli altri attori. Per questo motivo infatti sotto la spinta di associazioni di settore i principali governi hanno deciso di intraprendere delle roadmap ben specifiche per l'ottenimento di livelli di maturità digitale sempre maggiore.

Il **Livello 0** la base iniziale, ovvero dove la digitalizzazione è minima, ci si riferisce dunque a tavole CAD di disegni 2D con annotazioni informative stampate in formato cartaceo per lo scambio di informazioni.

Il **Livello 1** consiste in un modello 3D dove vengano introdotte funzioni di coordinamento spaziale, ma dove il passaggio di informazioni avviene tramite elaborati specifici 2D.

Il **Livello 2** implementa maggiormente la collaborazione, che in questo caso deve avvenire in maniera digitale introducendo i modelli BIM; verrà programmata una

procedura per la condivisione delle informazioni, così come la scelta dei veicoli informativi, con l'obiettivo di formare un modello federato che possa essere da coordinamento interdisciplinare tra i vari modelli progettati separatamente ma tutti in sinergia tra loro, si pone un ulteriore accento sull'importanza dei dati collegati alle entità presenti nei modelli.

Il **Livello 3** rappresenta un processo integrato BIM con dati openBIM che possono essere condivisi durante l'intero ciclo di vita dell'opera grazie anche a sensoristica e servizi web. In questo caso si necessita quindi di servizi web collaborativi ed integrati con processi completamente aperti, conformi alle normative di interoperabilità emergenti IFC ed IFD.

L'adozione del BIM in Europa è stata molto intensificata negli ultimi anni, i governi del nord Europa infatti si erano posti obiettivi promettenti già a partire dai primi anni duemila, dove consorzi e associazioni di settore iniziarono il lavoro di normazione e redazione di linee guida per i rispettivi paesi. La Finlandia richiese alla sua più grande stazione appaltante nel 2007 l'utilizzo degli standard IFC per il BIM per tutti i suoi nuovi progetti. Nello stesso anno la Danimarca inizia a muovere i suoi passi avendo un approccio diverso, ovvero facendo gestire al governo diversi progetti pilota in BIM che faranno da casi studio per la redazione delle successive linee guida. Anche la Svezia si è mossa in tal senso promuovendo grandi progetti, anche infrastrutturali, che possano essere da base per studi e redazioni di norme e standard. L'Amministrazione dei trasporti svedese (STA) ha dunque decretato la progressiva adozione del BIM decidendo che dal 2015 sarebbe divenuto obbligatorio. L'Olanda tra il 2012-2014 ha investito ingenti fondi nella ricerca sul BIM che ha prodotto, grazie allo sviluppo di più progetti pilota, dei database BIM che sono disponibili per la direzione generale per i lavori pubblici, così come le specifiche e gli standard nazionali. Il Regno Unito può essere considerato uno tra i leader a livello mondiale riguardo la maturità del BIM. Nel 2011 fu fondata la Task Group BIM incaricata di portare avanti lo sviluppo delle linee guida legate al BIM tramite aree di lavoro che riuniscono tutti gli aspetti del settore, da quello manifatturiero industriale, a quello accademico, ai settori pubblici, agli istituti professionali. Le diverse iniziative durante gli anni sono state floride e hanno dato un grande contributo a tutta la comunità internazionale, è stato infatti vincente

l'obiettivo del raggiungimento di un livello 2 del BIM entro il 2016 che ha obbligato tutti i dipartimenti governativi ad aggiornarsi trascinando con se l'intero settore edilizio.

2.2. Il BIM per il Facility Management

I principali problemi riscontrati dagli operatori del settore del **FM** sono riconducibili al reperimento e alla correttezza delle **informazioni**. Risulta banale ma efficace evidenziare come ad oggi, senza un implementazione digitale, le informazioni necessarie alle operazioni di manutenzione sono conservate in faldoni di documenti, tavole tecniche grafiche, che non consentono una facile consultazione. Generalmente per riuscire ad identificare un'informazione completa, bisogna dunque individuare il giusto archivio, solitamente nella soffitta o magazzini interrati, e tra tutti i documenti riuscire ad individuare prima la corretta tavola dove l'elemento è stato rappresentato ed inseguito riuscire a reperire i documenti relativi, come schede di montaggio, schede tecniche ecc., quindi estrapolare tra migliaia di fogli cartacei quelli corretti e farne una copia. Questo processo applicato a strutture molto grandi e complesse rende l'operazione estremamente energivora in termini di tempo e risorse, fermo restando che spesso le informazioni cercate non risultano essere disponibili negli archivi e dunque il lavoro di ricerca risulta vano.

Diversi studi di settore, come il *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry (NIST GCR 04-867)* evidenziano come un eccessivo ammontare di tempo sia speso per **ottenere** e **verificare** informazioni specifiche ad un manufatto, ai progetti e alle attività pregresse. Anche perché in genere i disegni tecnici non vengono aggiornati dopo l'esecuzione anche se vengono apportate modifiche, e contestualmente non sempre tutte le documentazioni a corredo vengono opportunamente conservate e catalogate. È in questo contesto che la metodologia BIM si innesta perfettamente. I benefici arrivano dal reperire le informazioni già dalle fasi di progettazione, piuttosto che aspettare il completamento dell'edificio; l'uso intelligente dei **database** di informazioni che compongono il **modello BIM**

permettono ai gestori FM di produrre delle soluzioni migliori per la gestione dello stabile e quindi di produrre delle performance dell'edificio di migliore qualità. Inoltre avendo un unico modello dal quale reperire ed aggiungere informazioni è molto più facile anche per i manutentori stessi aggiornare le informazioni del manufatto durante la sua vita utile. **L'obiettivo** di una maggiore **efficienza** può essere raggiunto però solo con l'integrazione dei database durante l'intero ciclo di vita degli edifici, ovvero tra progettisti, esecutori e manutentori, durante le relative fasi di progettazione, costruzione e manutenzione.

2.3. Quadro legislativo e normativo Italiano

L'ambiente italiano, a livello legislativo e normativo, è scarso e deficitario, anche se negli ultimi anni i progressi sono stati molto più rapidi. Se paragonato alle altre realtà europee ed internazionali, l'Italia è nettamente indietro, basti tenere a mente che la prima normativa UNI relativa al BIM è stata pubblicata nel 2009, revisionata nel 2017 alcune sue parti sono ancora in fase di pubblicazione, mentre negli altri paesi abbiamo già avuto diversi aggiornamenti. Bisogna però anche evidenziare che negli ultimi anni vi è stato un forte incremento nell'adozione del BIM, l'avvicinamento a questa metodologia da parte di grandi aziende del settore, maggiori studi tecnici e l'avanzamento della ricerca accademica italiana hanno sollecitato dunque la creazione di normative e leggi che vadano a colmare il vuoto legislativo. Negli ultimi anni infatti si sono avvicinati le pubblicazioni di leggi, decreti e normative relative al BIM.

“Le stazioni appaltanti possono richiedere per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, l'uso dei metodi e strumenti elettronici specifici di cui al comma 1, lettera h). Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L'uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale

adeguatamente formato. Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti da adottare entro il 31 luglio 2016, anche avvalendosi di una Commissione appositamente istituita presso il medesimo Ministero, senza oneri aggiuntivi a carico della finanza pubblica sono definiti le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei suddetti metodi presso le stazioni appaltanti, le amministrazioni concedenti e gli operatori economici, valutata in relazione alla tipologia delle opere da affidare e della strategia di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni. L'utilizzo di tali metodologie costituisce parametro di valutazione dei requisiti premianti di cui all'articolo 38." [3]

Il Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 codice dei contratti pubblici, è già stato aggiornato ed ampliato, ed è la prima legge in Italia che si riferisce all'utilizzo del BIM. Il decreto attuativo ministeriale 560 del 01/12/2017, chiamato appunto Decreto BIM, definisce i tempi di adozione del BIM in Italia così come alcune definizioni a corredo. Entrato in vigore solamente il 29/01/2018 stabilisce che l'obbligo dell'utilizzo di metodi e strumenti elettronici di modellazione per opere pubbliche decorre:

- dal 1° gennaio 2019 per le opere di importo da 100 milioni di euro;
- dal 2020 per i lavori complessi oltre i 50 milioni di euro;
- dal 2021 per i lavori complessi oltre i 15 milioni di euro;
- dal 2022 per le opere oltre i 5,2 milioni di euro;
- dal 2023 per le opere oltre 1 milione di euro;
- dal 2025 per tutte le nuove opere.

Tali decorrenze obbligheranno tutta la filiera, dai progettisti agli operatori delle stazioni appaltanti, ad aggiornarsi per adeguarsi alle direttive; è sicuramente un passo avanti poiché questo avanzamento tecnologico permetterà alla collettività di ottenere opere pubbliche più efficienti con un impiego di risorse inferiore. A connubio della legislazione italiana vi è la normativa UNI 11337, pubblicata nel 2009 con una esigua

porzione è stata aggiornata in modo ingente il 26/01/2017, tuttavia alcune sue parti sono ancora in fase elaborazione e verranno pubblicate a breve.

Parti già pubblicate:

- Parte 1 - Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi
- Parte 3- Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione (schede informative digitali per prodotti e processi)
- Parte 4- Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati ed oggetti
- Parte 5- Flussi informativi nei processi digitalizzati
- Parte 6- Linea Guida per la redazione del capitolato informativo

Parti in fase di elaborazione:

- Parte 2 - Criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi
- Parte 7- Requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione digitale dei processi
- Parte 8 - Processi integrati di gestione delle informazioni e delle decisioni
- Parte 9 - Fascicolo del costruito
- Parte 10 - Verifica amministrativa

La Parte 1 si occupa dell'inquadramento generale della gestione digitale del processo informativo. Vengono infatti definite le **terminologie** utilizzate nonché fatti dei chiarimenti sui **concetti** basilari dell'intera norma, ovvero la struttura dei veicoli informativi, la struttura del processo informativo e la struttura informativa del prodotto. La norma si apre infatti con la definizione di dato, informazione e contenuto informativo, concetti estremamente importanti e legati tra loro:

- **Dato:** Elemento conoscitivo intangibile, elementare, interpretabile all'interno di un processo di comunicazione attraverso regole e sintassi preventivamente condivise

- **Informazione:** Insieme di dati organizzati secondo un determinato scopo ai fini della comunicazione di una conoscenza all'interno di un processo
- **Contenuto informativo:** insieme di informazioni organizzate secondo un determinato scopo ai fini della comunicazione sistematica di una pluralità di conoscenze all'interno di un processo

Un'altra sezione importante di questa prima parte è la descrizione di livelli di maturità digitale. Il livello 0 è quello inferiore che corrisponde ad un contenuto non digitale, il livello 1 è quello base, livello 2 elementare, livello 3 avanzato, livello 4 ottimale, ovvero dove i contenuti informativi vengono trasferiti tramite modelli informativi per qualunque ambito disciplinare. L'ultima sezione è dedicata alla struttura informativa del processo delle costruzioni. La norma propone una sequenza di stadi, costituiti da otto fasi, che riguardano la produzione e la gestione dei contenuti informativi, Figura 2-1.

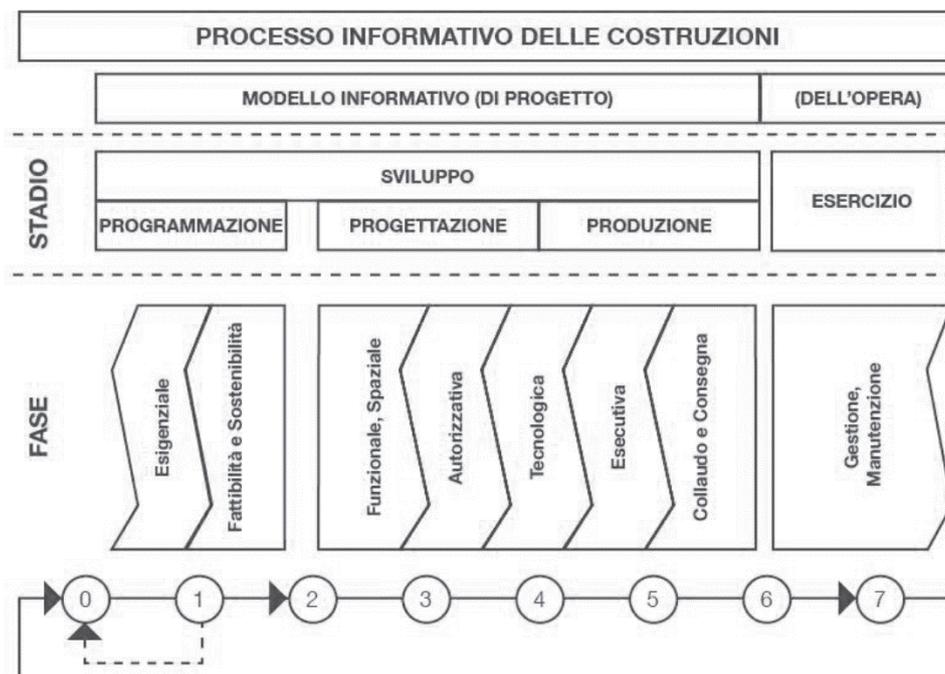


Figura 2-1 Processo informativo delle costruzioni - UNI 11337-1

La Parte 3 offre una serie di guide per la strutturazione dei **modelli operativi** per la descrizione, la raccolta e la catalogazione dei dati e delle informazioni tecniche dei prodotti da costruzione. La struttura riunisce sotto classi omogenee le informazioni e fornisce le indicazioni per la compilazione di schede tecniche per i prodotti da costruzione uniformando il processo di **descrizione** e **classificazione**.

La Parte 4 concerne l'evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati ed oggetti, che verranno affrontati in maggior dettaglio nel paragrafo 2.3.1.

La Parte 5 descrive e definisce i **ruoli**, i **requisiti** e i flussi informativi del processo di digitalizzazione. Nella prima sezione si occupa di chiarire la terminologia definendo il coordinatore delle informazioni (BIM Coordinator), il gestore delle informazioni (BIM Manager), il modellatore delle informazioni (BIM Modeler), il capitolato informativo (CI), l'ambiente di condivisione dati (ACDat), l'offerta per la Gestione Informativa (oGI), il piano per la Gestione Informativa (pGI), le analisi delle incoerenze e delle interferenze. Nel flusso

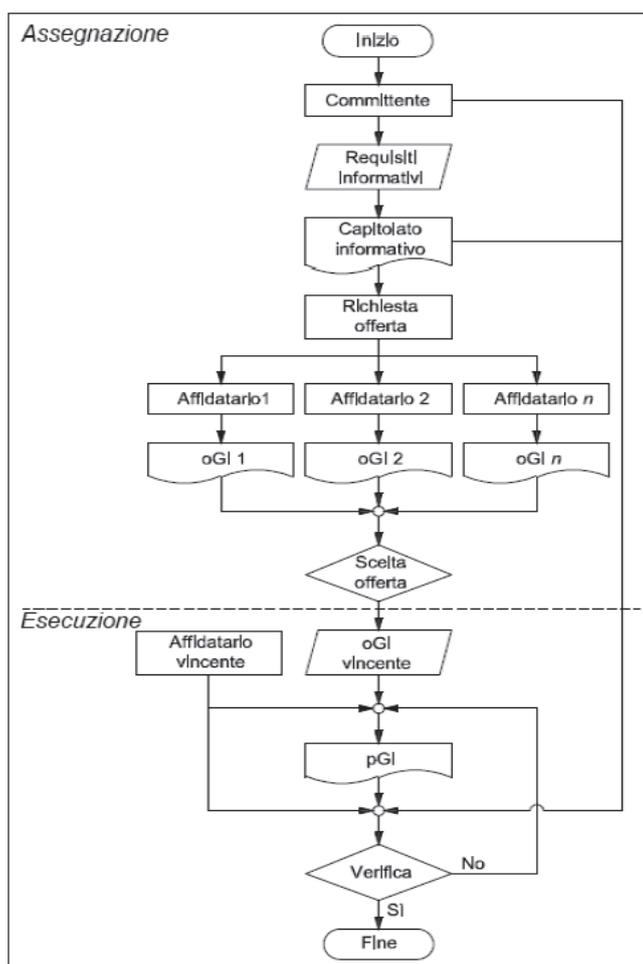


Figura 2-2 Flusso informativo - UNI 11337-5

informativo schematizzato nella Figura 2-2, il committente definisce le esigenze informative ed i relativi requisiti informativi, descrivendoli e dettagliandoli nel capitolato informativo.

La Parte 6 fornisce le indicazioni procedurali per la corretta composizione di un **Capitolato Informativo**. Il capitolato informativo è quel documento contrattuale, introdotto per la prima volta da questa norma, che determina le esigenze e i requisiti informativi che dovranno essere soddisfatti dagli affidatari. Quindi diviene una parte centrale dei contratti di appalto con la gestione digitale del processo, andando ad affiancare il consueto capitolato generale d'appalto.

2.3.1. UNI11337 Parte 4 e Livello di sviluppo degli Oggetti Digitali

Nella *Parte 4* viene affrontata l'evoluzione e lo sviluppo informativo dei modelli degli elaborati e degli oggetti con l'introduzione e la definizione dei Livelli di sviluppo degli Oggetti Digitali (**LOD**). Bisogna evidenziare che la terminologia utilizzata in questo caso, così come per la maggior parte dell'intero impianto normativo, è stato ripreso dalle normative internazionali, come per esempio le *PAS 1192 The BIM Level 2 suite of documents* britanniche o le pubblicazioni *G202-2013 Project BIM Protocol* dell'American Institute of Architects. Infatti tali norme si riferiscono ai LOD come Level Of Development, ovvero livelli di sviluppo, in italiano il normatore ha deciso di aggiungere i termini Oggetti Digitali in modo da far risultare identico l'acronimo ormai largamente diffuso nel settore, che ponendo l'accento sulla collaborazione è di fatto sempre più internazionale. Gli **usi** del **modello** relazionati agli **obiettivi** che dipendono dalla **fase** in cui si sta operando caratterizzano i **livelli di sviluppo** che gli oggetti devono avere.

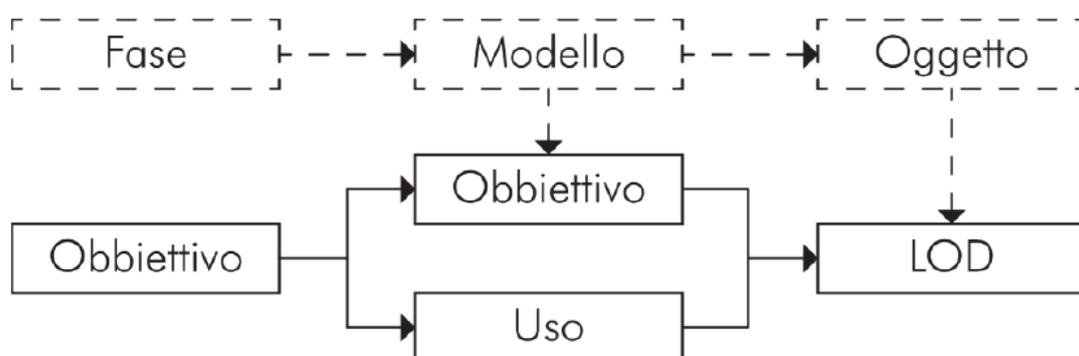


Figura 2-3 Usi e obiettivi del modello e delle fasi - UNI 11337-4

Nella Figura 2-3 è schematizzato il processo degli usi e degli obiettivi del modello. Identificata la fase in cui è giunto il processo di conseguenza vengono definiti gli usi e gli obiettivi del modello, gli oggetti che vanno a comporre il modello, sono funzione diretta degli obiettivi e degli usi che si concretizzano nella formalizzazione dei LOD. Per esempio dunque nella fase autorizzativa, l'obiettivo è ottenere le autorizzazioni ed i permessi, l'uso del modello è quello di veicolare le informazioni necessarie a soddisfare le esigenze dei vari enti, per far ciò gli oggetti dovranno avere opportuni contenuti informativi ovvero un adeguato LOD. Per consentire un flusso consapevole del processo di sviluppo dei modelli e delle relative entità (Figura 2-4), nonché il corretto utilizzo di dati ed informazioni tra i diversi attori la norma definisce **4 livelli di stato di lavorazione, e 4 livelli di stato di approvazione.**

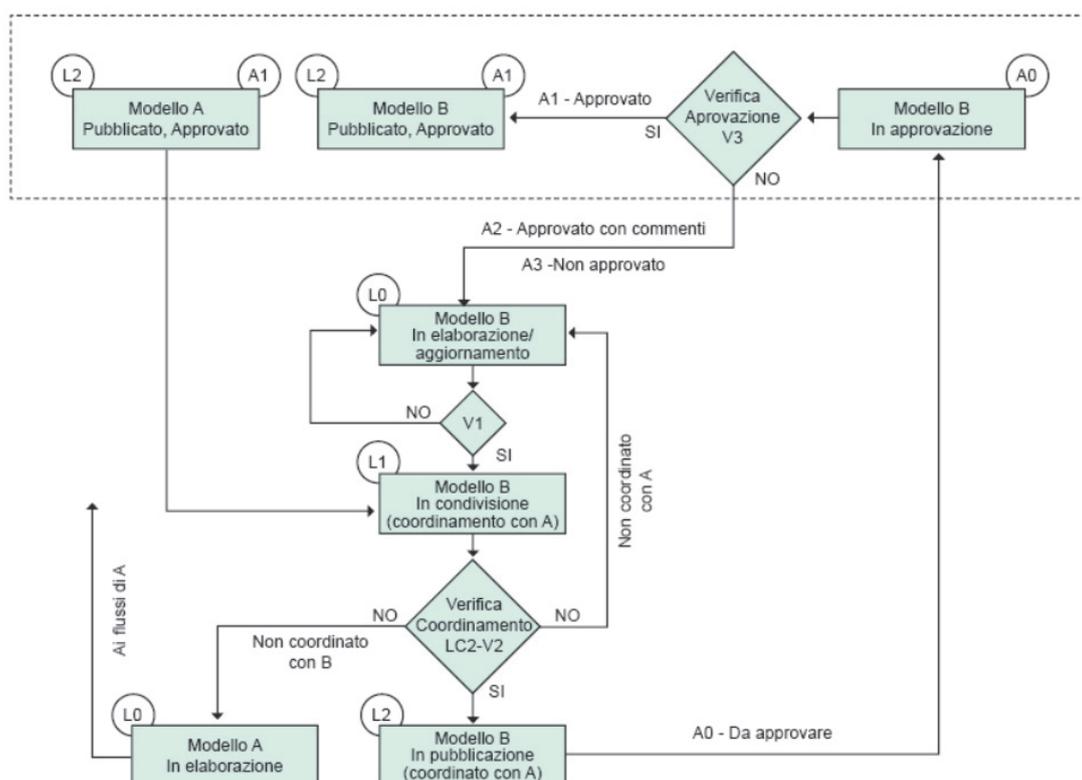


Figura 2-4 Flusso di coordinamento, pubblicazione, verifica e approvazione - UNI 11337-4

La normativa specifica che non esiste una scala assoluta dei livelli di sviluppo ma essa li distingue in quattro categorie, la prima si riferisce agli edifici ed interventi di nuova costruzione, la seconda agli interventi di restauro, la terza agli interventi territoriali e alle infrastrutture, la quarta ai mezzi ed alle attrezzature. Il normatore nella definizione

dei LOD ha deciso di differenziarsi dalle normative internazionali adottando una scala alfabetica A-G, contrapposta alla scala numerica 100, 200, ecc del BIMForum per esempio. Inoltre si dà la possibilità di affinare il livello di dettaglio determinando una scala intermedia che intercorre tra i diversi LOD, utilizzando un scala da 1-9 progressiva per livelli sempre maggiori. Il LOD è misurato dalla natura, quantità e stabilità dei dati e delle informazioni costituenti l'oggetto così come definite dal collegamento stabile e strutturato dei suoi attributi di natura geometrica (LOG) e non geometrica (LOI), il loro legame è schematizzato nella Figura 2-5. Nei LOG fanno parte le informazioni geometriche intrinseche dell'oggetto, ovvero le sue dimensioni, le forme, i dettagli materici. Rientrano tra i LOI invece tutti quegli attributi di natura non geometrica, come per esempio i dati tecnologici, economici, giuridici, ecc ecc.

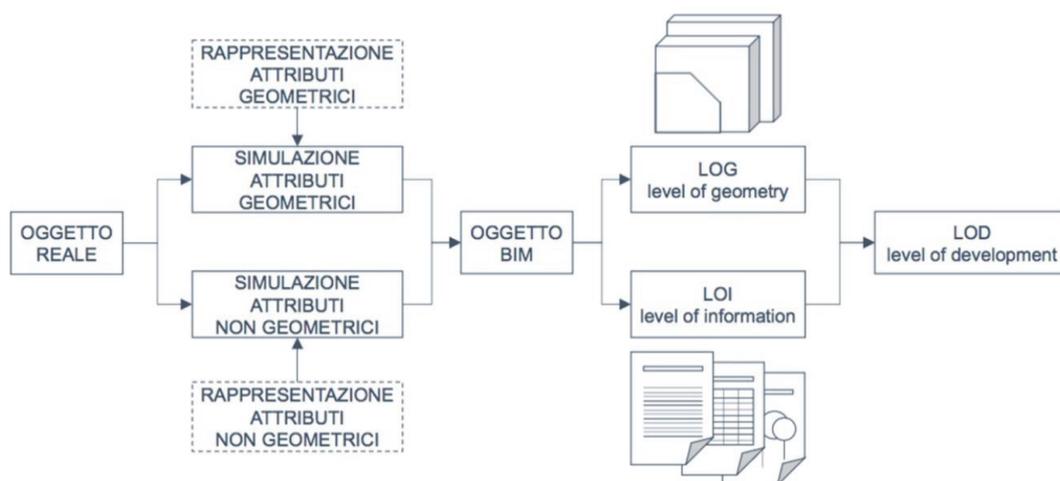
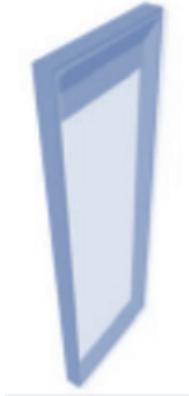


Figura 2-5 Schema relazionale tra oggetto reale, entità virtualizzata, LOG LOI e LOD. UNI 11337-4

Scala generale dei LOD per edifici ed interventi di nuova costruzione:

LOD	LoG	LoI
<p>A - Oggetto simbolico</p> 	<p>Entità rappresentate graficamente attraverso un sistema geometrico simbolico o una raffigurazione di genere presa a riferimento senza vincolo di geometria</p>	<p>Caratteristiche quantitative e qualitative indicative</p>
<p>B - Oggetto generico</p> 	<p>Entità virtualizzate graficamente come un sistema geometrico generico o una geometria d'ingombro</p>	<p>Caratteristiche quantitative e qualitative approssimate</p>
<p>C - Oggetto definito</p> 	<p>Entità virtualizzate graficamente come un sistema geometrico definito</p>	<p>Caratteristiche quantitative e qualitative definite in via generica e nel rispetto dei limiti della legislazione vigente e delle norme tecniche di riferimento e riferibili ad una pluralità di entità similari</p>

<p>D - Oggetto dettagliato</p> 	<p>Entità virtualizzate graficamente come un sistema geometrico dettagliato. La virtualizzazione è di natura specifica, per cui è possibile identificare i sistemi, sub sistemi e componenti.</p>	<p>Caratteristiche quantitative e qualitative specifiche di una pluralità definita di prodotti simili. È definita l'interfaccia con altri sistemi specifici di costruzione, compresi gli ingombri approssimati di manovra e manutenzione.</p>
<p>E - Oggetto specifico</p> 	<p>Entità virtualizzate graficamente come un sistema geometrico specifico. La virtualizzazione è di natura produttiva, è possibile scomporre l'entità nelle sue componenti e sub componenti in relazione ai prodotti da costruzione scelti.</p>	<p>Caratteristiche quantitative e qualitative specifiche di un singolo sistema produttivo legato ad un prodotto definito. È definito il dettaglio relativo alla fabbricazione, l'assemblaggio e all'istallazione, compresi gli specifici ingombri di manovra e manutenzione.</p>

<p>F - Oggetto eseguito</p> 	<p>Gli oggetti esprimono la virtualizzazione verificata sul luogo dello specifico sistema produttivo/costruito (as-built). La virtualizzazione è di natura descrittiva, è possibile scomporre l'entità nelle sue componenti e sub componenti in relazione ai prodotti effettivamente installati.</p>	<p>Caratteristiche quantitative e qualitative sono quelle specifiche del singolo sistema produttivo del prodotto posato o installato. Sono definiti per ogni singolo prodotto gli interventi di gestione, manutenzione, e/o riparazione e sostituzione da eseguirsi lungo tutto il ciclo di vita dell'opera.</p>
<p>G - Oggetto aggiornato</p> 	<p>Entità virtualizzate graficamente come un sistema geometrico aggiornato allo stato di fatto in un tempo definito. Rappresentazione storicizzata dello scorrere della vita utile di uno specifico sistema produttivo aggiornato rispetto a quanto originariamente eseguito/costruito o installato.</p>	<p>Caratteristiche quantitative e qualitative aggiornate rispetto al ciclo di vita ed un precedente stato di fatto. È annotato ogni singolo intervento di gestione, manutenzione e/o riparazione e sostituzione eseguito nel tempo, così come è registrato il livello di degrado eventualmente in essere.</p>

3. La collaborazione nel BIM

3.1. *Lavorare in team*

La maggior parte dei progetti sviluppati nell'ambito edilizio sono portati avanti da diverse persone che compongono un team disciplinare e molto spesso anche da diversi team che collaborano in settori diversi per dar vita ad un unico manufatto. Lavorare in team è ormai una pratica ben consolidata nell'industria delle costruzioni, da ancor prima che il concetto di industria si formalizzasse, quello che purtroppo invece non è consolidato è lo scambio di dati ed informazioni tra i soggetti progettisti, che di volta in volta devono adeguarsi alle esigenze, e alle richieste dei partner con cui si interfacciano. La metodologia BIM viene in aiuto in questo contesto poiché permette la collaborazione sin dalla fase progettuale a diversi livelli seguendo differenti ordini di legami ed interazioni. Utilizzando questa metodologia è possibile concordare e formalizzare le modalità di condivisione dei dati, in modo tale che avvenga nel modo più consistente possibile, tali da renderli accessibili ai più ed in maniera veloce ed efficace.

3.2. *Il Worksharing*

Il worksharing è un metodo di lavoro possibile all'interno dell'applicazione Autodesk Revit e si riferisce all'utilizzo di workset per dividere un modello per l'obiettivo di condividerlo tra più persone. Un workset è un insieme di elementi che viene usato per gestire le responsabilità progettuali. In questo modo il team di progettazione ha la possibilità di dividere il progetto in gruppi di lavoro sulla quale si ha più controllo poiché si associano la proprietà e la modificabilità degli elementi. Più persone possono collaborare ed utilizzare lo stesso modello, ma può essere interdetta la modifica di specifici workset da parte di determinati soggetti, che dunque dovranno prima ottenere un permesso. La creazione dei workset e la suddivisione del modello resta totalmente in mano ai progettisti, che possono effettuarla su base disciplinare (workset architettonico, strutturale, ecc.), tematica, o anche spaziale (un workset per edificio o

per blocchi di piani ecc.), l'importante è comunque essere sempre chiari e precisi nella suddivisione in modo tale da poter assegnare correttamente i compiti nella progettazione. L'utilità principale è data dal fatto che i diversi operatori lavorano in modo parallelo su workset separati su dei file locali, di volta in volta, con regolarità, i modelli locali vengono sincronizzati con il file centrale, ovvero vengono trasmesse tutte le modifiche fatte e allo stesso tempo vengono recepite le modifiche fatte da altri e apportate al file centrale (scambio di dati bi-direzionale). Un importante funzione del Worksharing è la possibilità di aprire, e chiudere i workset in base alle necessità, all'interno del file su cui si sta lavorando si può dunque scegliere di non aprire un workset e ciò alleggerisce di molto l'uso delle risorse computazionali da parte del software. I file locali sono versioni individuali del modello connesse al file centrale che viene posizionato su un network, le principali funzioni del Worksharing sono schematizzate nella Figura 3-1.

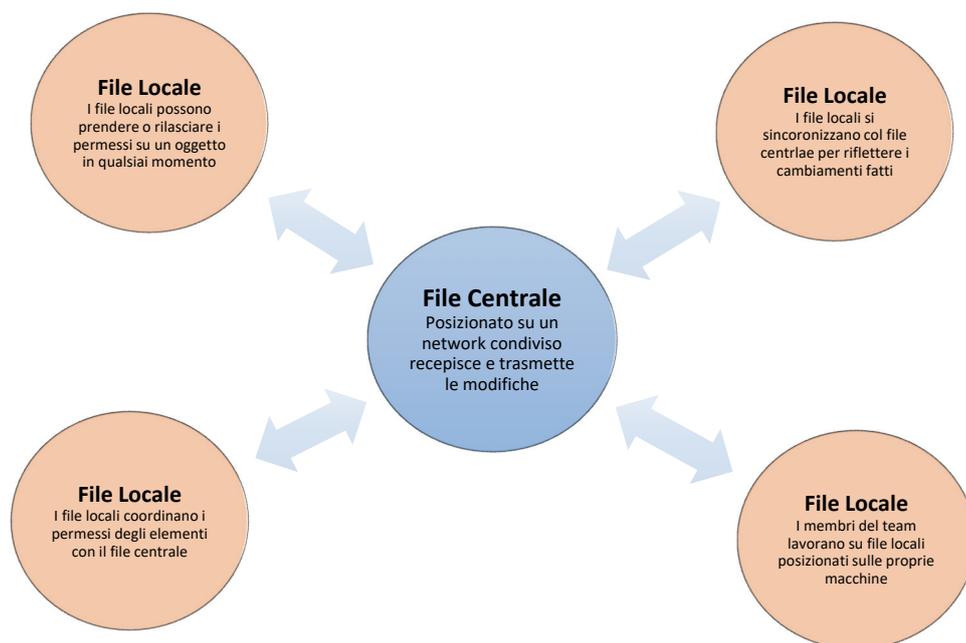


Figura 3-1 Schema concettuale Worksharing

3.3. Il modello federato

Sia che si lavori su progetti di piccola entità, grandi progetti industriali, residenziali, commerciali o infrastrutturali, la collaborazione che deriva dall'utilizzo della metodologia BIM è un aspetto pressoché certo. Il processo di **coordinamento** diviene quindi centrale e di primaria importanza. L'applicativo Revit utilizzato nella modellazione del caso studio offre su questo aspetto un altro importante strumento: il **collegamento** di più file insieme che consente di creare delle viste composite **pluridisciplinari** e/o omnicomprensive. Considerato che è data per certa la multidisciplinarietà degli interventi la maggior parte di essi devono essere pensati per essere elaborati in uffici, o sezioni di uffici separati. I progetti possono essere divisi in modi differenti, e tale divisione dipende dal workflow che si vuole adoperare, e soprattutto devono essere considerazioni fatte monte della progettazione per pianificarla nel modo più corretto.

La suddivisione più naturale di un progetto, oltre ad essere quella spaziale, è la divisione per discipline, poiché è plausibile che nelle fasi esecutive le diverse discipline siano portate avanti da studi tecnici specializzati terzi. La Figura 3-2 rappresenta lo schema concettuale di un modello federato di coordinamento che contiene le diverse **discipline**: Architettonico, Strutturale, Idrico, Elettrico, HVAC.

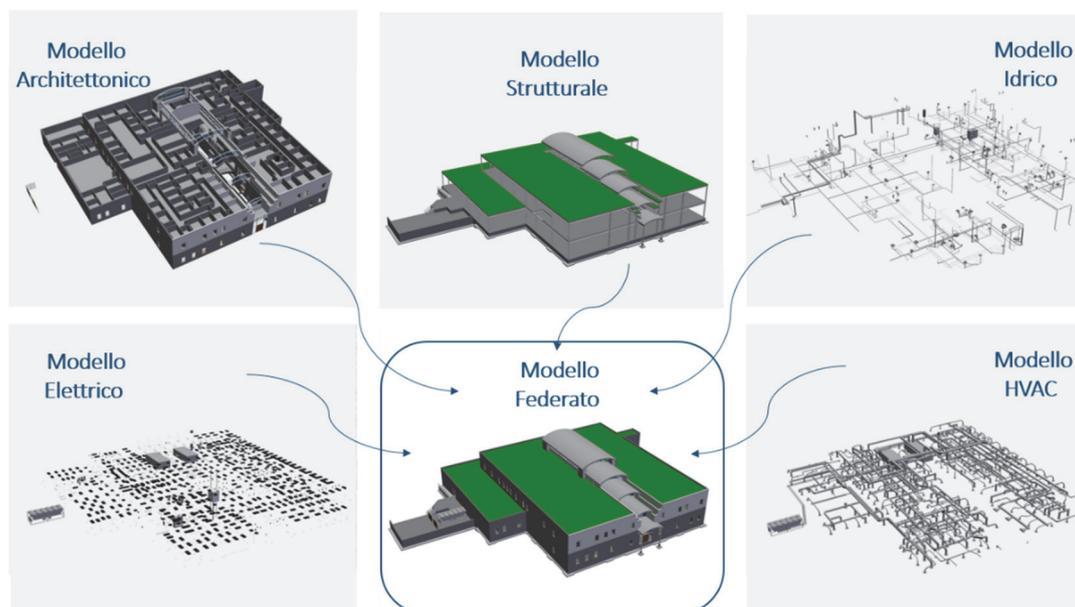


Figura 3-2 Schema concettuale Modello Federato

L'utilizzo dei collegamenti (**Link**) all'interno del software permette dunque di avere un intero modello, o più, all'interno di un altro. Non bisogna però intendere i collegamenti solamente con lo schema concettuale sopra proposto, poiché durante la progettazione è usale che i dati e le informazioni vengano scambiate tra le varie discipline non obbligatoriamente passando da un coordinamento principale. Un consueto workflow è infatti quello rappresentato dalla Figura 3-3, dove per esempio viene effettuato il Copia/Controlla tra il modello architettonico e gli altri due modelli, e il controllo delle interferenze tra i modelli MEP e Strutturale.

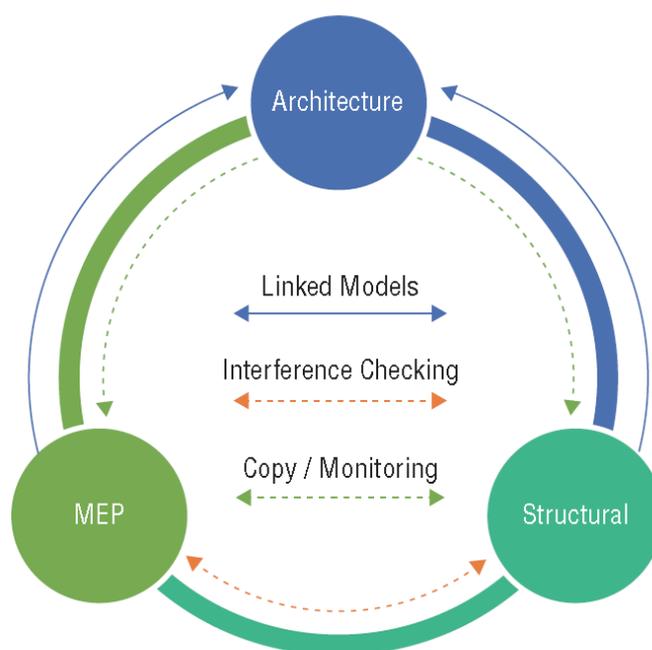


Figura 3-3 Collaborazione tramite i modelli collegati -Fonte: Mastering Autodesk Revit 2017

La funzione **Copia/Controlla** (Copy/Monitoring) permette di copiare e/o monitorare elementi tra i diversi modelli collegati, in modo da stabilirne una forte relazione all'occorrenza così da tracciarne i cambiamenti; per esempio seguendo lo schema proposto il modello Strutturale e MEP copiano al loro interno i livelli e le griglie di riferimento che sono state definite nel modello Architettonico, agevolando la coordinazione tra la discipline. Se avviene una modifica su degli elementi che sono copiati con il controllo attivato allora in automatico si riceve una notifica degli avvenuti cambiamenti tramite le **verifiche di coordinamento**, che permette di accettare, rifiutare e commentare i cambiamenti.

La funzione per il **controllo delle interferenze** verifica le interferenze geometriche tra gli elementi dei diversi modelli. Il comando una volta lanciato controlla se vi siano delle interferenze tra due determinate categorie di elementi, appartenenti a due diversi modelli, redige un report sulle interferenze individuate e permette di gestirle e porre rimedio tramite la visualizzazione della criticità.

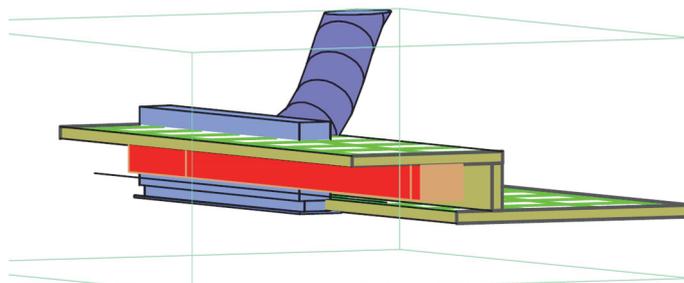


Figura 3-4 Esempio Interferenze

Tra gli aspetti più vantaggiosi si ha l'estrema comodità di avere tutti gli elementi raggruppati in un unico elemento (una volta inserito il collegamento Revit recepisce tutti gli elementi del modello come un unico elemento a meno che non si attivino delle funzioni specifiche, anche se è possibile interrogare il collegamento) con la conseguenza che il modello è molto più leggero e cosa più importante non è modificabile.

Unire i modelli con lo strumento dei collegamenti fornisce uno strumento visuale per la piena fedeltà dei contenuti referenziati, poiché mostra il contenuto di tutte le discipline in rapporto tra loro, e quindi già a livello grafico offre importanti soluzioni e spunti per una migliore progettazione. La versatilità dello strumento offre poi la possibilità di controllare i dati, le informazioni, le geometrie da visualizzare; le modalità di visualizzazione, per esempio associare colori particolari o mezzi toni ecc. In relazione ai contenuti referenziati è importante sottolineare la funzione estremamente utile ed essenziale delle **coordinate condivise**, questo permette di coordinare il sistema di coordinate tra i vari modelli, adottando tutti il medesimo sistema, la posizione geografica del progetto, il punto di origine, l'angolo di nord reale e l'orientamento del nord di progetto.

4. Metodologia - Caso Studio

4.1. *Il modello federato Torre Regione Piemonte*

4.1.1. **Complessità dell'intervento**

Il progetto della Sede Unica Torre Regione Piemonte consta di diversi edifici, di cui il principale, ovvero la torre stessa, è un grattacielo di 42 piani, riferendoci dunque a migliaia di metri quadri di superficie bisogna tenerne a mente la grandezza dell'opera. La modellazione del modello BIM è stata eseguita con il software Autodesk Revit 2017. Si è dovuto innanzitutto ragionare sul come strutturare l'unione di tutti i modelli che andranno a comporre il progetto finale, poiché sin da subito è stato chiaro che lavorare in un unico modello sarebbe risultato sbagliato per motivi tecnici, operativi e gestionali ma soprattutto per la grandezza del file che risulterebbe sicuramente ingestibile. La complessità dell'intervento, ha portato il gruppo di lavoro ad utilizzare diverse tecniche intrecciate per poter ottenere un ottimo risultato finale che sia efficiente ed adattabile anche durante il corso della modellazione. A tal proposito che di fatto le scelte sono state provvidenziali poiché l'elevata articolazione del progetto e delle discipline trattate hanno portato a divisioni e sub-divisioni dei modelli che sono state portate a termine con estrema facilità solo grazie alla robustezza e la consistenza della struttura dei modelli. Focalizzandoci sulla Torre si è diviso il progetto in modelli che comprendano le principali discipline:

- **Modello Strutturale**
 - Tale modello raccoglie tutti gli elementi strutturali della torre, le fondazioni, i pilastri, le travi, i setti, i solai strutturali, ecc.
- **Modello Architettonico**
 - Il modello è il contenitore di tutte le componenti afferenti alla disciplina architettonica, come per esempio l'involucro vetrato che consiste nella facciata, gli infissi esterni ed interni, le partizioni non strutturali, le controsoffittature ecc.

- Modello Mechanical, Electrical and Plumbing MEP
 - Il modello impiantistico definito MEP, racchiude tutti gli impianti meccanici, elettrici, e le condutture. Questo modello è stato definito come modello di coordinamento che al suo interno ha i seguenti modelli collegati:
 - Modello HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning, ovvero tutta l'attrezzatura che concerne riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria.
 - Modello Idrico: sistema di tubazioni e attrezzature per l'adduzione dell'acqua e il conferimento delle acque reflue.
 - Modello Fire Protection: tutte le attrezzature impiegate nel trasporto, movimentazione ed impiego delle azioni atte allo spegnimento di un eventuale incendio.
 - Modello Elettrico: sistema di distribuzione, quadri elettrici, apparecchiature elettriche, impianti di illuminazione ecc.
- Modello DWG
 - Questo è un modello di supporto che contiene esclusivamente le tavole grafiche, piante e sezioni, elaborate in CAD. Questo viene utilizzato come riferimento per un corretto posizionamento degli elementi all'interno dei modelli, ed è stato scelto di utilizzare un modello separato solo per il caricamento delle tavole per non appesantire gli altri file ed avere un unico database per i collegamenti in formato .dwg.
- Modello di Coordinamento
 - Questo modello è di fatto un modello vuoto, senza nessuna entità, è il contenitore nel quale tutti gli altri modelli vengono inclusi ed assemblati, sia concettualmente che graficamente nelle viste 3D. Questo modello è essenziale per la corretta visualizzazione delle entità in relazioni tra loro e viene utilizzato per svolgere i livelli di coordinamento interdisciplinari.

Nella Figura 4-1 lo schema concettuale del Modello di Coordinamento finale dove in blu abbiamo un file normale, in arancione un file centrale, in rosso i file locali relativi, ed in verde i file di coordinamento; le frecce in rosso rappresentano i collegamenti bidirezionali tra file locali e centrali, mentre le frecce in blu quali collegamenti sono presenti nel file di coordinamento. Nella Figura 4-2 abbiamo invece uno schema più dettagliato nello stile breakdown structure dal file sino ai work set utilizzati come esempio.

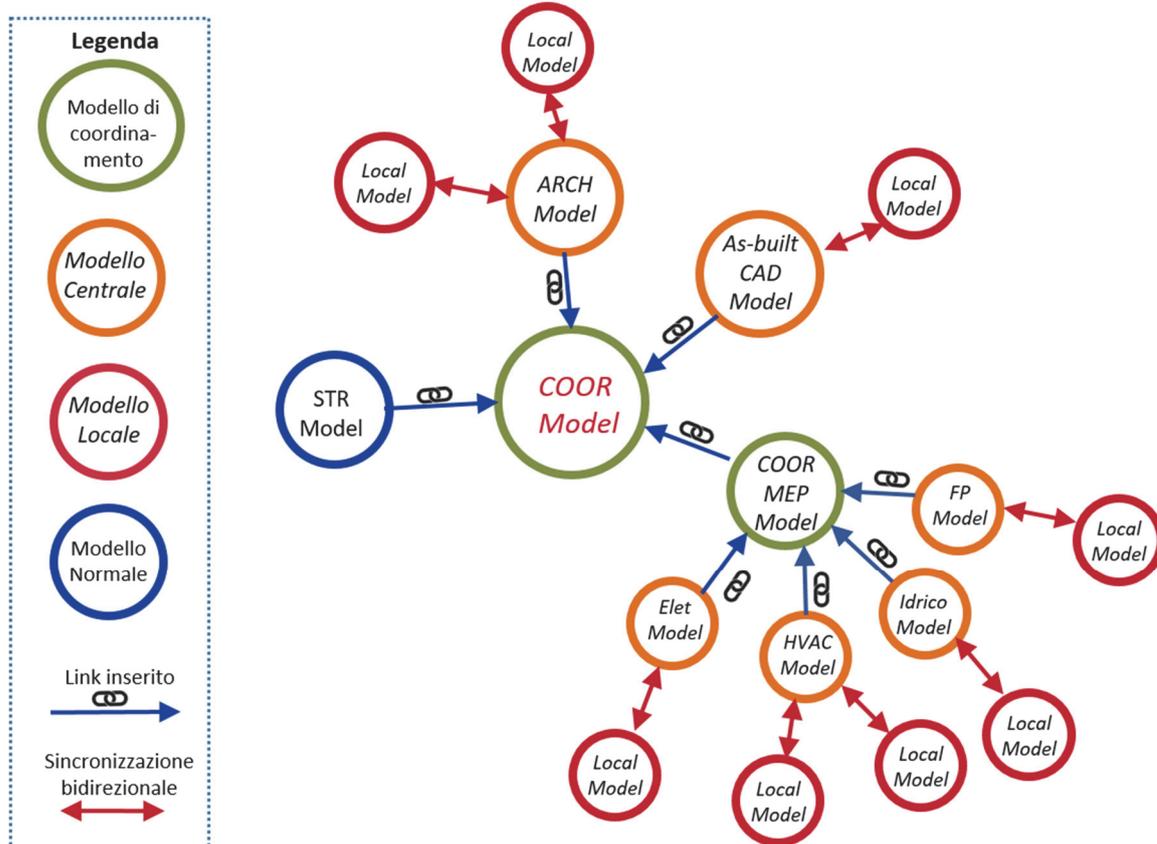


Figura 4-1 Schema concettuale modello federato Torre Regione Piemonte

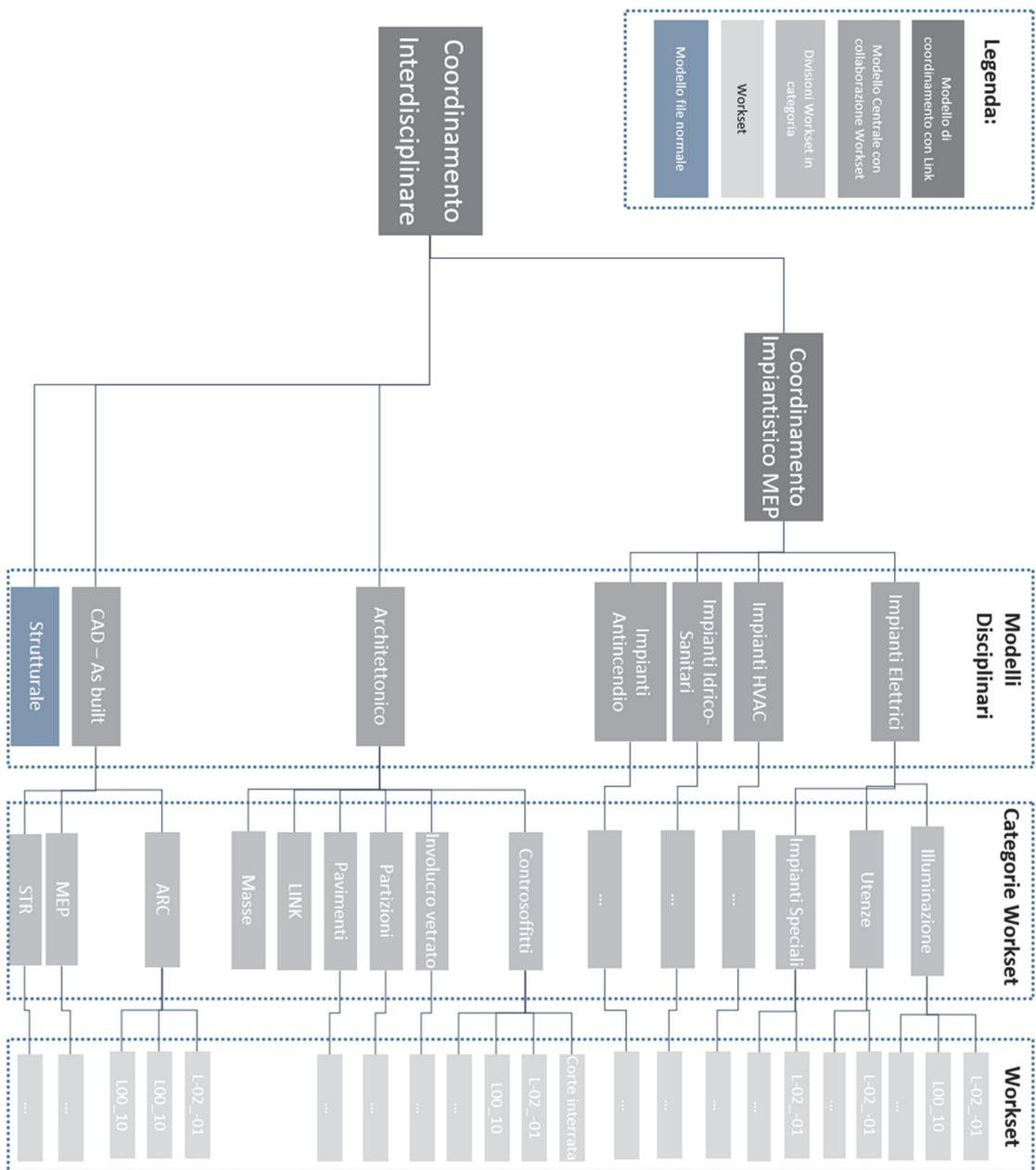


Figura 4-2 Struttura nodello federato Torre Regione Piemonte

4.1.2. Ambiente di condivisione dati ACDat

L'ambiente di condivisione dati, ACDat, (nell'acronimo inglese CDE Common Data Environment) è uno spazio digitale dove vengono archiviati e conservati i documenti relativi all'intero processo. La necessità di avere un ambiente per la condivisione dei dati, nasce dal fatto che come già sottolineato in altre occasioni, questo nuovo processo digitale presuppone una collaborazione sempre più fitta tra gli attori protagonisti del settore. La norma UNI 11337 delega al committente la scelta del flusso di informazioni da e verso l'ACDat, attraverso specifiche sezioni del Capitolato Informativo dove vengono esplicitate le esigenze dello stesso. La possibilità di avere un unico ambiente, dove poter reperire e riversare il materiale necessario al progredire del lavoro, è estremamente utile, ed oltre a consentire una archiviazione sistematica ed organizzata, diviene molto comodo per tutti gli utilizzatori. I molteplici vantaggi descritti portano dunque un'attenzione particolare alla strutturazione dell'ambiente di condivisione ed alle conseguenti linee guida per sfruttarlo al meglio. In un contesto articolato come quello descritto, vi è bisogno di organizzare in modo strutturato le cartelle contenenti i file, così come i file e la loro nomenclatura. Se ciò non avvenisse, al progredire della complessità del progetto, è possibile che un processo computazionale punti ad un file che se viene spostato o ne viene modificato il nome potrebbe non risultare più accessibile, facendo degli esempi dunque una parte del codice che rimanda a quel file non funzionerebbe correttamente, avendo ripercussioni sull'intero progetto portando a degli errori o ancora peggio ad un errato risultato mendace.

Per citare un altro esempio dei problemi che potrebbero ripercuotersi si evidenzia un cambio della struttura dell'ACDat utilizzata per il progetto Torre Regione Piemonte. Per associare dei file documentali agli elementi all'interno dell'applicativo Autodesk Revit utilizzato bisogna fornire il nome intero del file con annessa la sua estensione così come anche il suo intero percorso delle cartelle, tale stringa verrà inserita in un parametro opportunamente configurato come hyperlink/url. Il problema di tale associazione nasce dal fatto che il percorso di un file è, in genere, proprio del file e dipende dalla macchina con cui si sta lavorando, anche ammesso che si lavori in un ambiente cloud il percorso dello stesso file potrebbe cambiare da macchina ad macchina tra i diversi operatori e dunque rendere non funzionante il collegamento. Per ovviare a questo problema si è deciso di adoperare percorsi dei file relativi, questo permette agevolmente di migrare all'occasione l'intera cartella, nonché di unirne diverse e mantenere i collegamenti

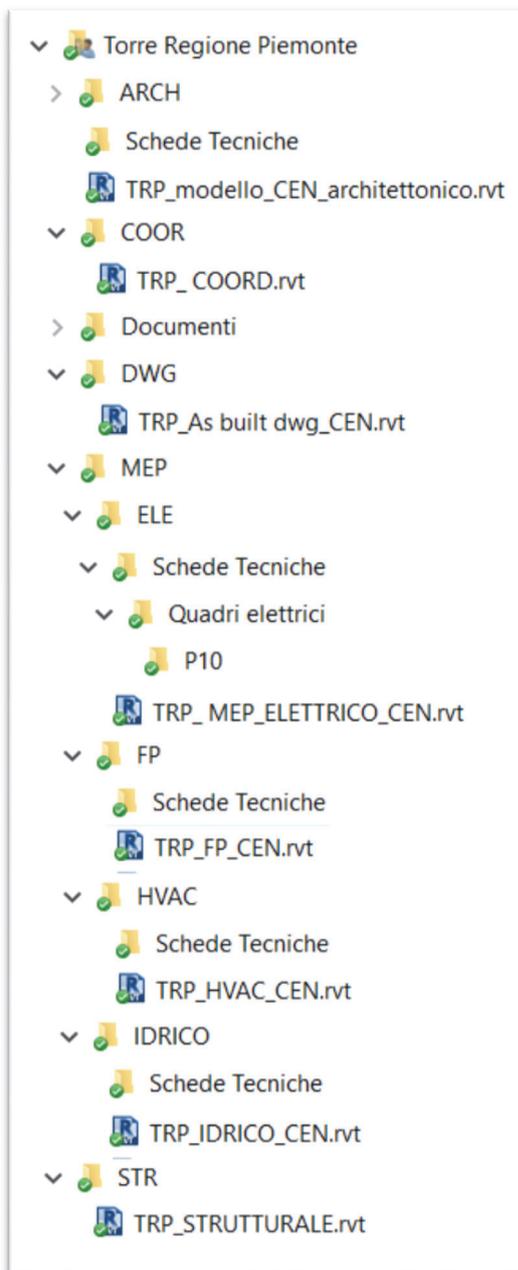


Figura 4-3 Struttura ACDat TRP

operativi. Questo problema era sorto durante il collegamento della scheda tecnica con lo schema unifilare al relativo quadro elettrico di piano virtualizzato nel modello BIM. Il percorso è relativo alla posizione in cui si trova il modello BIM con il quale si sta lavorando, quindi le cartelle sono state posizionate all'interno della stessa, la struttura è poi stata ripetuta per gli altri modelli come si può vedere dalla Figura 4-3.

4.2. Modello architettonico

Il modello architettonico è un file centrale, quindi quella particolare tipologia di file che permette la condivisione del lavoro in un unico file e che grazie alla suddivisione dello stesso in Workset permette di lavorare anche in modo contemporaneo a più persone sullo stesso file. Una volta aperto il file centrale **TRP_modello_CEN_architettonico.rvt** viene scaricato dal cloud e viene creata una copia locale dello stesso al quale effettivamente si lavora, durante la modellazione in modo regolare si effettua il salvataggio del locale, e la sincronizzazione con il centrale; tale sincronizzazione è bidirezionale: in altri termini quando si sincronizza si apportano le proprie modifiche fatte al file centrale e contestualmente si recepiscono le modifiche dal file centrale fatte da altri. Per poter svolgere la modellazione in modo appropriato ci si è dunque coordinati con altri membri del team per decidere su quale particolare si doveva lavorare. Operativamente la suddivisione del lavoro è stata fatta per sotto discipline ed in seguito per piani, tale divisione è stata fatta grazie alla funzione workset del programma. Tale funzione ha svariati benefici di utilizzo vista l'elevata facilità di gestione di questi ambienti di lavoro; per esempio la capacità di potere spegnere alcuni worksets inutilizzati alleggerisce il file con vantaggi prestazionali non indifferenti. Di seguito la Figura 4-4 con la suddivisione dei workset completa:

Disciplina	Descrizione contenuto	Workset
Controsoffitti	Contiene tutte le tipologie di controsoffitti orizzontali e verticali	ARC_Controsoffitti_Corte Interrata
		ARC_Controsoffitti_L-02_-01
		ARC_Controsoffitti_L00_10
		ARC_Controsoffitti_L11_20
		ARC_Controsoffitti_L21_30
		ARC_Controsoffitti_L31_40
ARC_Controsoffitti_L41_48		
Partizioni	Contiene tutte le tipologie di partizioni, ovvero divisori in cartongesso, muri non strutturali, porte	ARC_Partizioni_Corte Interrata
		ARC_Partizioni_L-02_-01
		ARC_Partizioni_L00_10
		ARC_Partizioni_L11_20
		ARC_Partizioni_L21_30
		ARC_Partizioni_L31_40
ARC_Partizioni_L41_48		
ARC_Partizioni_Parete inclinata		
Involucro vetrato	Contiene le finestre che compongono la facciata esterna della torre e le vetrate di separazione tra la torre e i satelliti	ARC_Involucro vetrato_Corte Interrata
		ARC_Involucro vetrato_L-02_-01
		ARC_Involucro vetrato_L00_10
		ARC_Involucro vetrato_L11_20
		ARC_Involucro vetrato_L21_30
		ARC_Involucro vetrato_L31_40
ARC_Involucro vetrato_L41_48		
Pavimenti	Contiene tutte le tipologie di pavimenti e rivestimenti di finiture	ARC_Pavimenti_Corte Interrata
		ARC_Pavimenti_L-02_-01
		ARC_Pavimenti_L00_10
		ARC_Pavimenti_L11_20
		ARC_Pavimenti_L21_30
		ARC_Pavimenti_L31_40
ARC_Pavimenti_L41_48		
Link	Contiene tutti i file collegati al modello	ARC_LINK
Masse	Contiene le masse utilizzate per costruire le facciate continue e i pavimenti	ARC_Masse

Figura 4-4 Suddivisione workset modello architettonico

Per eseguire una modellazione attinente al costruito, il lavoro è stato eseguito con il supporto di altri due modelli, il modello strutturale e il modello DWG, che servivano sia da riferimento che da appoggio per specifiche operazioni tecniche interne al software. In realtà la funzione di riferimento, era una doppia verifica, poiché la sovrapposizione dei modelli risultava essere perfetta, in quanto sin dalle prime operazioni si è lavorato con le coordinate condivise, in modo tale da sopperire ai problemi di georeferenziazione. Tutti i modelli utilizzati hanno le stesse coordinate che vengono condivise. Inoltre tutti i modelli condividono anche le griglie per i riferimenti spaziali, e i livelli che sono corrispondenti al piano rustico del solaio strutturale. Quindi il modello strutturale era collegato per assicurarsi il giusto allineamento dei muri e per analizzare già in fase di modellazione eventuali interferenze, sia per l'appoggio di determinati elementi architettonici, come potrebbero essere le finiture o i controsoffitti con gli elementi strutturali quali setti dei core o pilastri. A titolo di esempio si riportano un paio di immagini estrapolate dal modello

Parte della modellazione è stata incentrata alla controsoffittatura e alle partizioni interne. I controsoffitti sono di fatto una importante parte dell'opera poiché nascondono la quasi totalità degli impianti, ed avendo sempre come obiettivo la manutenzione e la gestione degli spazi e delle apparecchiature, risulta essenziale porre la doverosa attenzione a questi elementi che ne faranno da alloggiamento. I controsoffitti infatti sono stati modellati secondo le indicazioni delle tavole tecniche as built CAD forniti, direttamente sovrapposti al piano in questione tramite il modello collegato **TRP_As built dwg_CEN.rvt**, riponendo tutte le corrette informazioni geometriche e informative, come spessore, forma, altezza di posizionamento, materiali e codifica.

Una particolare attenzione è stata posta alla modellazione dei locali. I locali sono un importante strumento che permettono di delimitare gli spazi in modo tale da assegnarne un nome. La creazione dei locali è un presupposto importante nell'ottica del facility management poiché essi sono i riferimenti principali utilizzati per la coordinazione delle attività. Sono indispensabili poiché ad essi vengono assegnati gli oggetti per la gestione della manutenzione e per altre attività operative. La funzione del software denominata appunto *Locale* è molto semplice e intuitiva poiché permette la creazione di un locale grazie al riconoscimento automatico dei delimitatori dello spazio quali muri e pavimenti e soffitti. L'inserimento dei locali però non è stato possibile in modo 'diretto' poiché la maggior parte delle partizioni non iniziano dal Livello ma dal pavimento architettonico che si trova a 20cm dal suddetto livello. Questa differenza non permetteva la delimitazione del locale in modo automatico in Revit. Per permettere calcolo dei Locali, ovvero la sua corretta delimitazione e quindi seguenti calcoli si è dovuto modificare il parametro del livello Altezza di calcolo.

Per far ciò in modo più sistemico prima è stato creato un parametro globale di tipo dimensionale denominato Livello PPF+0.2, al quale valore è stato assegnato 0,2 m, come illustrato dalla Figura 4-5

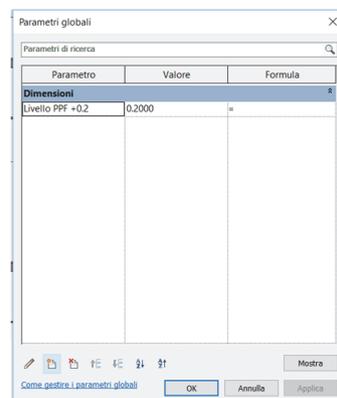


Figura 4-5 Parametro Livello PPF +0.2

Il parametro Altezza di calcolo è un parametro di istanza della famiglia Livello che serve proprio a delimitare da che altezza bisogna calcolare un locale. È sufficiente dunque posizionarsi in una vista di sezione o prospetto selezionare i livelli interessati ed associare il valore del parametro Altezza di calcolo, al parametro globale appena creato: Livello PPF +0.2, Figura 4-6

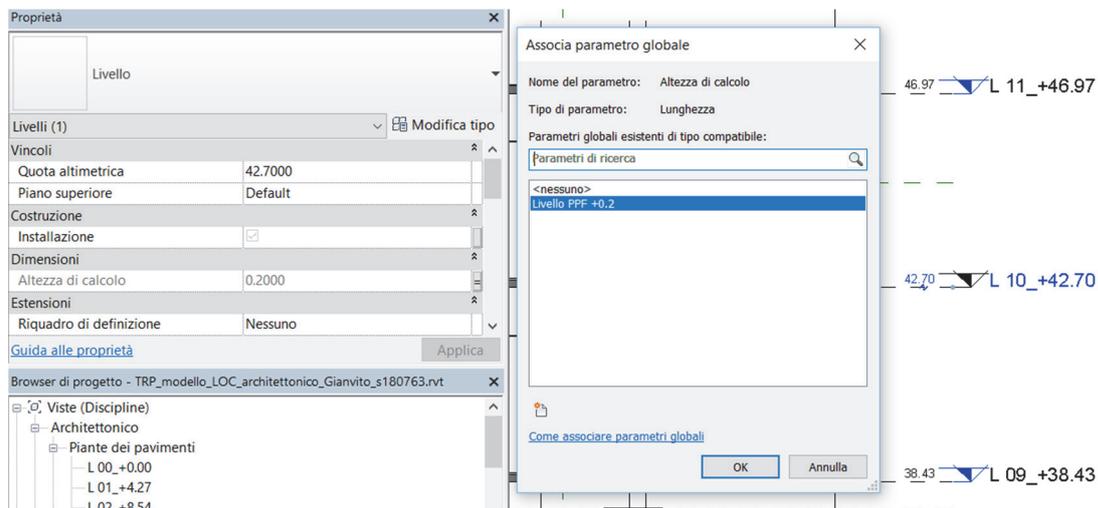


Figura 4-6 Associazione parametro altezza di calcolo - Livello PPF +0.2

Questo permette la delimitazione corretta dei locali, e quindi si può procedere in modo automatico, nella Figura 4-7 possiamo vedere come in arancio vi siano evidenziati tutti gli spazi delimitati, a cui si è proceduto subito dopo ad assegnare nomi e codifiche come da tavole grafiche.

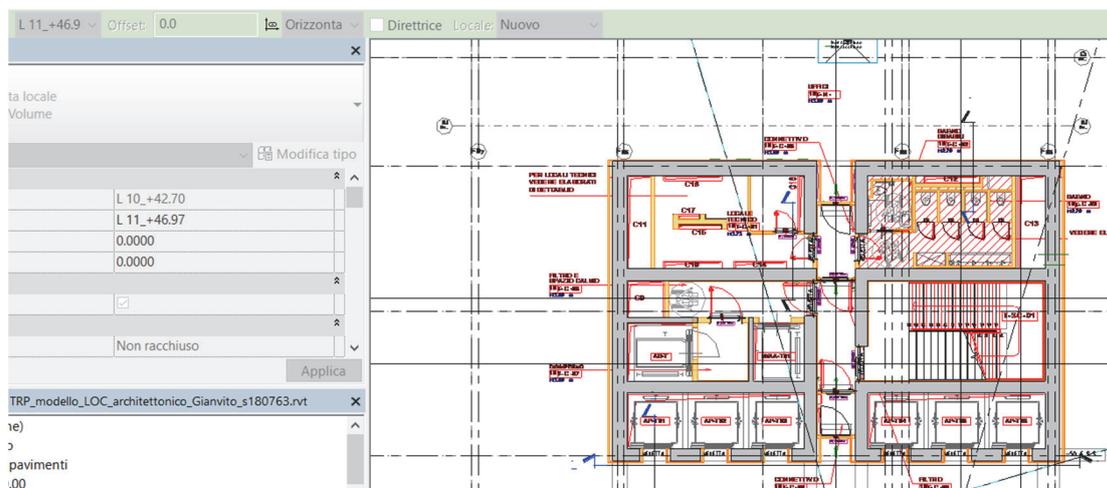


Figura 4-7 Delimitazione automatica locali

Ogni locale è stato nominato secondo la codifica esistente reperita dalle tavole CAD per mantenere la consistenza delle informazioni, a seguire possiamo vedere uno stralcio di pianta con le etichette dei locali Figura 4-8, e successivamente l'abaco dei locali del livello 10 Figura 4-9.

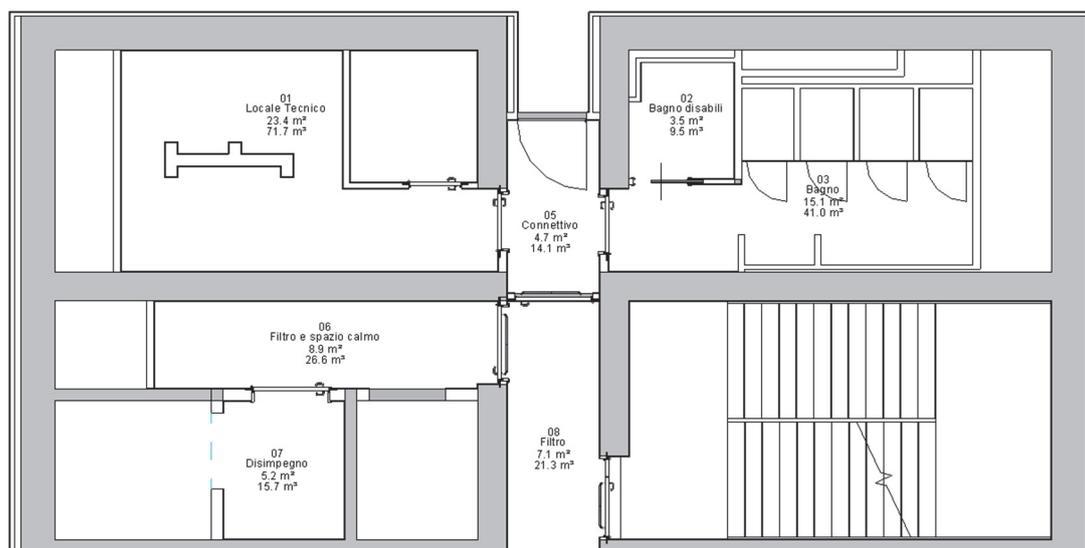


Figura 4-8 Stralcio pianta livello 10 con etichette locali

Abaco Locali Livello 10				
A	B	C	D	E
Codice Locale Esistente	Numero	Nome	Area	Volume
10 T-C-01	01	Locale Tecnico	23.35 m ²	71.69 m ³
10 T-C-02	02	Bagno disabili	3.50 m ²	9.51 m ³
10 T-C-03	03	Bagno	15.07 m ²	41.02 m ³
10 T-C-05	05	Connettivo	4.69 m ²	14.07 m ³
10 T-C-06	06	Filtro e spazio calmo	8.87 m ²	26.62 m ³
10 T-C-07	07	Disimpegno	5.23 m ²	15.69 m ³
10 T-C-08	08	Filtro	7.08 m ²	21.27 m ³
10 T-C-09	09	Connettivo	2.66 m ²	7.99 m ³
10 T-C-10	10	Connettivo	2.66 m ²	7.99 m ³
10 T-C-11	11	Filtro	7.08 m ²	21.27 m ³
10 T-C-12	12	Disimpegno	5.21 m ²	15.64 m ³
10 T-C-13	13	Filtro e spazio calmo	9.14 m ²	27.41 m ³
10 T-C-14	14	Connettivo	4.69 m ²	14.07 m ³
10 T-C-15	15	Locale Tecnico	22.60 m ²	69.37 m ³
10 T-C-17	17	Bagno	15.07 m ²	41.03 m ³
10 T-C-18	18	Bagno disabili	3.50 m ²	9.52 m ³

Figura 4-9 Abaco locali livello 10

4.3. *Modello MEP Elettrico*

4.3.1. **Materiale input**

Per poter modellare in gli impianti elettrici innanzi tutto è stata scandagliata con attenzione l'intera documentazione fornita. Le informazioni sorgenti relative agli impianti erano di diversa natura, la base più importante sono le tavole CAD dove gli impianti vengono tracciati con simboli e notazioni nella pianta del piano, ma a corredo vi sono documenti relativi alle schede tecniche di dettaglio, così come file Excel contenenti i dettagli sulle tabelle di scambio circuiti e quadri elettrici. Il materiale può essere suddiviso nei seguenti gruppi:

- **Impianti a pavimento:** tutta la distribuzione con le passerelle porta cavi disposta al di sotto del pavimento galleggiante, le apparecchiature elettriche disposte a pavimento come quadri, prese, scatole di derivazione ecc. cc.
- **Impianti a soffitto:** la distribuzione con le passerelle porta cavi disposti al di sopra del controsoffitto, l'impianto di illuminazione con il relativo posizionamento e la differenziazione delle tipologie impiegate, così come il circuito di appartenenza.
- **Impianti speciali:** le apparecchiature elettriche degli impianti di rivelazione incendio, impianto di segnalazione evacuazione, impianto anti intrusione, impianto di sicurezza a circuito chiuso, impianto per il controllo degli accessi.
- **Quadri elettrici:** Schede tecniche dettagliate sui quadri elettrici di piano, con le relative morsetterie, i dettagli sui carichi elettrici, la classificazione dei carichi, l'elenco dei circuiti associati ecc.

4.3.2. **Ambiente di lavoro**

Il file di lavoro **TRP_MEP_ELETTRICO_CEN_Gianvito.rvt**, nel programma Autodesk Revit 2017, è un file centrale, ciò consente di avere una notevole agilità e manovrabilità nei set di elementi di volta in volta creati, a questo si aggiunge la possibilità di apportare modifiche al medesimo file anche da parte di persone diverse contemporaneamente. La suddivisione in workset è stata fatta sia per blocchi di piani che per tipologie. La prima divisione quindi divide l'intera torre, dal livello interrato -

2 al livello 42 in blocchi di 10 piani, dopo di che la divisione è basata sull'appartenenza della apparecchiatura a due macro gruppi, ovvero se è un utenza, o se fa parte dell'impianto di illuminazione. La modellazione in dettaglio è stata portata avanti nel livello 10, e dunque per continuare in modo consistente alla struttura dei workset ne sono stati creati due appositi, per evidenziare la disomogeneità della modellazione. Durante la modellazione si è ulteriormente suddiviso la struttura del modello aggiungendo una categoria di workset che denominata Impianti Speciali, che andrà a contenere tutti quegli elementi prima menzionati relativi al CAD medesimo (sarà premura in seguito di uniformare ed aggiungere i workset secondo l'aggiornamento della struttura). Nella Figura 4-10 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportata la finestra per le impostazioni dei workset, con l'elenco degli stessi, dove si evince che i workset utilizzati sono **MEP_10_EL_illuminazione** relativo agli impianti di illuminazione, **MEP_10_EL_utenze** per le utenze, **MEP_10_EL_imp_speciali** per gli elementi facenti parti degli impianti di rivelazione incendio, impianto di segnalazione evacuazione, impianto anti intrusione, impianto di sicurezza a circuito chiuso, impianto per il controllo degli accessi.

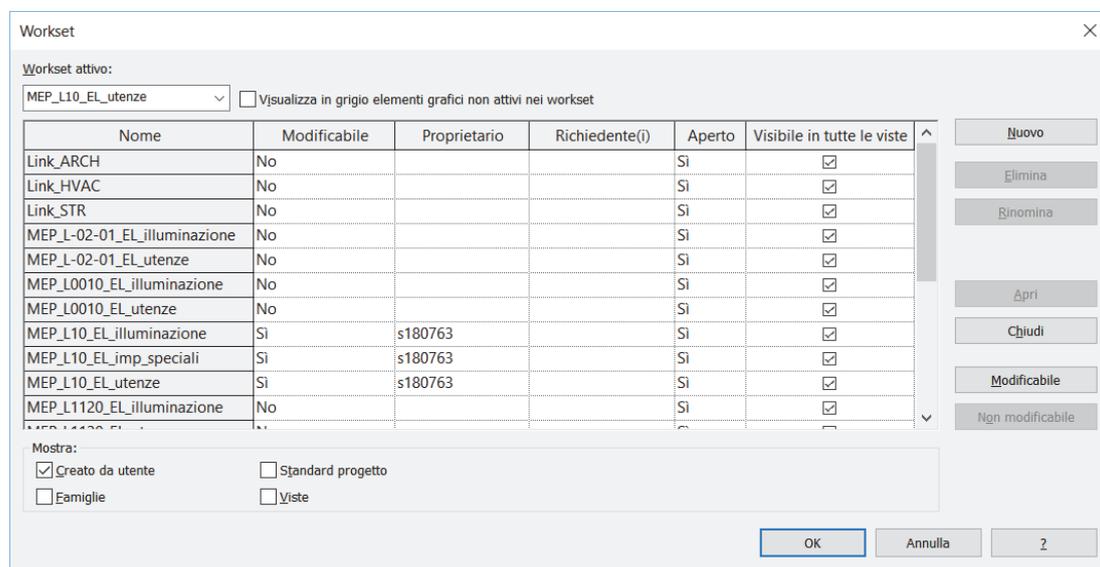


Figura 4-10 Interfaccia Workset Modello Elettrico

Dall'elenco sopracitato si può notare la presenza di tre workset relativi ai modelli collegati al modello in oggetto. Durante la modellazione si è proceduti dunque ad inserire all'interno del modello elettrico anche gli altri modelli, quello strutturale,

quello architettonico e quello MEP HVAC. La visualizzazione degli altri elementi anche se non fanno parte della disciplina trattata è spesso indispensabile per poter lavorare in modo corretto. Già nella fase di posizionamento degli elementi diviene comodo avere i riferimenti della posizione dei pilastri, dei solai strutturali ecc, inoltre risulta indispensabile il collegamento del modello architettonico poiché esso fa da host per la quasi totalità degli elementi da posizionare. Bisogna infatti evidenziare che gli elementi posizionabili su Revit, seguendo una corretta metodologia devono avere un elemento geometrico a cui appoggiarsi, tale elemento viene definito host, ovvero elemento ospitante, questo permette che vi sia un collegamento tra l'elemento applicato e quello ospitante, tale collegamento lega i due elementi nelle successive modifiche rendendo il modello più flessibile. Per esprimere meglio il concetto prendiamo ad esempio un caso utilizzato: l'elemento Apparecchio di illuminazione rotondo non può essere posizionato dovunque nel modello, d'altronde non avrebbe senso avere una lampada fluttuante nell'aria senza nessun supporto, ma ha bisogno di una superficie sulla quale posizionarsi, nel nostro caso il controsoffitto, tale controsoffitto non fa parte del modello elettrico, ma per far sì che il posizionamento sia corretto si collega il modello architettonico in modo tale da avere l'associazione corretta.

- Apparecchio di illuminazione rotondo: elemento da posizionare
- Controsoffitto appartenente al modello architettonico che viene collegato al modello: Host che supporta l'elemento da posizionare

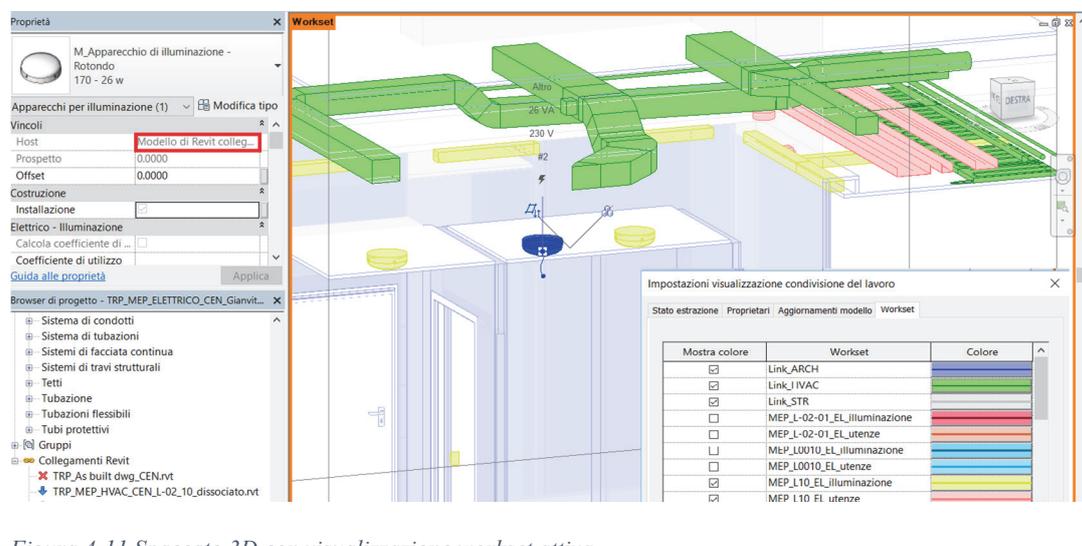


Figura 4-11 Spaccato 3D con visualizzazione workset attiva

E' stato anche collegato il modello MEP HVAC per analizzare già nelle prime fasi incongruenze ed interferenze che verranno trattate più avanti. La Figura 4-11 rappresentativa, permetta di cogliere la differenza dei workset, in questo caso rappresentati con colori differenti, così come il vincolo di posizionamento host descritto in precedenza.

4.3.3. Modellazione famiglie

Per costruire il modello MEP elettrico dopo aver scansionato il materiale fornito su cui basare la modellazione è stata redatta una **lista** di tutti gli **oggetti** necessari a comporre i relativi impianti elettrici. Una prima stesura è servita per identificare tutte le parti per la composizione del modello, e dunque per definire, prima di procedere quali componenti e sub-componenti fossero indispensabili. Analizzando in dettaglio ogni oggetto è stata redatta la lista che possa fare da base per un ragionamento per individuare il livello di dettaglio idoneo. Tenendo sempre a mente il nostro obiettivo finale orientato al FM, è stato deciso che il livello di dettaglio geometrico degli oggetti dovesse passare in secondo luogo rispetto al livello relativo alla parte informativa non grafica. Questa assunzione di base però non può essere accettata in toto ed applicata ad ogni elemento. L'importanza delle dimensioni geometriche cambiano da oggetto ad oggetto, per esempio è importante determinare le dimensioni esatte di un quadro elettrico per stabile ingombri e zone di rispetto che devono essere lasciate libere, mentre la grandezza esatta di un oggetto come potrebbe essere una piccola cassetta di derivazione è poco rilevante. Le famiglie sono state modellate secondo le esigenze e le indicazioni della tabella in Allegato A, gli ulteriori approfondimenti portati avanti su alcuni oggetti sono stati elaborati nel paragrafo successivo.

4.3.4. Comparazione famiglie con diverso LOD

Nell'ambito della ricerca più approfondita ci si è focalizzati sulla comparazione dei livelli di dettaglio; per riuscire a valutare quale LOD fosse quello ottimale sono stati paragonati diversi livelli di dettaglio. Verranno rappresentate dunque le procedure per la creazione delle famiglie: Gruppo Prese A.

Gruppo Prese A

Il gruppo prese A è un gruppo prese serie civile per alimentazione posto di lavoro composto da una torretta a scomparsa a 20 moduli, esso è costituito da:

- Una coppia di prese 2x10/16a+t tipo unel/bipasso alimentate da energia normale.
- Una coppia di prese 2x10/16a+t tipo unel/bipasso alimentate da energia continuità informatica
- 2 interruttori magnetotermici differenziali per protezione utenze continuità informatica e normale
- 3 predisposizioni per prese trasmissione dati tipo rj45 cat6a di cui una cablata con frutto rj45.

Essendo questo elemento composto da più componenti, ogni componente è stato modellato in modo separato. Sono state modellate da zero prendendo come basi le dimensioni e le forme più comuni dell'industria elettrica, le prese elettriche, i frutti dati comunemente chiamati prese ethernet e gli interruttori magnetotermici di protezione. Sono stati curati gli aspetti geometrici dimensionali, per produrre elementi conformi alle norme, e sono stati associati i corretti materiali di costruzione, in questo caso PVC. Dopo aver modellato geometricamente le due prese 2x10/16 A+T tipo unel/bipasso, ed inserito le corrette informazioni descrittive, si è associata alla famiglia la corretta categoria secondo la codifica/nomenclatura del programma Autodesk Revit e la OmniClass Figura 4-12. La OmniClass Construction Classification System è un sistema di classificazione per l'industria delle costruzioni, uno strumento che consente di classificare gli elementi e le componenti utilizzate nell'edilizia, permettendo di ottenere una libreria ordinata e gerarchica; concettualmente può essere assimilata alla

normativa italiana UNI 8290, ma essa è basata sulle pubblicazioni normative nord americane ed internazionali del MasterFormat e UniFormat

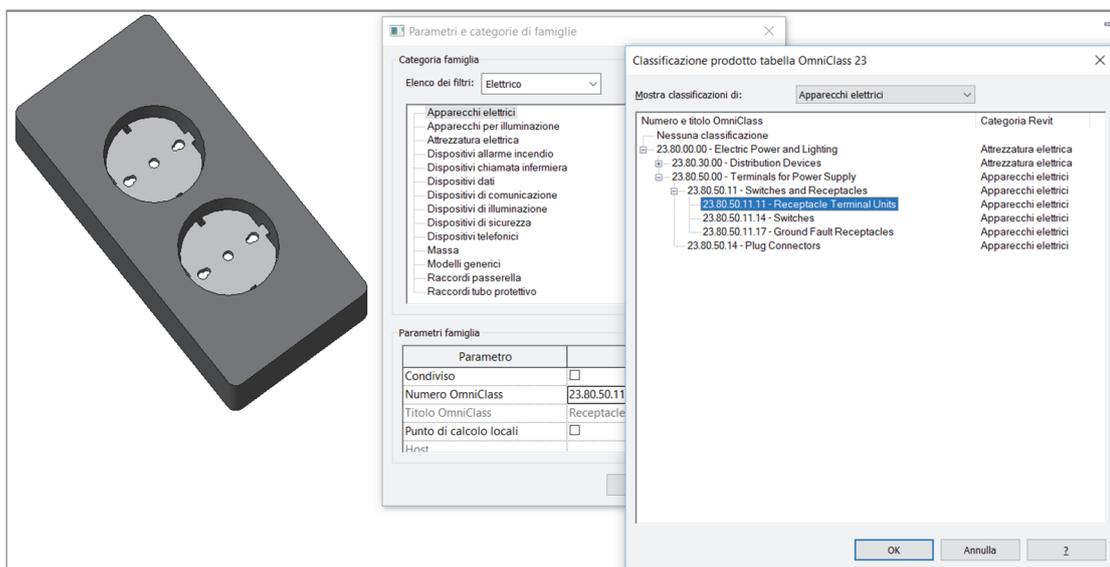


Figura 4-12 Definizione Categoria famiglia Revit e Numero OmniClass Prese unel/bipasso

Medesimo procedimento è stato eseguito per le prese dati, raffigurate nella Figura 4-13.

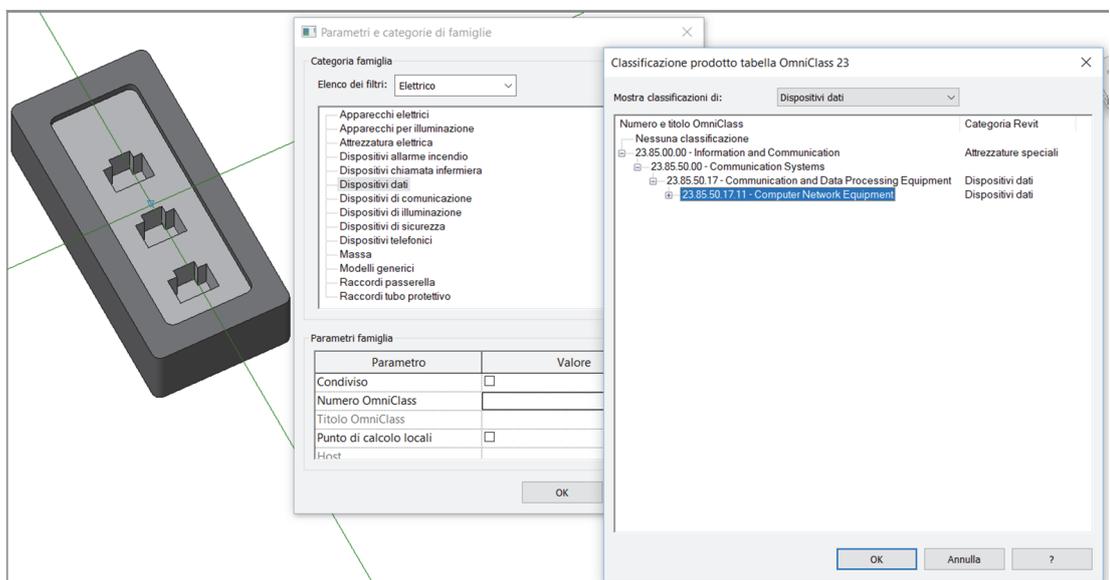


Figura 4-13 Definizione Categoria famiglia Revit e Numero OmniClass Prese Dati

Ultimo sub componente modellato sono stati gli interruttori magnetotermici, con relativa indicazione acceso/spento e lo spazio al fianco per l'etichetta come si può cogliere dalla Figura 4-14

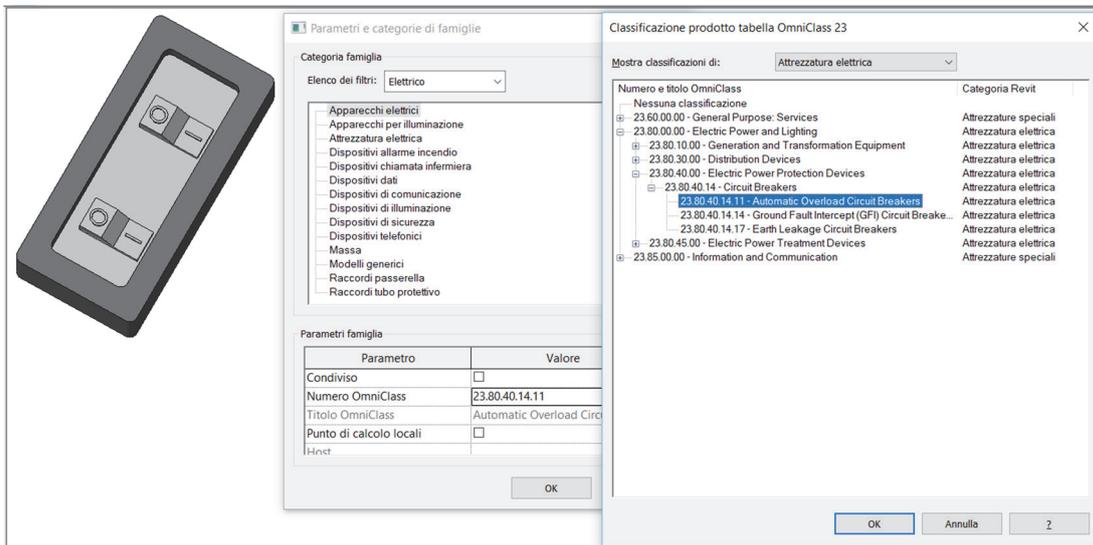


Figura 4-14 Definizione Categoria Revit e Numero OmniClass Interruttori magnetotermici

Dopo aver modellato separatamente le tre componenti principali è stata creata la famiglia Gruppo prese A alla quale queste sub componenti sono state aggiunte. Una volta modellata la forma geometrica della torretta a scomparsa con i moduli appena descritti incastonati sono stati aggiunti i connettori elettrici, che permettono all'interno dell'applicativo di creare i sistemi elettrici. Essi sono stati differenziati per le tipologie necessarie e sono stati corredati dagli opportuni parametri descrittivi e informativi, come voltaggio, numero di poli, ecc. In ultimo è stato aggiunto una etichetta che corrisponde alla simbologia rappresentativa 2d propria del settore elettrico in modo tale che anche nell'applicativo Revit un utente meno esperto, ma tecnico del settore, possa orientarsi senza problemi. In questo caso viene inoltre sfruttato una particolare funzione delle famiglie Revit che permette di determinare la visualizzazione di un elemento in base a delle condizioni. È stata aggiunta la corrispondente notazione 2d opportunamente modellata separatamente, ed è stata impostata la sua visualizzazione esclusivamente in una vista di pianta con il livello di dettaglio basso. Nella Figura 4-15 si può vedere il risultato finale 3D comparato con la notazione 2D, con anche il passaggio operativo per determinare le scelte di visualizzazione appena descritte.

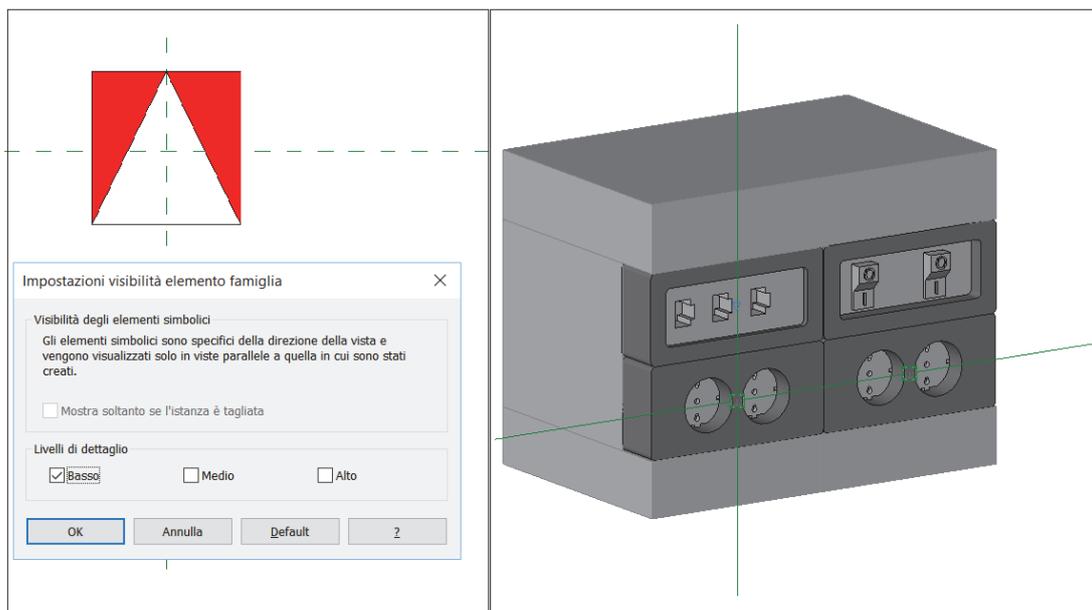
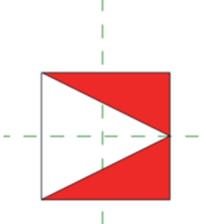
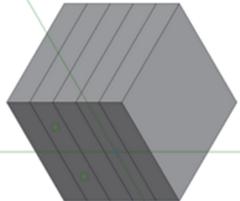
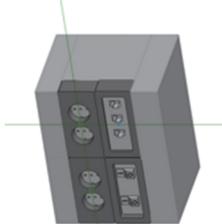


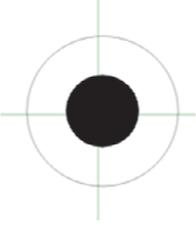
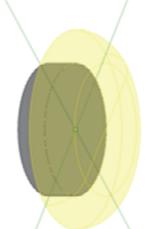
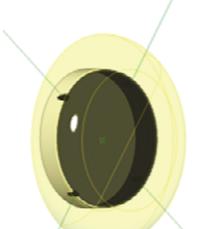
Figura 4-15 Rappresentazione Gruppo prese A: Simbolo 2D e relativa impostazione di visibilità - Assonometria 3D

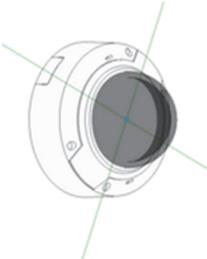
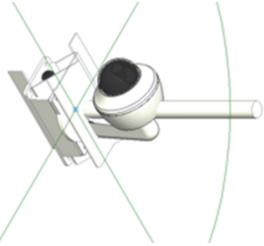
Questa procedura è stata seguita per modellare la famiglia ad un Livello di sviluppo degli oggetti digitali elevato, soprattutto per quanto riguarda i dettagli geometrici, nel caso specifico LOD D. Il livello di dettaglio medio è stato definito come un gruppo di solidi che compongono la torretta in modo da avere le dimensioni di massima dell'ingombro, senza nessun dettaglio geometrico di forma dei sub componenti, ma al quale rimangono tutti i connettori elettrici il simbolo 2D, LOD B5. Il livello di dettaglio più basso è composto unicamente dal simbolo 2D senza nessun componente che ne determini l'ingombro 3D, ma con presenti alcune informazioni descrittive e i connettori elettrici, LOD A.

La metodologia seguita per la creazione dei diversi LOD è medesima per le altre famiglie, che sono state modellate geometricamente ed inseguite composte nell'editor delle famiglie che permette di applicare condizioni di visibilità, avere delle dimensioni parametriche gestibili, così come informazioni delle etichette dinamiche. Le famiglie analizzate nel dettaglio sono state tre, prese ad esempio per la loro importanza caratteristica possono essere rappresentative sia del settore elettrico che in generale degli elementi posizionabili all'interno di un modello. I test eseguiti sono serviti innanzi tutto a paragonare i diversi dettagli di sviluppo per confrontare l'impatto che essi possono avere sul modello. È bene sempre tenere a mente la pesantezza del file e

la sua gestibilità che può diventare poco governabile con l'aumentare degli elementi. Uno dei test infatti ha previsto la creazione di 2000 elementi di una medesima famiglia per verificarne la reazione del modello. Partendo da condizioni basi identiche, ovvero le tre famiglie a diverso LOD già caricate e presenti sul modello sono state eseguite delle prove per misurare il tempo di creazione di una così elevata mole di oggetti, ed in seguito controllare l'impatto su tutto il modello e sul suo peso. Le tabelle riassuntive riportate più avanti dipingono un'ambiente anche per certi versi contraddittorio. Si nota infatti che l'applicativo Revit riesce a gestire in modo egregio una quantità di oggetti elevati, purché essi siano della stessa famiglia, si nota infatti che l'incremento sul peso in Kilobyte del file modello, può essere considerato irrisorio dato che resta dell'ordine di grandezza della famiglia stessa nonostante la creazione di migliaia di elementi. Diverso è invece l'impatto sulla fluidità del software, si nota infatti che se nel modello sono presenti un elevato numero di elementi con forme geometriche particolari, come possono essere le mesh curve o sferiche, si possono avere criticità. Durante i test infatti la generazione degli elementi aventi parti sferiche era molto lenta, e l'interazione con gli stessi sfruttava una buona percentuale di risorse computazionali, scheda video e processore, in più. Questo difetto che portava ad un rallentamento durante l'utilizzo del software era accentuato per esempio con le forme realistiche, compreso materiale vetrato, delle plafoniere degli apparecchi illuminanti e delle telecamere. Sono state infatti scartate tali famiglie poiché l'obiettivo e l'uso del modello non è di tipo architettonico-realistico che serve a rappresentare con realismo il manufatto; non essendo tra gli obiettivi la realizzazione di render queste famiglie risultano di fatto superflue per l'uso e quindi inutili, anzi controproducenti perché ne compromettono la velocità di elaborazione. Un ragionamento simile è stato fatto per le telecamere, la famiglia con il LOD più elevato utilizzata è estremamente versatile poiché è composta da svariati sub componenti intercambiabili, l'elemento si presta infatti ad essere utilizzato sia con fissaggio a parete, ad angolo, a soffitto a pavimento, con il supporto di pali e staffe dedicati. Seppure la versatilità di un componente può essere un suo vantaggio in questo caso tutte quelle componenti sarebbero state superflue poiché l'apparecchio è molto più semplice e ripetuto in modo uguale in tutto il progetto, e quindi anche in questo caso le sub componenti aggiuntive sarebbero state superflue e deleterie. Di seguito si riportano le tabelle riassuntive comparative.

Gruppo Prese A	Immagine	LogI	LoI	Peso famiglia [KB]	Peso modello complessivo aggiungendo 2000 elementi [KB]	Reattività modello
LOD A		Le caratteristiche geometriche si limitano alla notazione 2D rappresentativa dell'oggetto	Descrizione indicativa del sistema	376	39.312 (Delta aggiuntivo: 128)	Il processo di generazione degli elementi impiega circa 15sec. Non vi è praticamente nessuna influenza sul modello che risulta fluidamente navigabile anche in 3D
LOD B5		Le caratteristiche geometriche ne determinano in modo indicativo le dimensioni di ingombro	Descrizione particolare del sistema con quantità e qualità dei componenti. Connettori elettrici indicativi	436	39.806 (Delta aggiuntivo: 622)	Il processo di generazione degli elementi impiega circa 35 sec. Non vi sono particolari problemi legati alla navigazione del modello 3D, l'interazione con gli elementi risulta accettabile
LOD D		Le caratteristiche geometriche di natura specifica, rappresentano graficamente un sistema dettagliato dove è possibile identificare i sistemi ed i sub componenti	Descrizione specifica e dettagliata del sistema e delle sue componenti. Ogni connettore viene descritto per le sue caratteristiche effettive e viene definita le modalità di interfaccia con altri sistemi	696	41.628 (Delta aggiuntivo: 2.444)	Il processo di generazione degli elementi impiega circa 43 sec. Non vi sono particolari problemi legati alla navigazione del modello 3D, anche se si riscontrano richieste computazionali maggiori ai processori, l'interazione con gli elementi risulta accettabile anche se la rigenerazione delle viste è più lenta

Apparecchio di illuminazione rotondo	Immagine	Log	LoI	Peso famiglia [KB]	Peso modello complessivo aggiungendo 2000 elementi [KB]	Reattività modello
LOD A		Le caratteristiche geometriche si limitano alla notazione 2D rappresentativa dell'oggetto	Descrizione indicativa del sistema	368	39.340 (Delta aggiuntivo: 148)	Il processo di generazione degli elementi impiega circa 7sec. Non vi è nessuna influenza sul modello che risulta fluidamente navigabile anche in 3D
LOD BS		Le caratteristiche geometriche ne determinano in modo indicativo le dimensioni di ingombro ed il solido fotometrico. La plafoniera emisferica non è modellata	Descrizione particolare del sistema con quantità e qualità dei componenti. Connettori elettrici indicativi. Il solido fotometrico ha informazioni illuminotecniche indicative	712	39.732 (Delta aggiuntivo: 540)	Il processo di generazione degli elementi impiega circa 34 sec. Non vi sono particolari problemi legati alla navigazione del modello 3D, l'interazione con gli elementi risulta rallentata
LOD D		Le caratteristiche geometriche di natura specifica, rappresentano graficamente un sistema dettagliato dove è possibile identificare i sistemi ed i sub componenti con forme e dimensioni effettive	Descrizione specifica e dettagliata del sistema e delle sue componenti. Ogni connettore viene descritto per le sue caratteristiche effettive e viene definita le modalità di interfaccia con gli altri sistemi. Il solido fotometrico ha le informazioni specifiche delle caratteristiche illuminotecniche	1020	40.200 (Delta aggiuntivo: 1.016)	Il processo di generazione degli elementi impiega circa 85 sec. Non vi sono particolari problemi legati alla navigazione del modello 3D, si riscontrano richieste computazionali eccessive ai processori, l'interazione con gli elementi risulta molto rallentata e la rigenerazione delle viste è lenta

Telecamera Dome	Immagine	Log	LoI	Peso famiglia [KB]	Peso modello complessivo aggiungendo 2000 elementi [KB]	Reattività modello
LOD A		Le caratteristiche geometriche si limitano alla notazione 2D rappresentativa dell'oggetto	Descrizione indicativa del sistema	332	33882 (Delta aggiuntivo: 210)	Il processo di generazione degli elementi impiega circa 10sec. Non vi è nessun influenza sul modello che risulta fluidamente navigabile anche in 3D
LOD B5		Le caratteristiche geometriche ne determinano in modo indicativo le forme e le dimensioni di ingombro	Descrizione particolare del sistema con quantità e qualità dei componenti. Connettori elettrici indicativi	580	33.976 (Delta aggiuntivo: 304)	Il processo di generazione degli elementi impiega circa 27 sec. Non vi sono particolari problemi legati alla navigazione del modello 3D, l'interazione con gli elementi risulta accettabile
LOD D		Le caratteristiche geometriche di natura specifica, rappresentano graficamente un sistema dettagliato dove è possibile identificare i sistemi ed i sub componenti. Alcune componenti risultano intercambiabili e adattabili.	Descrizione specifica e dettagliata del sistema e delle sue componenti. Ogni connettore viene descritto per le sue caratteristiche effettive e viene definita le modalità di interfaccia con altri sistemi.	852	36.194 (Delta aggiuntivo: 2.522)	Il processo di generazione degli elementi impiega circa 52 sec. La navigazione del modello 3D non è molto fluida, si riscontrano richieste computazionali ingenti ai processori, l'interazione con gli elementi risulta accettabile anche se la rigenerazione delle viste è lenta

4.3.5. Parametri

Nella metodologia BIM ci possono essere casi in cui viene preferita la corrispondenza delle informazioni contenute in un elemento piuttosto che quelle grafico-dimensionali. In un contesto in cui il contenuto informativo degli elementi diviene protagonista, è bene sottolineare come questo è direttamente legato allo stesso tramite relazioni ed attributi ovvero i Parametri. Ogni elemento all'interno dell'applicativo Autodesk Revit, (ma il concetto è applicabile a tutti i programmi BIM disponibili) è corredato da parametri che ne descrivono le caratteristiche, geometriche ed informative, e ne determinano la relazione con gli altri elementi presenti nel modello. Per quanto riguarda le famiglie abbiamo una prima divisione di tipologia di parametri, ovvero quelli riferiti ai Tipi, e quelli riferiti alle Istanze. I parametri riferiti ai Tipi sono per esempio quelli delle dimensioni, o di alcune caratteristiche che li differenziano tra loro all'interno della famiglia. Gerarchicamente nel livello inferiore troviamo i parametri riferiti alle Istanze che possono variare all'interno di un gruppo di tipo, questo permette dunque di associare attributi agli elementi singoli e non a tutti i Tipi, come esempio si può prendere il nome dell'elemento, il contrassegno, il numero del componente. È pratica consueta aggiungere al progetto dei parametri costruiti e definiti ad hoc per le occorrenze. La possibilità di aggiungere parametri è però un'arma a doppio taglio poiché averne troppi è controproducente e può diventare deleterio.

Nel nostro caso si sono identificati alcuni parametri a partire dall'analisi della lista degli oggetti e delle necessità imposte. I parametri creati ricadono sotto la categoria dei Parametri Condivisi poiché questi sono quelli più versatili e più gestibili, sono visualizzabili nelle etichette, negli abachi e possono essere esportati. A titolo di esempio si riporta la procedura utilizzata per aggiungere alcuni parametri:

Procedura aggiunta parametro Tipo:

Per aggiungere un parametro condiviso basta andare nella Scheda Gestisci nel Gruppo Impostazioni, si clicca su Parametri condivisi come evidenziato nella Figura 4-16

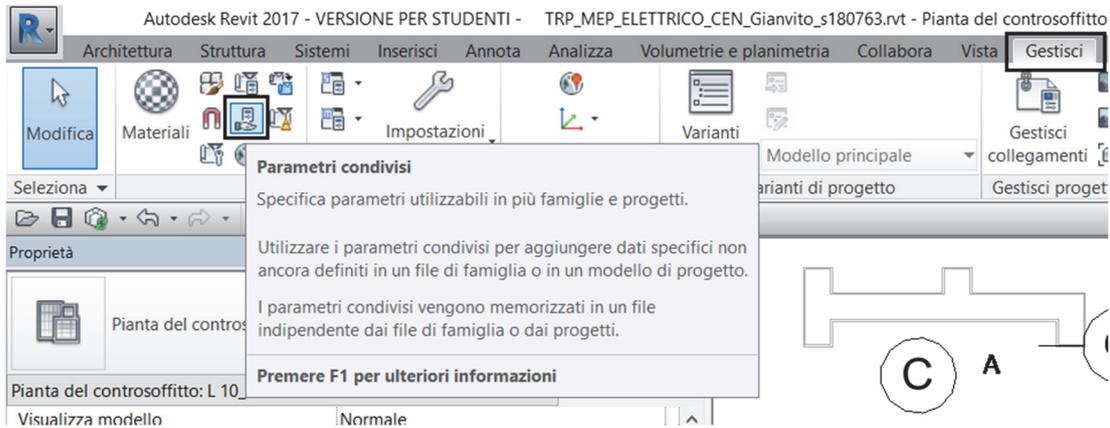


Figura 4-16 Aggiunta parametri Condivisi

Si seleziona il file contenente i parametri condivisi, in questo caso Codifica Torre.txt; cliccando su nuovo gruppo si inserisce il nuovo nome in questo caso IFC Figura 4-16 Figura 4-17.

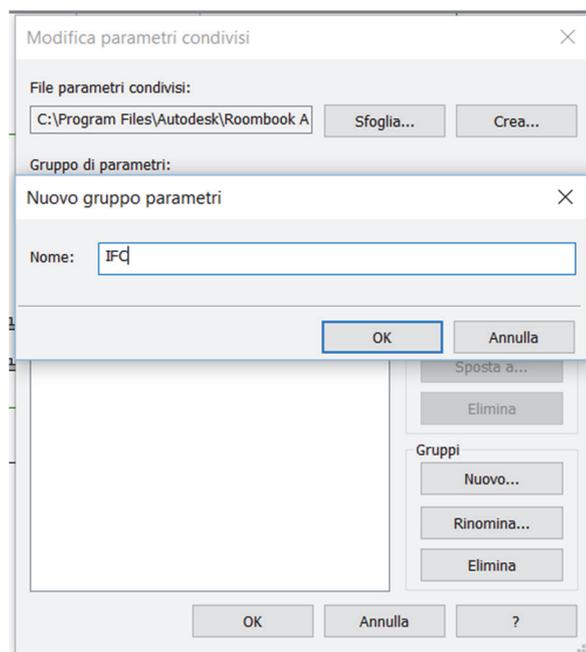


Figura 4-17 Nuovo gruppo parametri condivisi

Il gruppo parametro serve unicamente a raggruppare le varie tipologie di parametri creati per poterli gestire più facilmente ed individuare tra tutti i parametri condivisi. Si clicca dunque su nuovo e una volta definite le corrette impostazioni come mostrato nella Figura 4-18, ovvero la disciplina del tipo di parametro con la possibilità di scegliere tra Comune, Strutturale, HVAC, Elettricità, Tubazioni, Energia; il tipo di parametro ovvero se il dato è una stringa, un numero, un formato booleano ecc (il tipo di parametro disponibile cambia in base alla disciplina); si inseriscono le informazioni volute. Come mostrato nella Figura 4-18 si può aggiungere una descrizione comandi descrivendo l'informazione che questo parametro deve contenere.

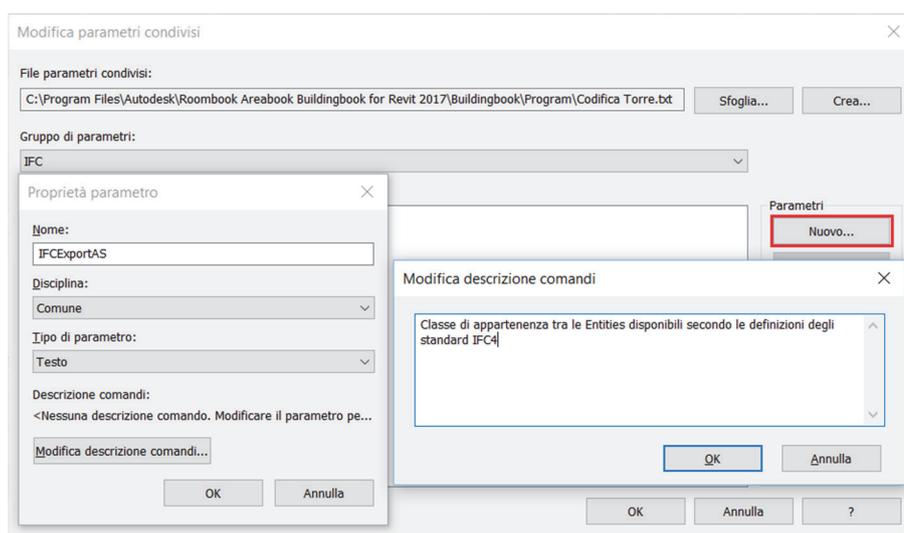


Figura 4-18 Definizione nuovo parametro condiviso

Dopo aver definito il parametro condiviso esso deve essere aggiunto al progetto in uso. Concettualmente bisogna associare a quale categoria, ovvero tipologia di elemento all'interno del programma Autodesk Revit, il parametro deve essere aggiunto, in modo tale che esso sia disponibile per qualunque famiglia creata corrispondente a quella categoria. Per associare il parametro bisogna cliccare sull'icona parametri di progetto nella scheda Gestisci come evidenziato nella Figura 4-19.



Figura 4-19 Parametri di progetto

Una volta aperta la finestra di dialogo si clicca su aggiungi e la Figura 4-20 permette di inserire le informazioni: si seleziona il parametro condiviso appena creato, scegliendo dalla lista dei parametri condivisi, si definisce se esso vada riferito all'Istanza o al Tipo, si sceglie su quale gruppo farlo visualizzare nella lista dei parametri della famiglia, ed infine l'ultimo passaggio è quello più importante, ovvero vanno selezionate tutte le categorie al quale il parametro vada associato, in questo caso a tutte le categorie essendo un parametro per le impostazioni delle esportazioni IFC del quale si approfondirà in successivi capitoli.

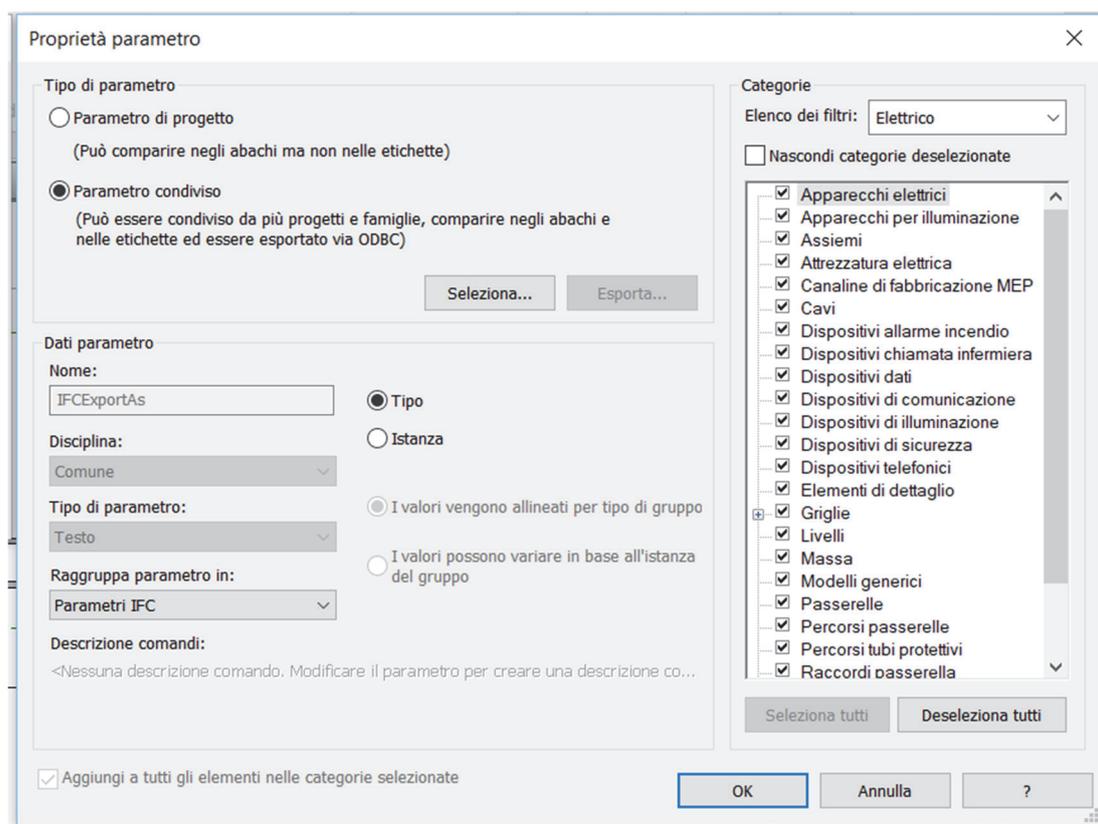


Figura 4-20 Aggiunta parametri condivisi ai parametri di progetto

4.3.6. Modellazione dei sistemi

Particolare attenzione è stata posta ai connettori elettrici che permettono all'interno dell'ambiente di lavoro di Revit la creazione dei sistemi. I sistemi sono una particolare funzione dell'applicativo Autodesk Revit che permette di connettere gli elementi facenti parte di un circuito ed associare lo stesso al quadro di appartenenza.

Questa funzione risulta estremamente comoda se utilizzata in modo corretto poiché mettendo a sistema gli apparecchi elettrici è possibile specificare il nome del circuito ed eventualmente aggiungere altre informazioni necessarie, e ciò consente anche di filtrare gli elementi inseriti in base al circuito di appartenenza. Con Autodesk Revit 2017 è possibile formare i sistemi elettrici rappresentati nella Figura 4-21.



Figura 4-21 Sistemi elettrici disponibili in Autodesk Revit

Di default i sistemi elettrici calcolano i carichi apparenti, i fattori di richiesta ed altre caratteristiche elettriche. Queste informazioni vengono calcolate in modo corretto se a monte vengono dichiarate le giuste informazioni riguardo alla corrente, la tensione e le altre caratteristiche elettriche, dettagli che appartengono sia alle famiglie utilizzate che ad definizioni che vanno date nelle impostazioni elettriche. Nella Figura 4-22 vi sono le impostazioni relative ai sistemi elettrici che sono state programmate prima dell'inizio della modellazione, evidenziato per esempio vi è il sistema di distribuzione principale dei quadri di piano.

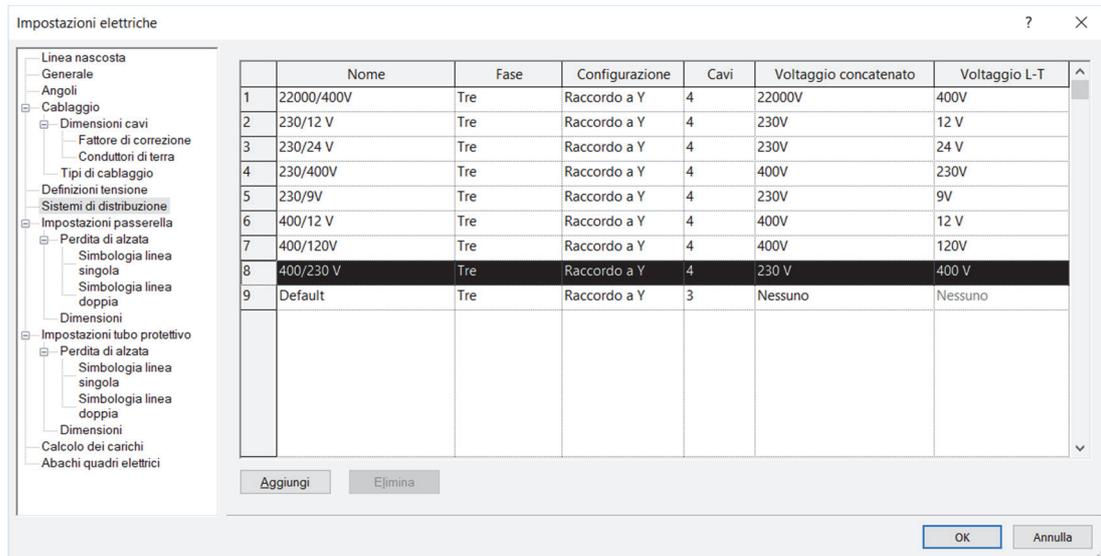


Figura 4-22 Impostazioni elettriche dei sistemi elettrici in Autodesk Revit

Dopo avere impostato la caratteristiche relative alle impostazioni elettriche, tra cui i sistemi di distribuzione, le dimensioni delle passarelle e le tipologie di raccordi utilizzabili si è proceduto alla modellazione.

Uno strumento utile durante la modellazione è il Browser di Sistema che permette di avere uno schema gerarchico dei sistemi presenti all'interno del modello. Nella Figura 4-23 si possono vedere i sistemi elettrici creati. La dipendenza gerarchica è immediata nell'immagine, dove i quattro quadri QE.T.P10.O, QE.T.P10-SAB, QE.T.P10-S0-SAA, QE.T.P10-P15-P0 forniscono

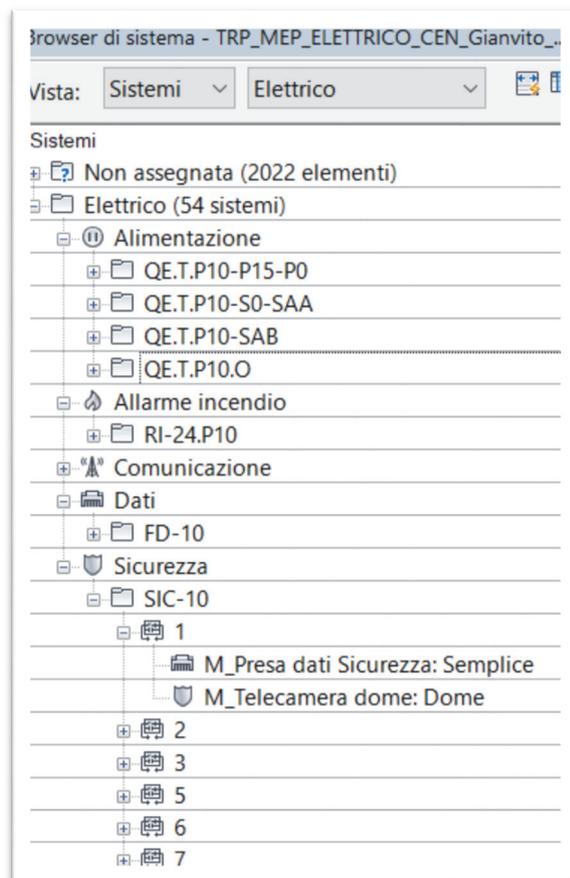


Figura 4-23 Browser di sistema in Autodesk Revit

l'alimentazione a tutte le forniture del piano; l'armadio FD-10 è la rack del piano dove conferiscono tutti i circuiti fonia dati; la telecamera di sicurezza con la relativa presa dati per la trasmissione fa invece riferimento al quadro di sicurezza SIC-10 e così via.

Dopo aver modellato le famiglie con gli oggetti necessari si è proceduti al posizionamento delle utenze a pavimento. Partendo dal locale tecnico nord, si sono posizionati i quadri, e dopo aver scelto il corretto tipo appartenente alla famiglia, come evidenziato dalla Figura 4-24 si sono inserite le informazioni necessarie, il nome del quadro QE.T.P10.O, il percorso del file PDF della scheda tecnica, il sistema di distribuzione.

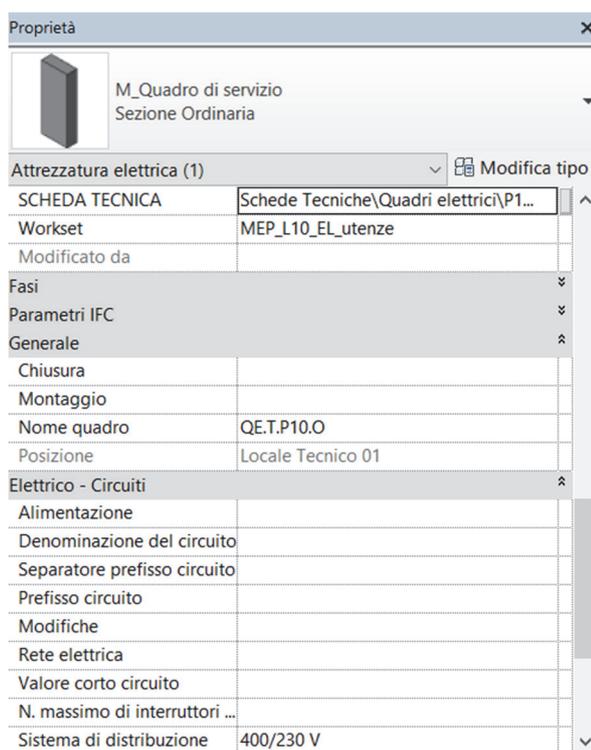


Figura 4-24 Proprietà quadro sezione ordinaria

Avendo sempre come riferimento la tavola distribuzione e utenze a pavimento del livello 10, si sono posizionate le altre componenti facenti parti del sistema. Le blindosbarre sono 2 posizionate in modo parallelo poiché una fa riferimento alla sezione di corrente ordinaria, l'altra invece alla sezione di energia in continuità. Una volta posizionata si attiva la funzione per la creazione del sistema di alimentazione, si

sceglie il sistema di distribuzione tra quelli disponibili, si associa l'elemento al quadro corrispondente e si compilano i campi inserendo il codice del circuito nel campo Note circuito abaco e la descrizione delle utenze alimentate nel parametro UTENZA.

In ultimo si posizionano le torrette gruppi prese, con al loro interno le prese alimentate, sia dalla sezione ordinaria che dalla sezione in continuità, inoltre come già evidenziato tali torrette hanno anche 3 predisposizioni per prese trasmissione dati tipo rj45 cat6a di cui una cablata con frutto rj45, quindi questo tipo di elemento apparterrà a tre sistemi diversi, due di alimentazione e uno dati. Dopo che si attiva la possibilità di creare il circuito di alimentazione, lo si modifica aggiungendo tutti gli elementi che fanno parte del circuito. Questi terminali sono alimentati dalle blindosbarre, che a loro volta sono alimentate dal quadro di piano, come si evince dalla struttura del sistema nella Figura 4-25. Si sottolinea che volutamente il circuito rappresentato è quello P0.FC2, ovvero il secondo relativo alla sezione in energia continua parallelo a quello prima descritto e collegato al quadro in energia continua QE.T.P10-P15-P0.

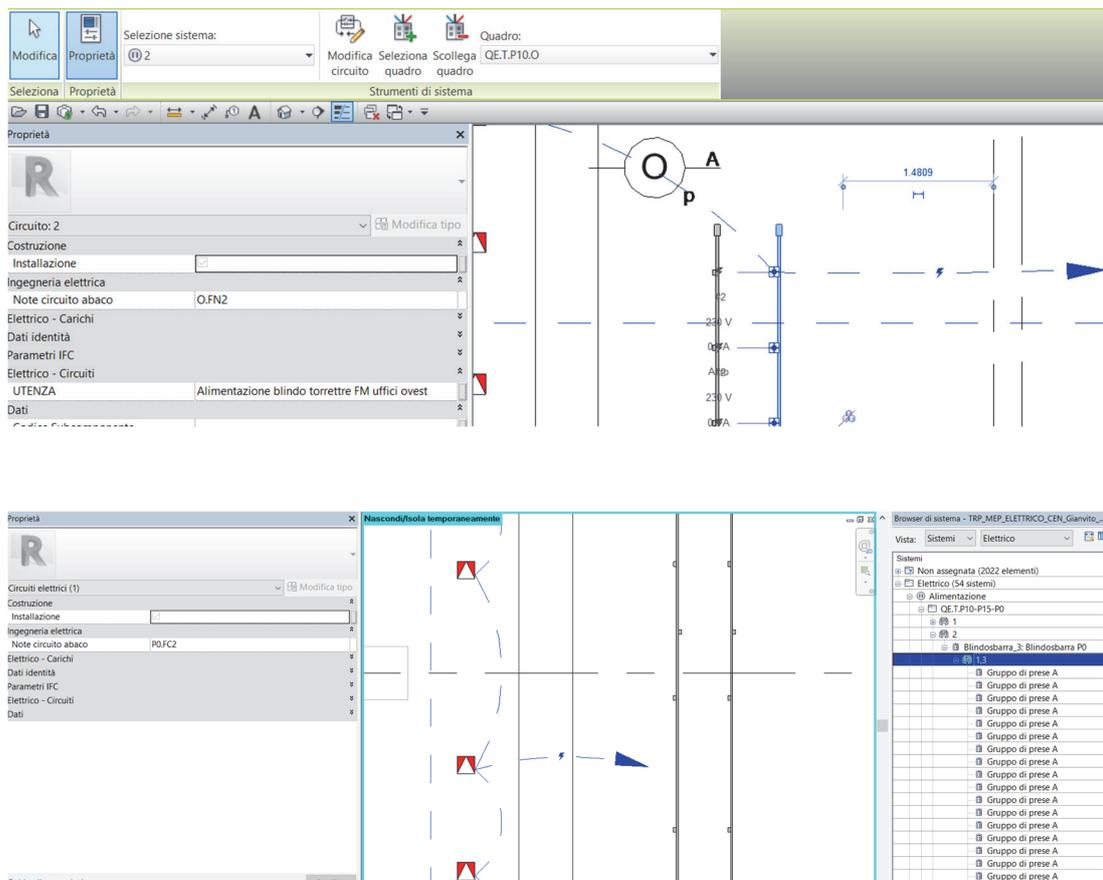


Figura 4-25 Circuito del gruppo prese, collegate alle blindosbarre, e al quadro in sezione di continuità

5. Gestione dei dati con Dynamo

5.1. *Introduzione al database Revit e al visual programming Dynamo*

Nel contesto descritto ed ampiamente dettagliato sin ad ora, si nota la centralità dei dati e delle informazioni. A partire dal nome, questa metodologia infatti pone al centro, per sottolinearne l'importanza, le informazioni. Con il cambio di paradigma nell'approccio alla progettazione i dati che erano secondari in certi aspetti e fasi divengono equipollenti alle informazioni grafiche e visive. Essendo un modello BIM un contenitore di informazioni relazionate tra di loro, è opportuno focalizzarsi sulla creazione, distribuzione, condivisione, modifica, quindi in senso ampio la gestione dei contenuti informativi. Fermo restando che è essenziale inserire le informazioni degli elementi contemporaneamente alla loro creazione, è anche naturale che diversi dati vengano implementati ed aggiunti col tempo, ovvero con l'avanzare della definizione della progettazione e delle fasi. È fisiologico che un certo tipo di informazione venga definita in fasi avanzate della progettazione e che quindi si necessita la creazione di opportuni parametri che vadano a contenere in modo strutturato le suddette aggiunte informative.

I dati e le informazioni all'interno dell'applicativo vengono memorizzati nei campi degli attributi denominati **parametri**; vi sono tre tipi di parametri, in ordine gerarchico essi possono essere: riferiti alle **famiglie**, riferiti ai **tipi**, riferiti alle **istanze**. Oltre ai parametri inseriti dal progettista in modo diretto, vi sono altre informazioni che sono intrinseche dell'elemento e che non vengono visualizzate direttamente, come per esempio la posizione nello spazio relativa al centro di progetto, il suo orientamento, il suo identificativo univoco ecc. È importante quindi andare a determinare dove si trova memorizzata all'interno dell'applicativo l'informazione o il dato che vogliamo modificare o estrarre. Spesso può capitare che questa informazione non sia così diretta o esplicita, e quindi andare a determinare a quale campo è associato un valore non è più banale, soprattutto se esso è frutto di un errore.

Per gestire al meglio questo tipo di informazioni bisogna entrare nella struttura del programma per identificare dove viene memorizzata una determinata informazione in modo tal da poterla richiamare, questa operazione in generale viene effettuata tramite delle **API**. Le Application Programming Interface sono un insieme di procedure e strumenti disponibili ai programmatori per effettuare determinati compiti all'interno del programma. Quindi sostanzialmente un modo per poter interagire con il programma alternativo a quello usale. Uno strumento molto potente e comodo che si presta benissimo come base per lo sviluppo di API e di approcci alternativi alla tipica modifica e lettura dei parametri è RevitLookup, un modulo aggiuntivo open source. Esso è uno strumento esplorativo del database BIM di Revit, che permette di vedere e navigare le proprietà e le relazioni degli elementi all'interno del modello. Dopo aver selezionato un elemento si lancia il comando Soop Object e si apre la relativa interfaccia grafica, Figura 5-1.

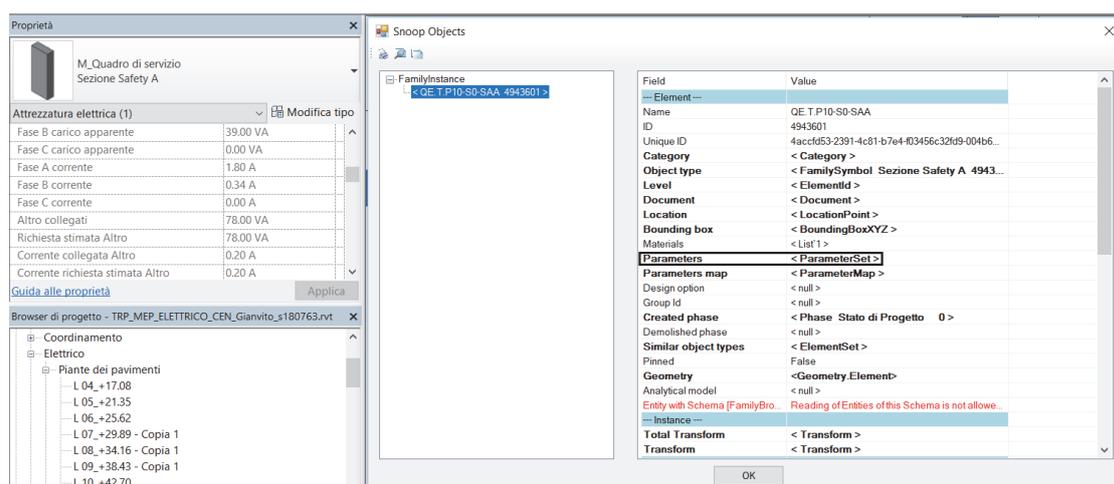


Figura 5-1 Interfaccia Snoop Object di RevitLookup - Navigazione database di Revit

Cliccando per esempio sul campo Parameters vengono elencati tutti i parametri accessibili tramite API con notevoli e differenziate informazioni al riguardo, Figura 5-2.

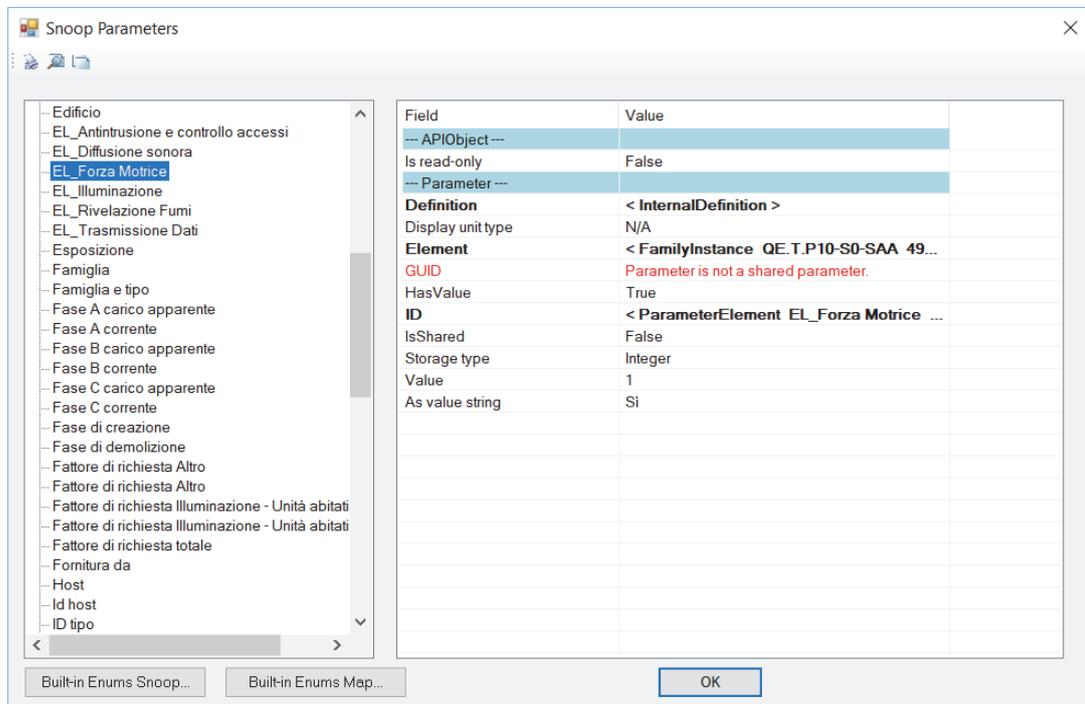


Figura 5-2 Interfaccia Snoop Parameters di Snoop Object - Revit Lookup

Con questo strumento è possibile identificare dove è memorizzato un particolare dato tra tutti i suoi parametri in modo tale da poterlo modificare, altre informazioni molto importanti che possono essere reperite sono la sua modificabilità, il tipo di valore del parametro, se è un parametro condiviso ecc.

Uno metodo utilizzato per gestire le informazioni è stato l'utilizzo del software di programmazione visiva **Dynamo**. Esso è un'interfaccia di programmazione grafica che consente di personalizzare il flusso di lavoro all'interno dell'applicazione Revit, esso infatti è un modulo aggiuntivo di programmazione per la progettazione computazionale gratuito ed open source che di default è già installato. Di fatto permette di programmare nel linguaggio Python interpretato da Revit utilizzando dei 'nodi' che non sono altro che pezzi di codice che eseguono specifici compiti, fornendo i corretti input ai nodi essi restituiscono i relativi output dopo aver eseguito quella parte di codice; dopo di che essi possono essere utilizzati in altri nodi come input a cascata o

possono essere gestiti direttamente in Revit o utilizzati in altri programmi. Questa procedura del comporre i nodi e collegare gli input corrisponde alla creazione di uno script. Dynamo permette di creare nuovi flussi di lavoro che consentono di gestire in modo alternativo i dati, permettendo per esempio l'input diretto da un file Excel esistente, o la compilazione automatica di determinati parametri secondo condizioni definite. Dynamo consente la creazione di soluzioni efficaci e flessibili a problemi operativi tra i quali la compilazione ripetitiva di un elevato numero di parametri, la selezione di elementi, la loro classificazione ecc.

5.2. Script Abaco Porte

Dynamo è stato utilizzato per compilare in modo uniformato i valori dei campi necessari a formare l'abaco delle porte del modello architettonico poiché esso aveva delle precise esigenze con molti parametri da compilare. Dopo aver analizzato le richieste della committenza per conformare l'abaco delle porte è stato affrontato il lavoro differenziando l'approccio in base alle tipologie di informazioni che andavano compilate. Avendo opportunamente modellato le famiglie, le stesse sono state nominate secondo le esigenze ed in seguito sono stati aggiunti svariati parametri e con uno apposito script di Dynamo Figura 5-3 sono stati compilati i campi.

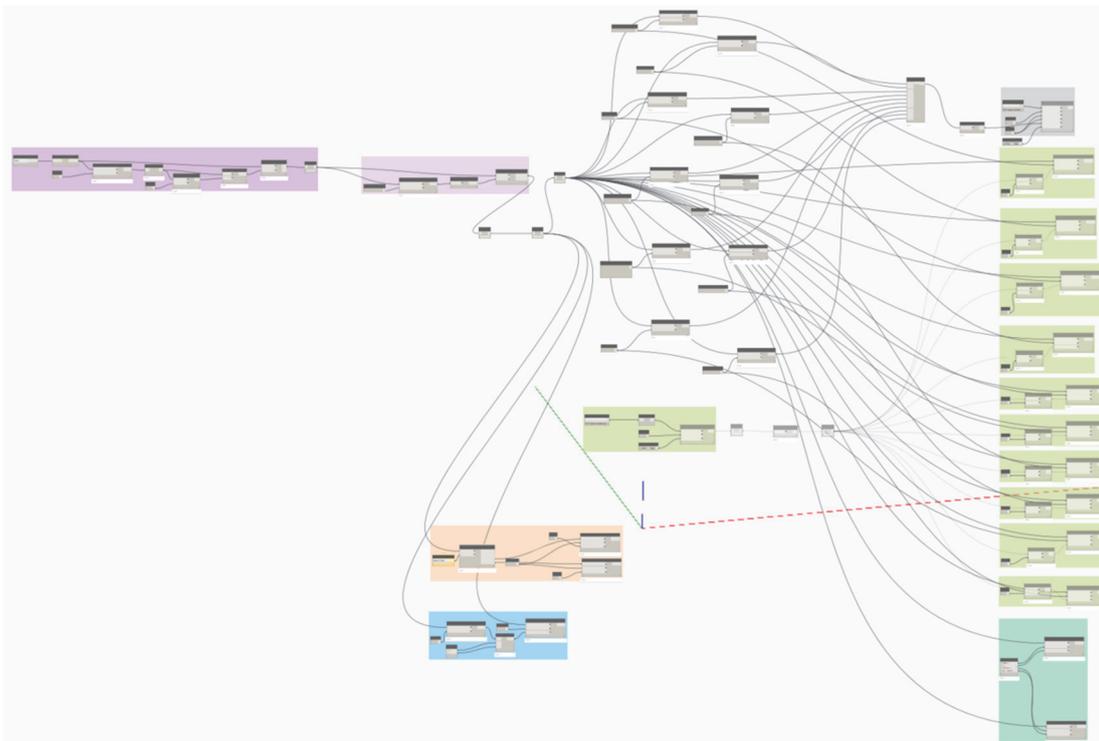


Figura 5-3 Script Dynamo Abaco porte completo

Il primo blocco in viola è quello che definisce gli input, ovvero seleziona tutti gli elementi appartenenti alla categoria porte che risiedono nel Livello 10, Figura 5-4.



Figura 5-4 Script Dynamo porte - Input

Il secondo blocco viola, Figura 5-5 serve ad elencare tutti gli elementi selezionati in modo da poterli gestire in un momento successivo, poiché bisogna evidenziare che la lista degli elementi selezionati, anche se non cambia in modo complessivo a livello di contenuto, cambia come ordinamento ogni qual volta che viene eseguito lo script. Per far ciò è stato scelto l'utilizzo del parametro di istanza COD_NUMERAZIONE, un parametro definito dalla codifica di Torre Regione Piemonte, che è stato associato agli elementi una volta posizionati.

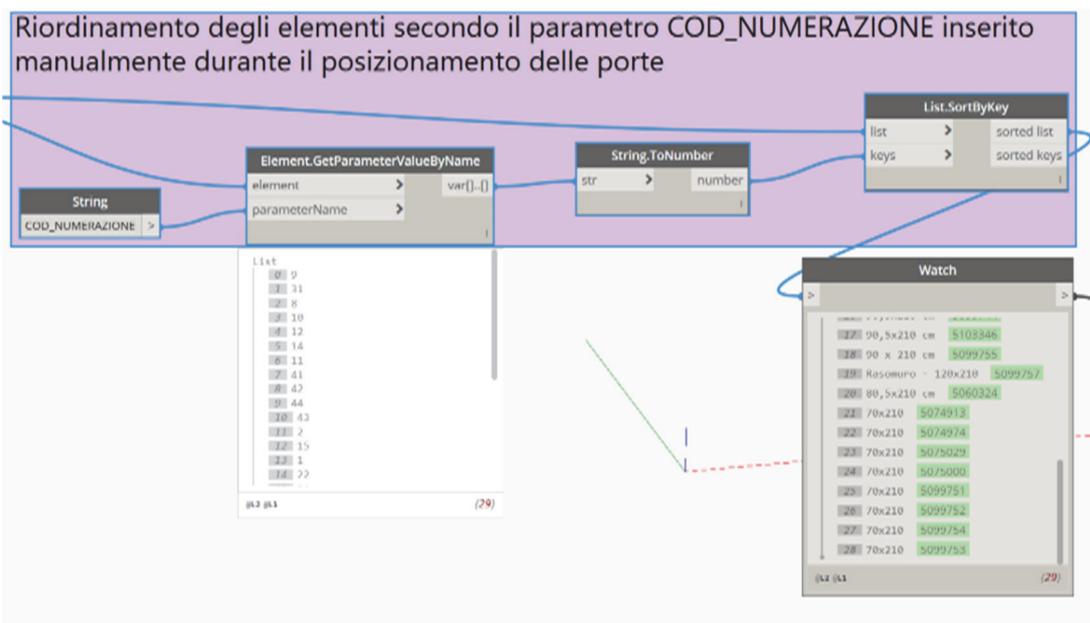


Figura 5-5 Script Dynamo porte - Ordinamento

Selezionati tutti gli elementi si ottengono tutti i parametri da dover scrivere tramite Excel. Per far sì che la scrittura del file avvenga in modo corretto, prima vengono letti

i valori dei campi dei parametri interessati, raggruppati in un'unica lista e scritti su un foglio Excel, Figura 5-6. In questo modo si è certi che la formattazione dei campi sia corretta poiché Dynamo ottiene il formato da Revit e di conseguenza formatta opportunamente le celle Excel; questa procedura è stata aggiunta per rendere più robusta la procedura dato che un errore nella formattazione delle celle Excel è tale da inficiare il risultato.

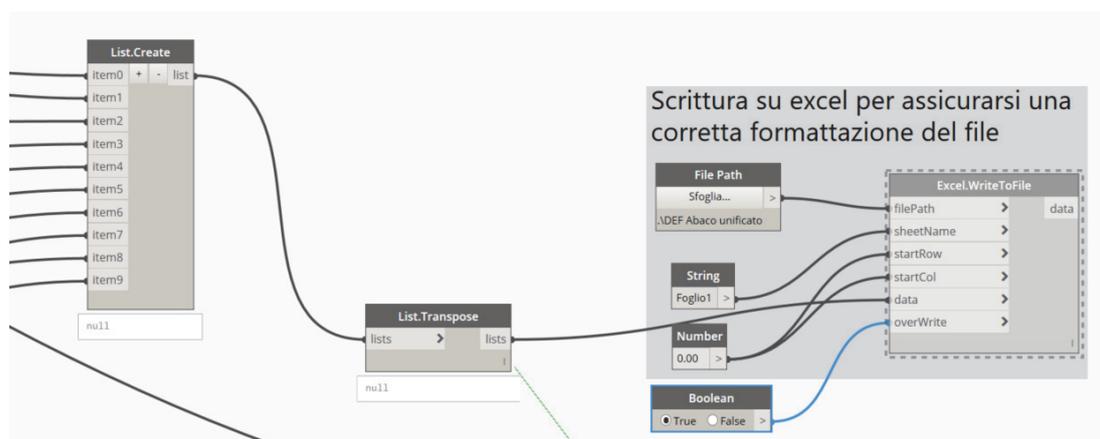


Figura 5-6 Script Dynamo porte - Scrittura su Excel

Una volta creato e formattato in modo corretto il file Excel si procede alla apertura del file stesso e si copiano ed incollano in questo file tutti i valori dei 10 parametri per tutte le 29 porte, avendo ordinato gli elementi secondo l'ordinamento già utilizzato da TRP le colonne Excel corrispondono ai parametri e le righe agli elementi quindi con un unico copia-incolla in Excel e l'utilizzo di questa parte di script si riescono a compilare 290 campi in un'unica operazione. Nella Figura 5-7 parte sostanziale dello script ovvero l'impostazione dei parametri precedentemente dichiarati degli elementi selezionati; lo script imposta i valori ricavati dalla lettura del file Excel. Nella prima parte della Figura 5-7 si richiama il file Excel, nella parte centrale esso viene trasposto in modo da far coincidere ogni colonna con un parametro, che in seguito nella parte finale viene inserito come input nel valor da impostare richiamato dal suo numero indice, coincidente col numero item della Figura 5-6, in questo caso il 5.

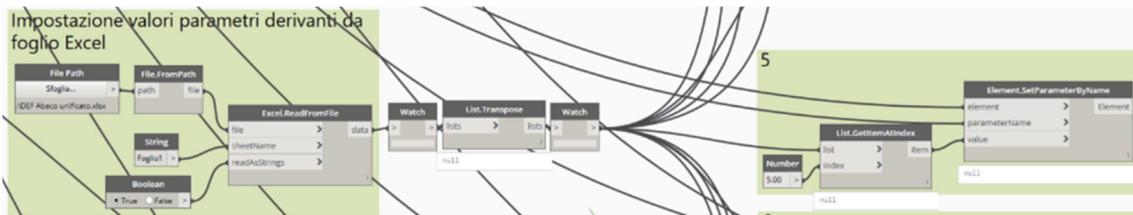


Figura 5-7 Script Dynamo porte - Impostazione parametri da valori Excel

Lo script è poi composto da altre sezioni, la Figura 5-8 serve ad impostare a tutti gli elementi il medesimo valore di due parametri.

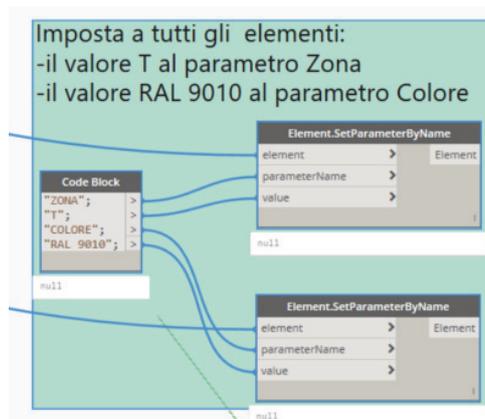


Figura 5-8 Script Dynamo porte - Impostazione parametri uguali

Nella Figura 5-9 lo script va a reperire l'informazione riguardante la direzione di apertura della porta e ne assegna i rispettivi valori SX per sinistra e DX per destra. Essendo questa un'informazione intrinseca dell'oggetto posizionato l'utilizzo di Dynamo in questo caso è stato indispensabile poiché questo tipo di informazione era localizzato nei valori FacingFlipped ed HandFlipped che sono stati richiamati utilizzando le librerie ProtoGeometry delle API di Revit tramite un apposito script Python.

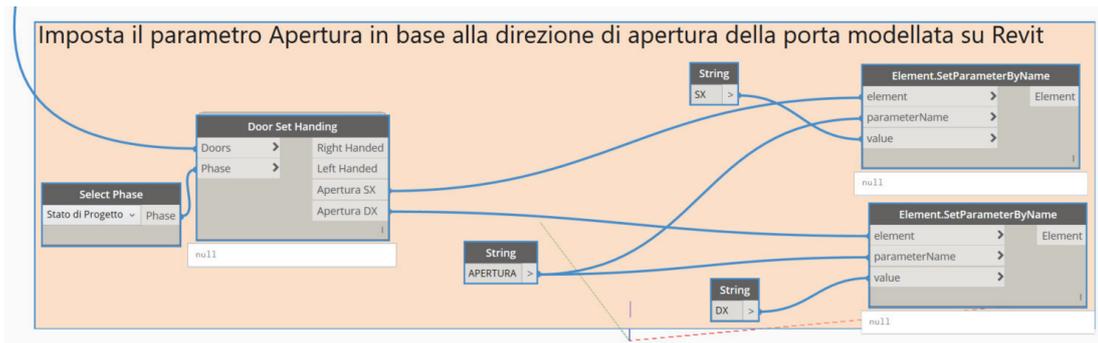


Figura 5-9 Script Dynamo porte - Direzione apertura

Infine la porzione raffigurata in Figura 5-10 imposta il valore asterisco al parametro COD_REI se la porta ha il flag positivo per il parametro antincendio REI 120. Questo a primo impatto può sembrare una ridondanza di informazioni, ma il motivo nasce dal fatto dell'esigenza di avere un parametro relativo alla resistenza al fuoco che possa comparire nelle etichette, e che fosse identico a quello utilizzato da TRP.

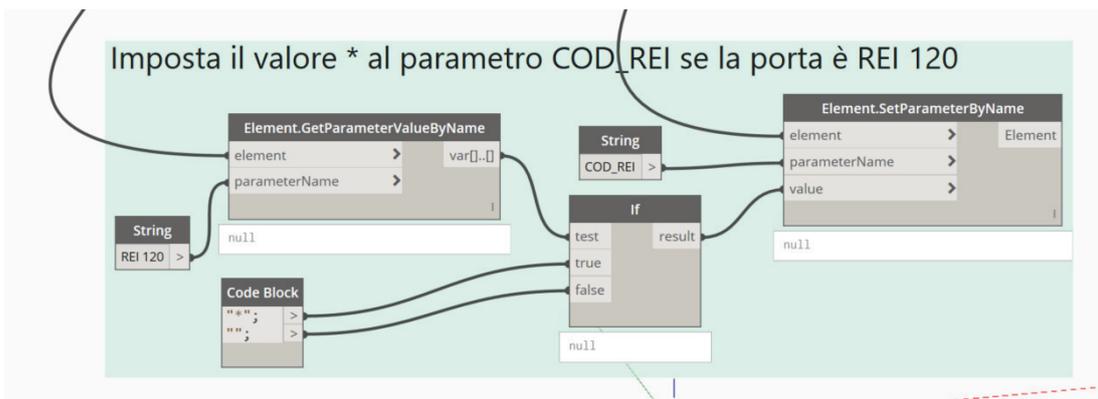


Figura 5-10 Script Dynamo porte - Parametro REI 120

5.3. Script modello elettrico

Nel modello elettrico Dynamo è stato utilizzato in modo esteso con diversi obiettivi. Sebbene il principale utilizzo nel modello architettonico fosse stato quello di automatizzare la compilazione di una grossa mole di dati in un unico procedimento l'utilizzo con il modello elettrico è stato diverso poiché diverso è stato l'approccio. Sono stati infatti utilizzati tanti e diversi script, anche di esigue entità ma che fossero specifici di volta in volta alle esigenze. I principali usi sono stati quello di selezionare con maggiore velocità e sicurezza del risultato gli elementi per poi poterne gestire i parametri, un altro utilizzo molto comodo è la possibilità di isolare gli elementi, dopo averli opportunamente filtrati, per poterli visualizzare e gestire con più facilità.

5.3.1. Cavi passerelle

Durante il processo di modellazione delle passerelle portacavi è stato assegnato il nome del tratto corrispondente secondo la codifica espressa nelle tavole di progetto CAD. È stato utilizzato poi questo dato per identificare il tratto corretto ed assegnare le informazioni relative al contenuto di cavi alle stesse. I cavi contenuti all'interno delle passerelle di distribuzione sono informazioni molto importanti poiché determinano in quale passerella è stato cablato un determinato circuito, e sono quindi informazioni essenziali alla base di ogni tipo di intervento.

Lo schema delle dorsali raffigura la distribuzione delle passerelle, dove abbiamo in alto cerchiato il nome del tratto delle passerelle e nelle relative tabelle sottostanti i tipi di cavi ed i nomi dei circuiti:

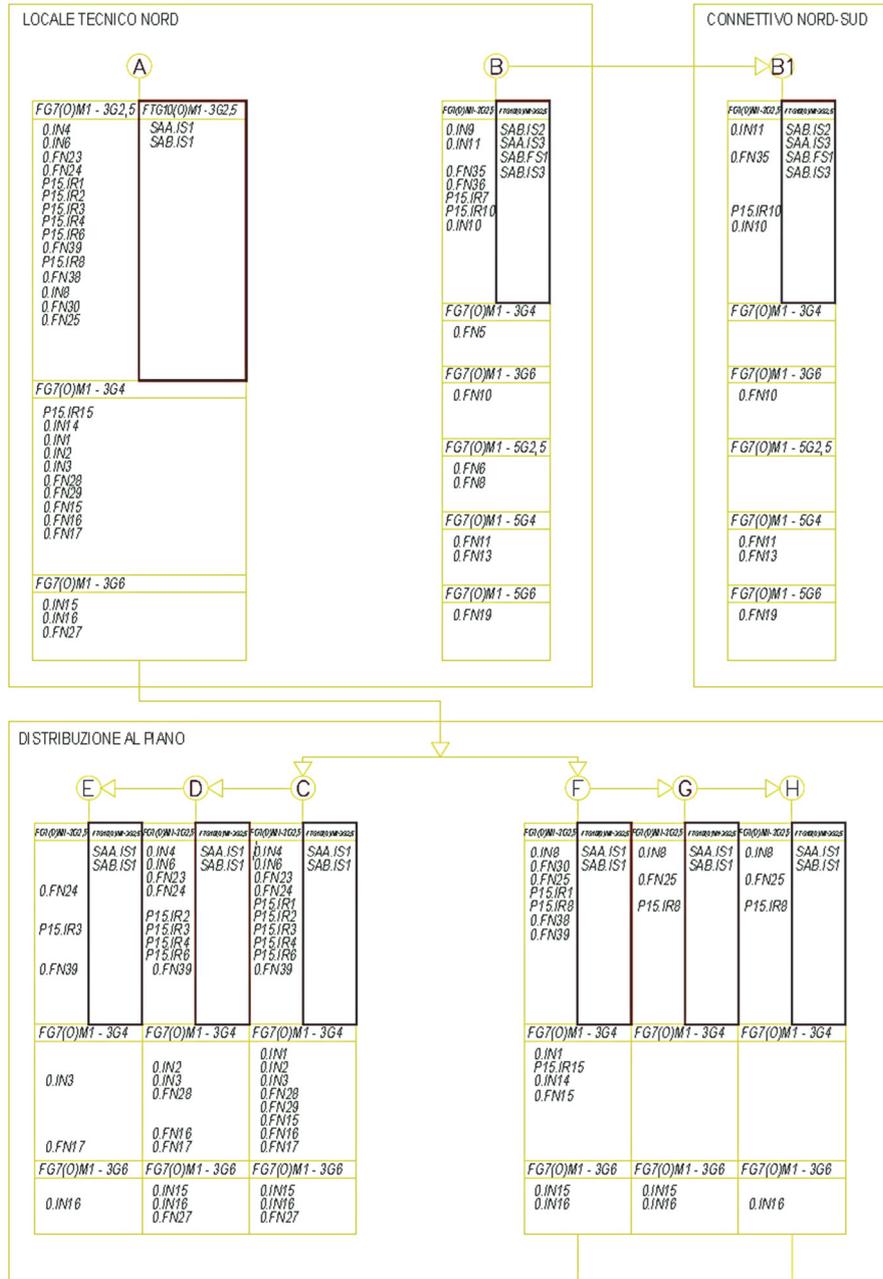


Figura 5-11 Schema dorsali di distribuzione Tatto-Cavi

Queste informazioni sono state tradotte nel modello BIM con l'utilizzo dello script raffigurato nella Figura 5-12 riportato di seguito.

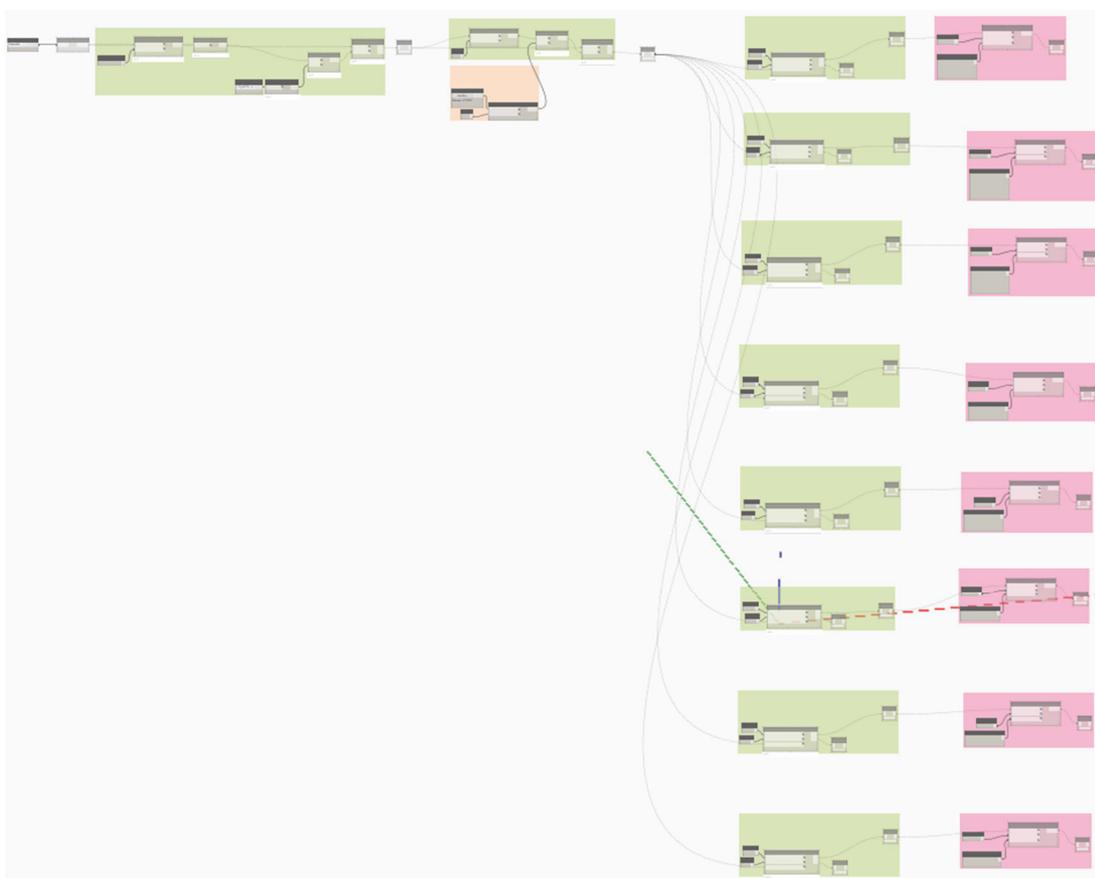


Figura 5-12 Script Dynamo passerelle portacavi

I blocchi in verde servono ad effettuare dei filtri, in particolare il primo, in alto a sinistra, filtra tra tutte le passerelle del progetto quelle relative ad un piano in particolare, in questo caso il livello 10.

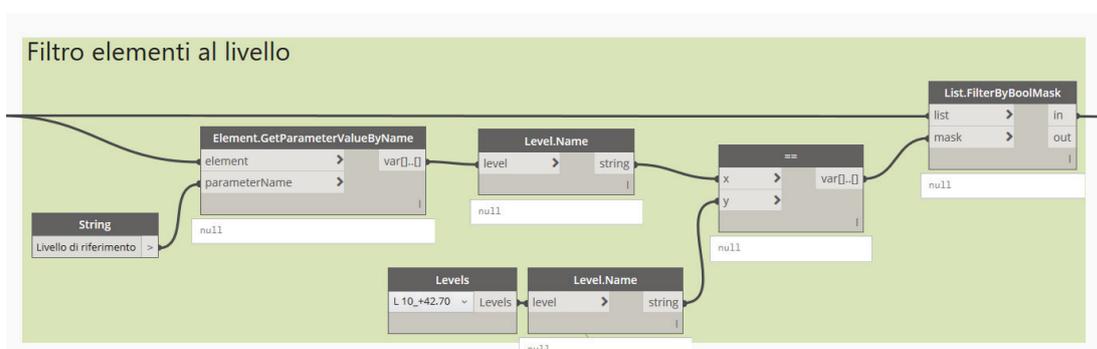


Figura 5-13 Script Dynamo - Filtro elementi a livello

Nel progetto, ad ogni piano sono presenti le dorsali di distribuzione a pavimento ed a soffitto, quindi per discernere tra questi viene applicato un filtro in base all'altezza di posizionamento, ovvero il parametro offset. Notare che in questo caso il filtro applicato è opposto a quello normalmente utilizzato. Nella Figura 5-14 il nodo 'x è uguale ad y?' verifica la corrispondenza tra due valori e ritorna una variabile booleana: **true** in caso positivo e **false** in caso negativo. Il nodo 'List.FilterByBoolMask' filtra una lista di elementi in base ad una condizione booleana e li divide in due liste, una contenente tutti gli elementi true (**in**) ed uno con tutti gli elementi false (**out**). Poiché serviva selezionare le passerelle a soffitto, che hanno altezze diverse con cambi di quota, è stata scelta come lista di input per i passaggi successivi quella corrispondente al filtro out, ovvero applicando come filtro l'altezza delle passerelle a pavimento (gruppo color salmone) si utilizza la lista contiene tutte le passerelle che hanno altezza differente da quelle a pavimento.

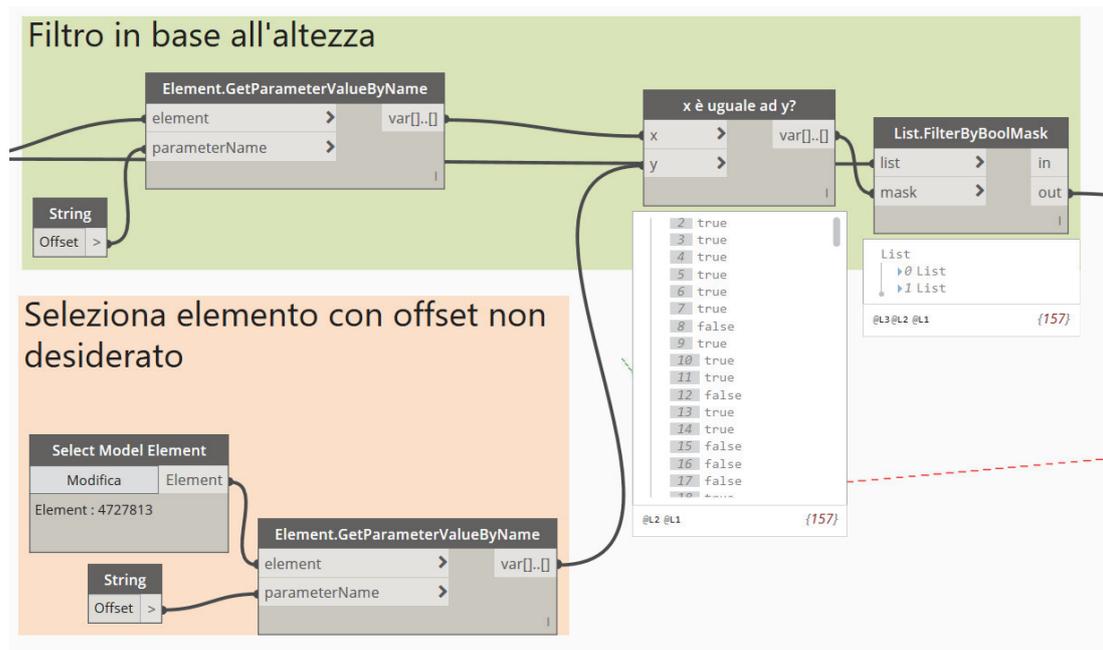


Figura 5-14 Script Dynamo - Filtro passerelle offset

Infine l'ultima parte dello script, ripetuta per ogni tratto come si evince dalla Figura 5-12, filtra le componenti relativo al tratto in questione e ne imposta il parametro con una stringa scritta in base alle informazioni prese dallo schema delle dorsali di distribuzione.

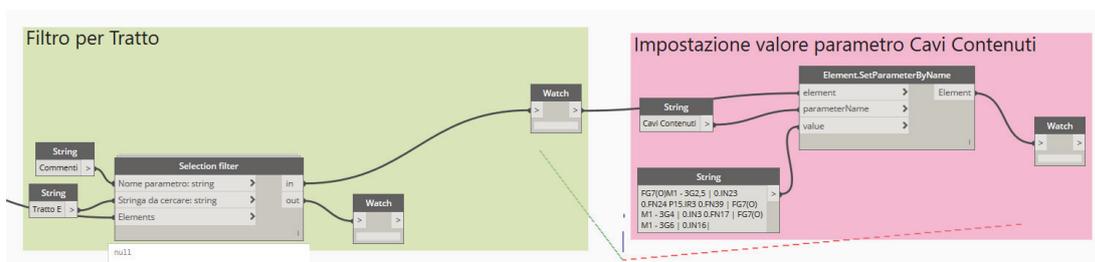


Figura 5-15 Script Dynamo -Filtro più impostazione parametro passerelle

5.3.2. Impostazione parametri IFC

La stessa struttura iniziale dello script del paragrafo precedente in Figura 5-12 è stata utilizzata per impostare i parametri di esportazione IFC relativi alle passerelle porta cavi. In particolare per questo tipo di elemento l'entità associata al parametro tipo IFCExportAs è IfcCableSegment, e per l'enumerazione tipo, parametro di istanza ICFExportType, CABLELADDERSEGMENT, ovvero porta cavi sospesi con tiranti; mentre per quelli a pavimento si utilizza l'enumerazione CABLETRAYSEGMENT. I nodi aggiuntivi collegati dunque nella parte finale sono raffigurati nella Figura 5-16 sottostante.

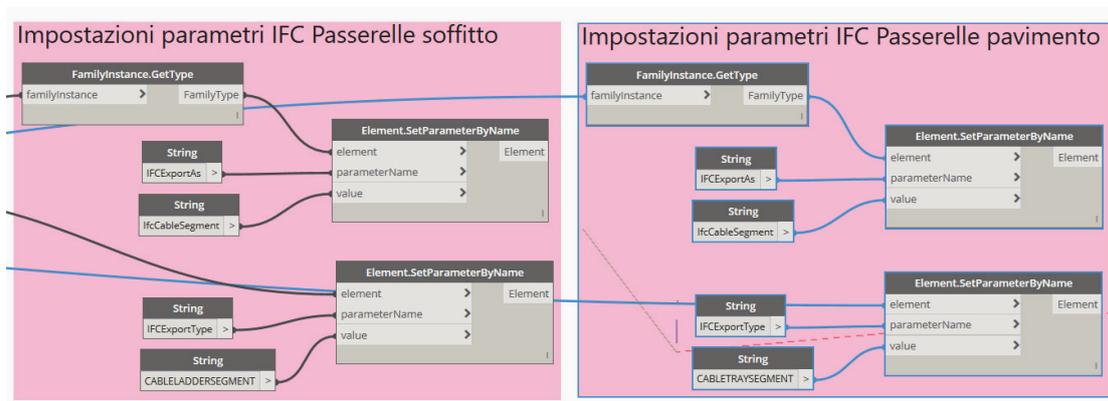


Figura 5-16 Script Dynamo - Parametri IFC passerelle

I nodi per impostare i valori dei parametri IFC, chiariti in dettaglio nel capitolo successivo, sono stati utilizzati più volte per definire i vari valori. Andando a cambiare di volta in volta il contenuto da impostare, ovvero le **stringhe** collegate al **value**, in base agli elementi selezionati.

5.3.3. Apparecchi di illuminazione

Lo script per gli apparecchi di illuminazione è stato utilizzato per raggruppare i diversi tipi di apparecchi e poterli gestire di conseguenza più facilmente. Le operazioni eseguite sono state sia di verifica e controllo (host, offset, workset, ecc) che di impostazione. Per gli apparecchi di illuminazione è stato impostato il parametro **IfcLightFixture** al parametro tipo per l'esportazione IFC **IFCExportAs** e per l'enumerazione del parametro **IFCExportType**, relativo all'istanza, vi sono tre diverse differenziazioni:

- Apparecchio di illuminazione rotondo con sorgente puntiforme: **POINTSOURCE**
- Apparecchio di illuminazione ottica lamellare con sorgente estesa: **DIRECTIONSOURCE**
- Apparecchio di illuminazione di sicurezza: **SECURITYLIGHTING**

Nello script in Figura 5-17 è raffigurata la suddivisione degli apparecchi di illuminazione, in verde abbiamo i filtri per raggruppare le diverse tipologie di apparecchi, ed in rosa le impostazioni dei parametri IFC come già descritti in precedenza.

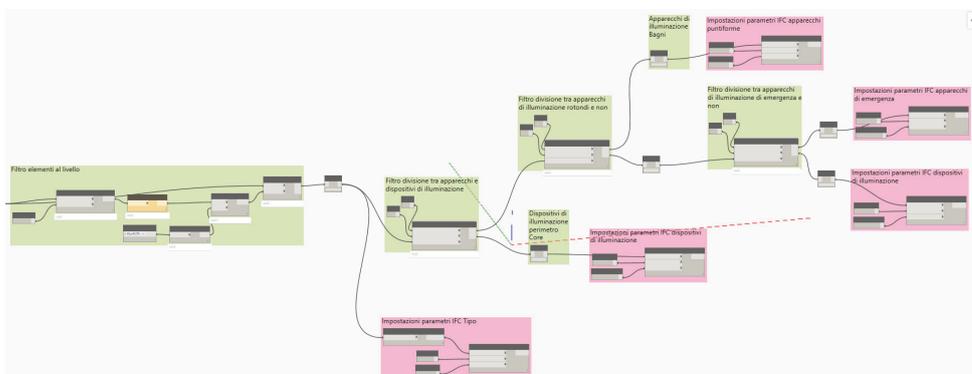


Figura 5-17 Script Dynamo - Apparecchi di illuminazione

Questi raggruppamenti sono stati molto comodi ed utilizzati in modo vario, lo script di Dynamo infatti va inteso come uno strumento in continuo cambiamento, essendo uno strumento esso cambia e si adatta alle esigenze del momento, in genere quindi dei nodi, o gruppi di nodi, vengono scollegati e sostituiti da altri piuttosto che creare dei nuovi script da zero. Questo procedimento potrebbe essere criticato da parte di informatici programmatori che strutturano in modo diverso il loro lavoro, ma la sostanziale differenza sta che in questo caso la programmazione deve rispondere in modo veloce a criticità momentanee e non a problemi strutturali. A titolo di esempio si presenta uno zoom dello script in Figura 5-17 relativo alla suddivisione delle luci di emergenza da quelle di illuminazione ordinaria (gruppo verde) e le corrispettive impostazioni dei parametri IFC (gruppi rosa), Figura 5-18.

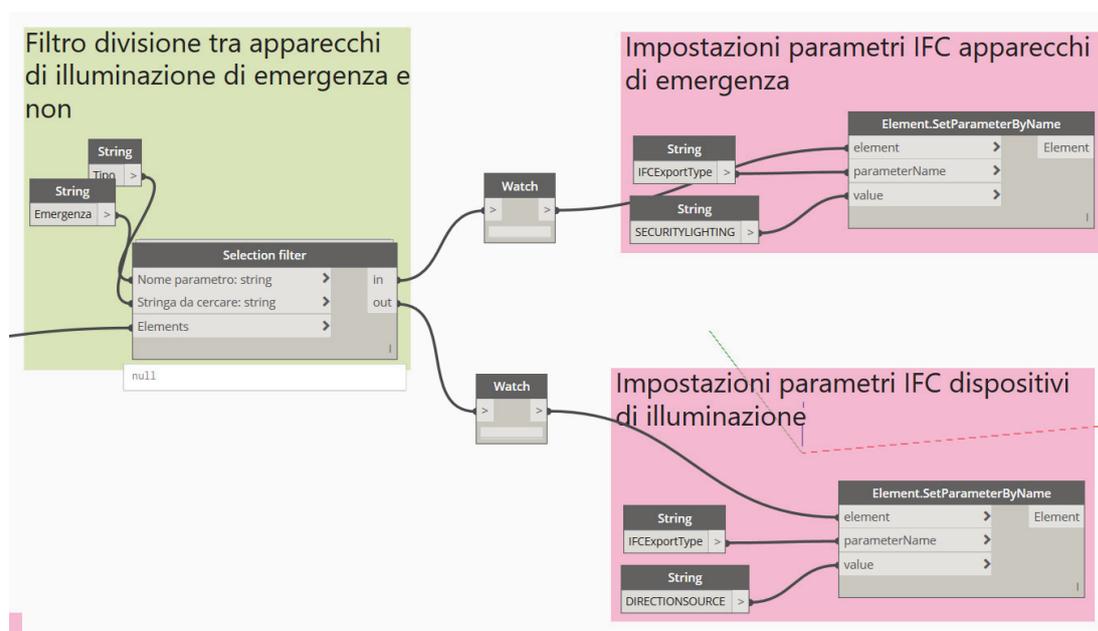


Figura 5-18 Script Dynamo - Filtro apparecchi di illuminazione di Emergenza

Un altro gruppo di nodi utilizzato sono stati quelli relativi alle impostazioni di parametri di istanza riguardanti le sotto categorie disciplinari della disciplina elettrica identificate in:

- EL_Antiintrusione e controllo accessi
- EL_Illuminazione
- EL_Forza Motrice
- EL_Trasmisione Dati
- EL_Diffusione Sonora
- EL_Rilevazione Fumi

Questi sono parametri di istanza, di tipo flag sì/no, quindi per ogni elemento va selezionata l'appartenenza alla categoria impostando il flag (spunta sul quadretto) , tale spunta nell'interfaccia grafica viene letta come un valore numerico, 0 per indicare no, e 1 per indicare sì. Il gruppo di nodi che è stato utilizzato sia per gli apparecchi di illuminazione che per altri elementi è rappresentato in

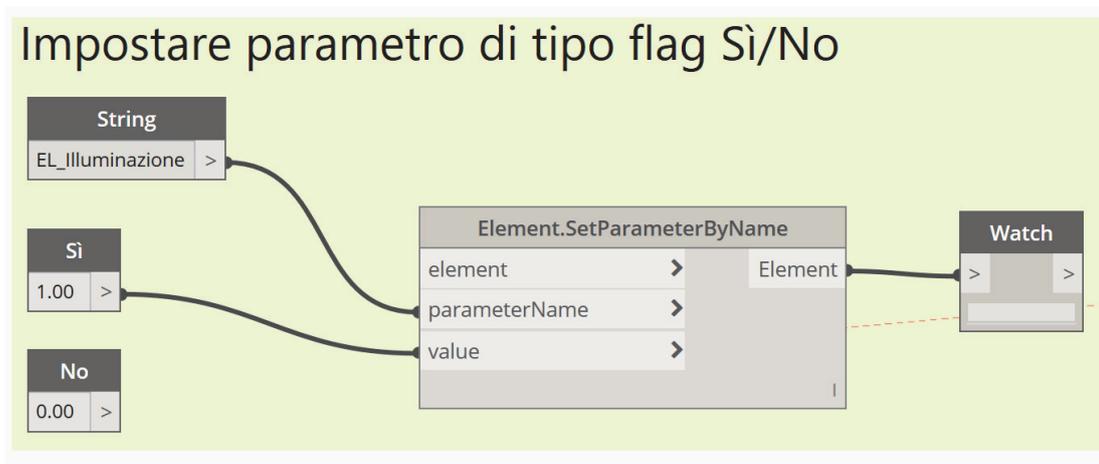


Figura 5-19 Script Dynamo per impostare parametro flag sì/no

5.3.4. Isolare elementi nella vista

Lo script in Figura 5-20 è molto comodo per selezionare velocemente degli elementi e visualizzarli in modo isolato.

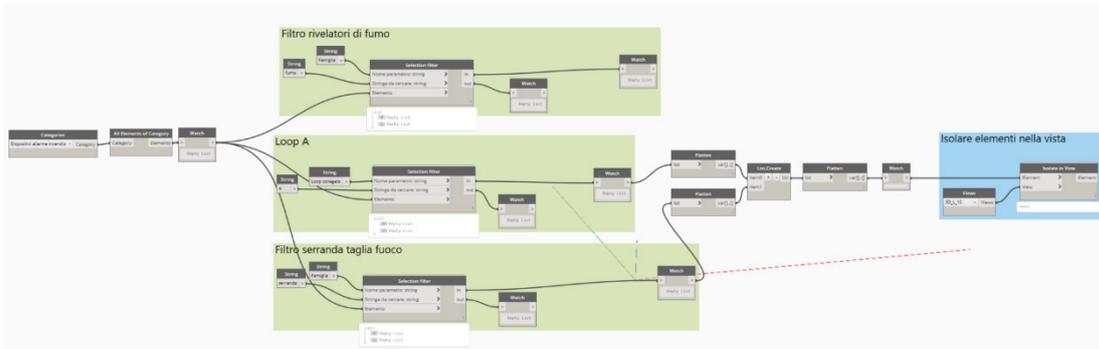


Figura 5-20 Script Dynamo - Elementi impianto rivelazione incendio

Nella prima parte si selezionano tutti gli elementi appartenenti ad una categoria, la parte centrale nei gruppi in verde si pongono dei filtri alla selezione per suddividere gli elementi, infine si collega al gruppo azzurro dove viene scelta la vista su quale isolare gli elementi tramite il nodo Isolate.In.View, Figura 5-21.

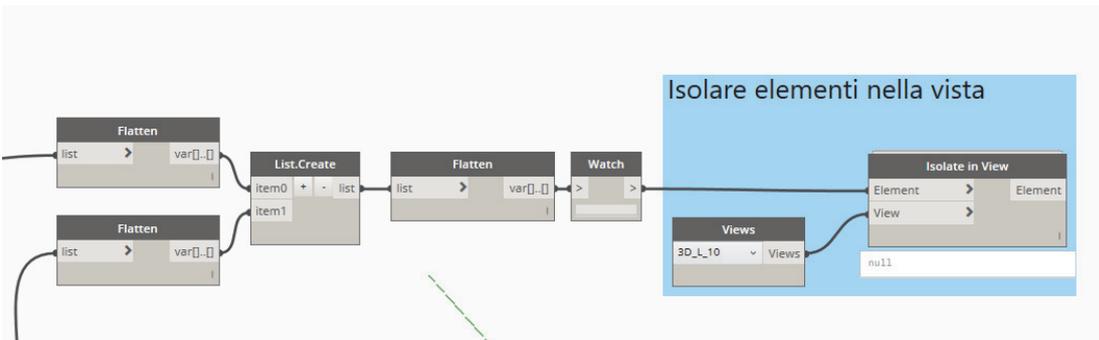


Figura 5-21 Script Dynamo - Isolare elementi in una vista specifica

6. Interoperabilità

6.1. *Il problema della comunicazione - The end of Babel*

“The Tower of Babel, one of the biggest construction projects undertaken. Designed to reach the heavens. But the engineers couldn't finish the job. Halfway through everybody working on the job was stricken with inability to understand what the other fella was saying. They were all still talking...

...but they weren't communicating.

That incident was supposed to have taken place in around 5,000 BC. And we've been trying to understand each other ever since.”

[4]

Inizia così un famoso video introduttivo che promuoveva l'adozione dello standard IFC; citando la costruzione biblica introduceva le problematiche relative alla **comunicazione** tra gli operatori del settore delle costruzioni. Il video promozionale risalente al 1994 continua sottolineando come l'evoluzione in tal senso ha provato a formalizzare procedure e codifiche per sopperire al problema, ma con scarsi risultati. L'avvento delle macchine, e della progettazione CAD ovvero assistita dai calcolatori ha solamente reso ancora più complessa l'operazione di scambio dei dati, dovuta ai tanti tipi di formato dei file e ad altre problematiche. Nel settore BIM le medesime criticità si stavano imponendo poiché ogni software house produceva formati proprietari che non erano capaci scambiare informazioni con altri applicativi. Con un'iniziativa privata, da parte di Autodesk una delle maggiori produttrici di software del settore AEC, l'**International Alliance for Interoperability** (IAI) diede inizio ad un tavolo di lavoro per la creazione di uno standard di scambio tra gli applicativi BIM che permettesse l'interoperabilità tra diversi software; l'inizio del lavoro fu appunto definito **The end of Babel**. In questo contesto l'**interoperabilità** è la capacità di un software di cooperare e scambiare informazioni con altri software o prodotti in maniera

più o meno completa e priva di errori, con affidabilità e con ottimizzazione delle risorse. L'obiettivo è quindi facilitare l'interazione fra i diversi software, che possono essere così più settoriali e specifici, nonché lo scambio e il riutilizzo di dati ed informazioni. Lo scambio dei dati può essere fatto tramite l'esportazione del modello in determinati formati (Figura 6-1), più formati sono disponibili per l'esportazione tanto più può essere definito interoperabile il software stesso; ma l'approccio seguito dal gruppo di lavoro prima menzionato che definì l'Industry Foundation Classes (IFC) fu quello di determinare un unico formato per l'interscambio di dati di ogni genere.

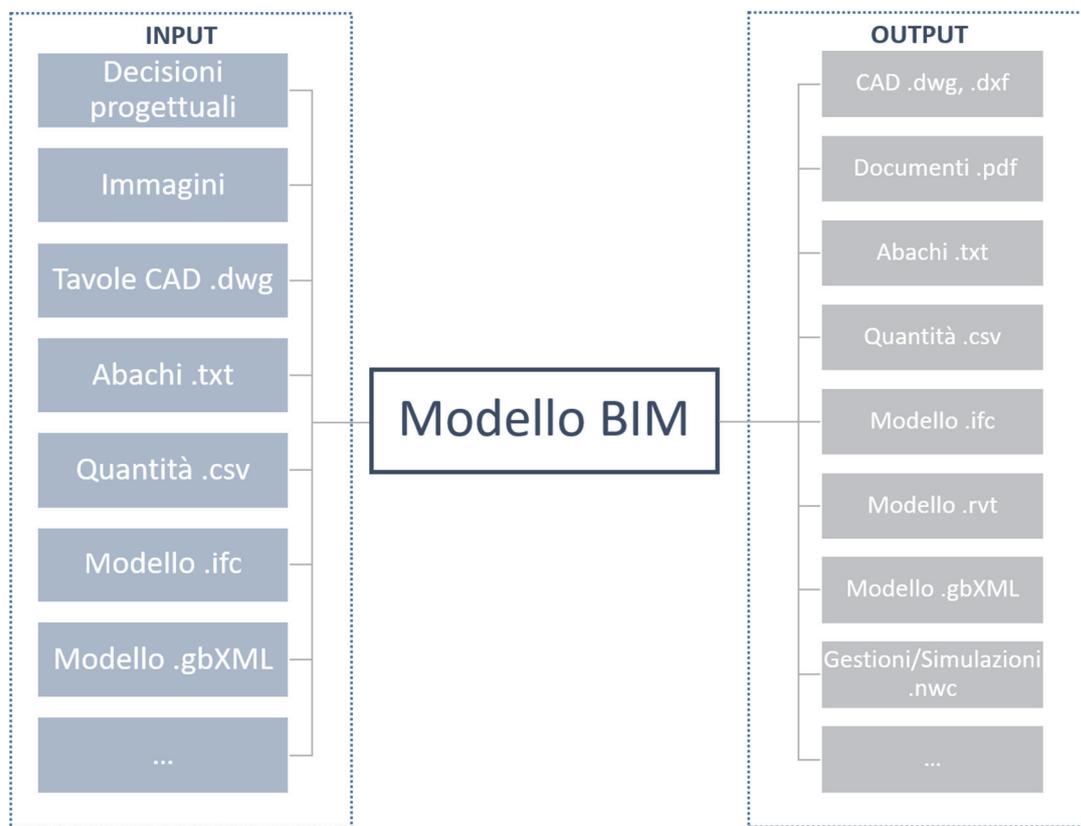


Figura 6-1 Schema scambio dati Input-Output BIM

6.2. Il formato di scambio IFC

Il gruppo di lavoro citato nel capitolo precedente IAI fondato nel 1994 si sviluppò ed ampliò i collaboratori sino a formalizzarsi come un'organizzazione non-profit di industrie, **buildingSMART**, il cui scopo è quello di migliorare lo scambio di informazioni tra i vari software utilizzati nel settore BIM. Tra gli obiettivi principali vi è l'adozione e la diffusione di standard che permettano la creazione di un **openBIM**, il mezzo utilizzato è quindi la formalizzazione di procedure e modelli di dati; per avere un riconoscimento adeguato il frutto del lavoro viene recepito dall'International Organization for Standardization (ISO), ente riconosciuto a livello internazionale.

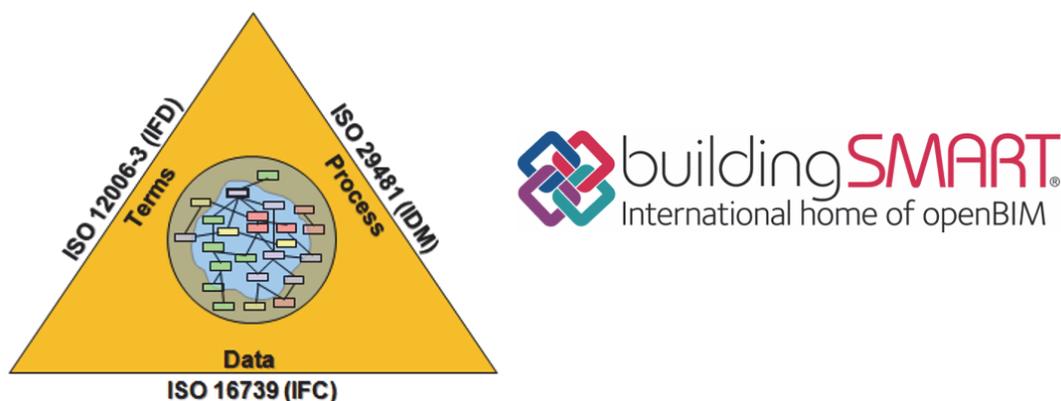


Figura 6-2 Standard prodotti e logo ufficiale di buildgSMART - www.buildingsmart-tech.org

Dal loro lavoro è nato il formato di scambio **Industry Foundation Classes (IFC)** che descrive i dati dell'industria delle costruzioni. L'IFC è l'unico standard internazionale completo per l'interoperabilità BIM, è stato scritto con il linguaggio di programmazione EXPRESS ed è normato dallo standard internazionale ISO 16739:2013. Il formato è stato aggiornato ed implementato diverse volte, attualmente si è giunti alla release Addendum 2 (2016) relativa alla major release IFC4 (Marzo 2013). Oltre alle informazioni geometriche il formato IFC è capace di trasferire informazioni relative ai componenti dell'edificio, le loro proprietà fisiche, le loro relazioni così come sono state definite nella fase di progettazione. Se non esistesse l'interoperabilità IFC tra gli applicativi BIM non sarebbe possibile, una volta costruito

il modello, estrarre i dati necessari per effettuare con i software dedicati le analisi energetiche, le analisi strutturali, i computi ecc,(Figura 6-3).

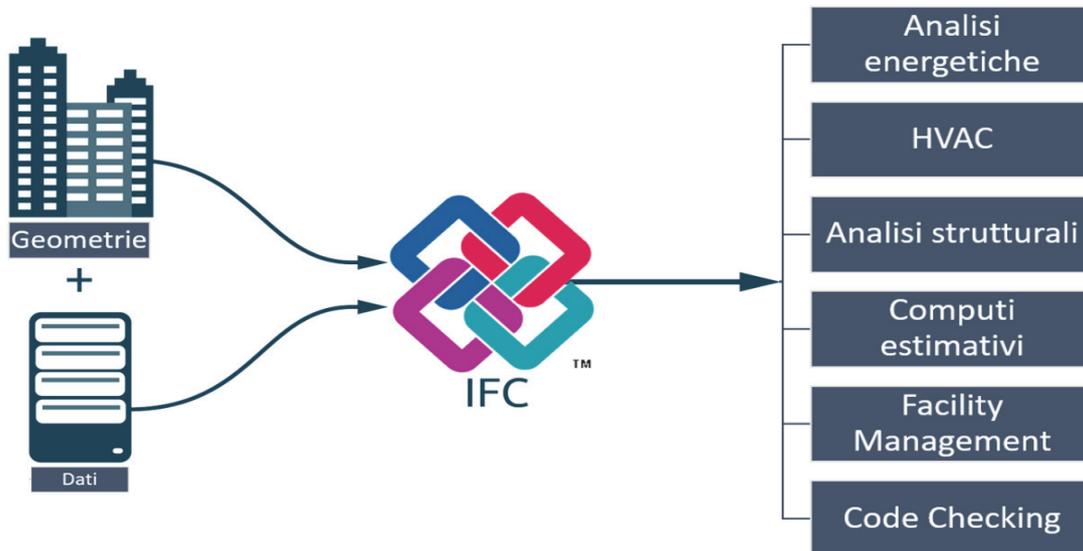


Figura 6-3 Schema concettuale interoperabilità tramite il formato IFC

6.2.1. Struttura e dominio IFC

La struttura del formato IFC ha quattro differenti livelli (Layer), nella Figura 6-4 sono evidenziati nel diagramma riassuntivo e di seguito vengono dettagliati:

- Domain Layer: è il livello più alto e contiene le entità che fanno riferimento alle diverse discipline:
 - IfcArchitectureDomain: oggetti base e concetti utilizzati nella disciplina architettonica, come porte, infissi, ecc.
 - IfcBuildingControlsDomain: raggruppa quegli elementi riferiti i concetti di automazione, controllo, strumentazione ed allarmi, come attuatori, sensori, pannelli di controllo ecc.
 - -IfcConstructionMgmtDomain: lo schema definisce le risorse e i concetti nella disciplina della gestione del processo costruttivo , quindi concetti come lavorazione, uomini impiegati, materiali utilizzati, apparecchiature necessarie, ecc.

- IfcElectricalDomain: il dominio raggruppa tutte le attrezzature ed elementi afferenti alla disciplina elettrica, come gli apparecchi di illuminazione, le passerelle porta cavi, i quadri elettrici, le scatole di derivazione, ecc.
- IfcHvacDomain: sono classificati tutti gli elementi necessari all'interoperabilità nel campo del riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria; in dettaglio lo schema specifica quali attrezzature fanno parte del dominio, esplicitando come alcune componenti speciali vadano catalogate in altri domini, come per esempio i sensori per il controllo.
- IfcPlumbingFireProtectionDomain: nel dominio rientrano tutte le entità che fanno parte delle discipline idriche di protezione incendio, come per esempio le adduzioni idriche o gli impianti di estinzione incendi
- IfcStructuralAnalysisDomain: descrive gli elementi strutturali per fornire le caratteristiche e le informazioni relative al campo dell'ingegneria strutturale, in modo da poter eseguire le opportune analisi delle componenti strutturali.
- IfcStructuralElementsDomain: è un dominio aggiuntivo per fornire elementi differenti e più precisi rispetto a quelli disponibili nel dominio degli elementi geometrici generali, tra le entità nel dominio possiamo trovare i pali di fondazioni, travi, componenti di rinforzo, ecc.
- Interoperability Layer: concerne l'interoperabilità e lo scambio di dati tra le applicazioni. Definisce le entità più comuni che vengono scambiate tra progettisti ed attori del settore in discipline diverse, il modello dati più importante è quello IfcSharedBuildingElements che contiene le entità basilari come IfcWindow, IfcDoor, IfcWall, IfcSlab, IfcFloor.
- Core Layer: è il terzo layer della struttura dei dati IFCe rappresenta il modello di dati IfcKernel. Consiste nel nucleo e nell'estensione dello stesso dove vengono definite le entità e le radici tutte le classi definite al livello più alto. Consente di definire concetti come le radici delle entità, la proprietà e le loro relazioni.

- Resource Layer: definisce le proprietà per tutte le risorse utilizzate nelle classi di livello superiore, quindi quantità, tempo, costo. Questo livello è costituito da diversi modelli di dati utilizzati per assegnare valori ed attributi al tipo predefinito.

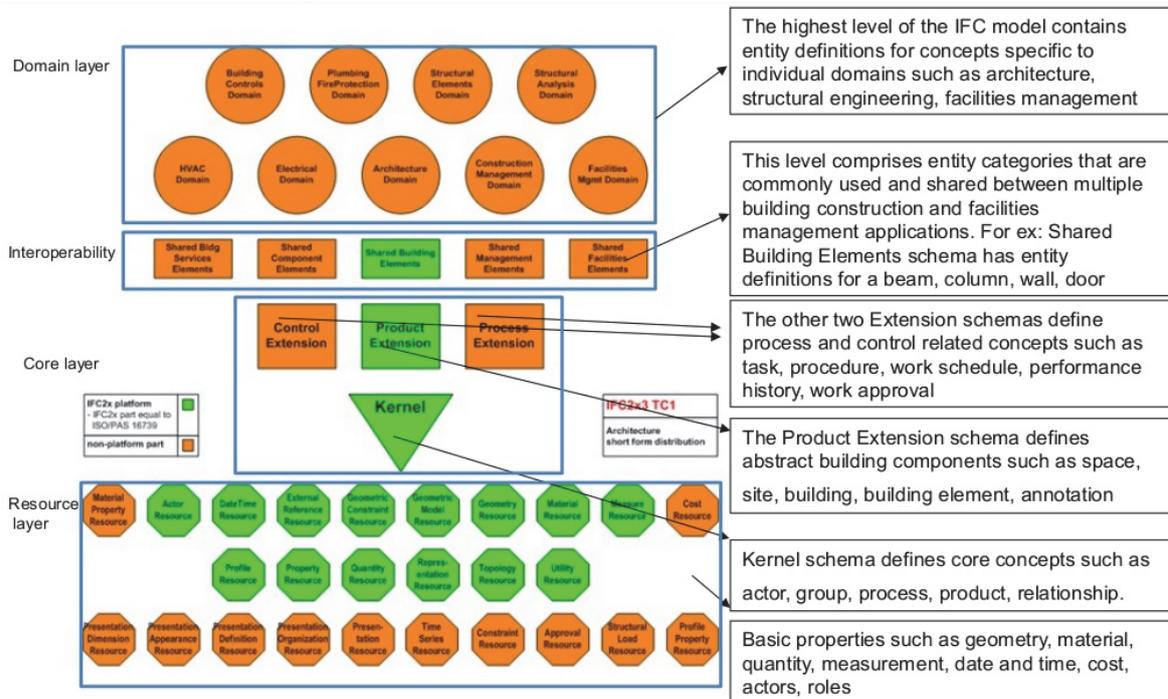


Figura 6-4 Diagramma architettura del dato del formato IFC - Fonte: Verwaltung und Qualitätssicherung von BIM-Modellen via IFCWebServer.org Data Server

6.3. Esportare in IFC

Il mondo collaborativo del BIM porta ad una continua **interazione** tra attori di diversa natura che coadiuvano i loro prodotti per ottenere un lavoro integrale finale che possa rispondere alle esigenze di tutte le discipline. Bisogna evidenziare però che anche se nel tempo come descritto le possibilità di interoperabilità siano aumentate e migliorate tuttora non siamo comunque giunti ad un livello ottimale. I progettisti infatti riscontrano notevoli difficoltà nei passaggi di **importazione/esportazione** dei file in formato IFC e nella successiva importazione/esportazione da/nei software utilizzati. I problemi più comuni sono relativi alla perdita di informazioni durante il passaggio di

formato cosa non dovrebbe accadere affinché l'utilizzo di questo formato abbia il futuro auspicato. Questo problema deriva dal fatto che i software di modellazione BIM continuano a preferire la modellazione in formati proprietari, mettendo in secondo piano, come opzione aggiuntiva, la possibilità dell'utilizzo del formato IFC. Ne consegue che anche se il software permette di esportare in formato IFC la procedura non è comunque immediata e deve essere governata opportunamente. Di fatto le procedure, che possono essere schematizzate nella **richiedono competenze specifiche nella dichiarazione manuale dei campi che non vengono esportati correttamente. La procedura che definisce la corrispondenza tra le tipologie di elementi nel formato nativo proprietario e quello IFC si chiama **IFC mapping**; consente dunque per esempio di associare a quale tipo di classe deve essere trasformata un entità geometrica e a quale tipo di parametro un valore deve corrispondere. Questo passaggio è molto delicato e porta con se notevoli difficoltà che derivano dalla scarsa conoscenza della struttura nel dettaglio del formato IFC da parte degli utenti che quindi portano ad incompletezza delle esportazioni. Le informazioni basilari sulle classi da cui partire per fare un corretto mapping sono i concetti di Entities e Type Enumeration. All'interno di ogni Dominio, descritto nel paragrafo 6.2.1, vi sono due ulteriori livelli concettualmente gerarchicamente dipendenti, le **Entities** sono classi che identificano una categoria all'interno del **Dominio**, per esempio la classe IfcOutlet consiste nelle prese di distribuzione in senso generale e fa parte del dominio IfcElectricalDomain; le IfcOutletTypeEnum sono le **Type Enumeration** ovvero l'elenco di sotto categorie disponibili all'interno della classe di prese, proseguendo con l'esempio portato avanti abbiamo dunque queste possibilità:**

IfcOutletTypeEnum	Descrizione
AUDIOVISUALOUTLET	Preso utilizzata per collegare un dispositivo audiovisivo
COMMUNICATIONSOUTLET	Preso utilizzata per collegare un apparecchio di comunicazione
POWEROUTLET	Preso utilizzata per collegare un generico dispositivo che necessita alimentazione elettrica
DATAOUTLET	Preso utilizzata per collegare dispositivi di comunicazione dati

TELEPHONEOUTLET	Presa per collegare un apparecchio telefonico
USERDEFINED	Definito dall'utente
NOTDEFINED	Non definito

Il mapping del file viene eseguito scrivendo un apposito file che descrive le associazioni già spiegate in precedenza, la procedura per comporre questo file può avvenire in diversi modi. Revit permette di farlo tramite un interfaccia grafica, ma per avere un controllo più approfondito sarebbe opportuno scrivere direttamente il file, ma ciò costringe l'utente ad utilizzare linguaggi di programmazione per andare a dichiarare ogni associazione; il metodo più comodo e spesso più consigliato è quello di aggiungere dei parametri alle famiglie. È consigliabile utilizzare questo metodo poiché permette di avere un controllo più diretto del mapping, poiché è possibile visualizzare immediatamente i parametri selezionando l'elemento per verificare a quale entità e tipo di classe IFC sia associato, e di conseguenza modificarlo all'occorrenza.

Per eseguire una corretta esportazione sono stati aggiunti dei parametri condivisi a tutte le categorie, e tali parametri sono stati compilati in base alle esigenze, dopo un'attenta lettura dello schema IFC per determinare le corrette classi nei domini. È stato inserito il parametro **IFCExportAs** associato al **Tipo** per definire le entità, ed il parametro **IFCExportType** riferito all'**Istanza** per definire l'enumerazione del type. Queste procedure sono state descritte, nel paragrafo 0 per quanto riguarda l'aggiunta dei parametri al progetto, e nel paragrafo 5.3 per quanto riguarda la loro compilazione tramite l'ausilio di Dynamo.

6.4. Piano di Manutenzione

Per redigere il piano di manutenzione in modo consistente con l'utilizzo del BIM è stato scelto di utilizzare un applicativo specifico della ACCA software. ManTus è un applicativo per la redazione del Piano di manutenzione dell'opera, documento obbligatorio del progetto esecutivo di opere pubbliche e di opere private per la parte

strutturale, la sua particolare funzionalità è quella di poter interagire con i software Authoring BIM. ManTus si interfaccia con gli altri software BIM tramite il plug-in ManTus-IFC che permette di utilizzare i modelli in formato IFC per produrre gli elaborati necessari. Il piano di manutenzione serve a prevedere, pianificare e programmare le attività di manutenzione per garantire nel ciclo di vita dell'opera le caratteristiche qualitative, l'efficienza, la funzionalità ed quindi preservarne il valore economico.

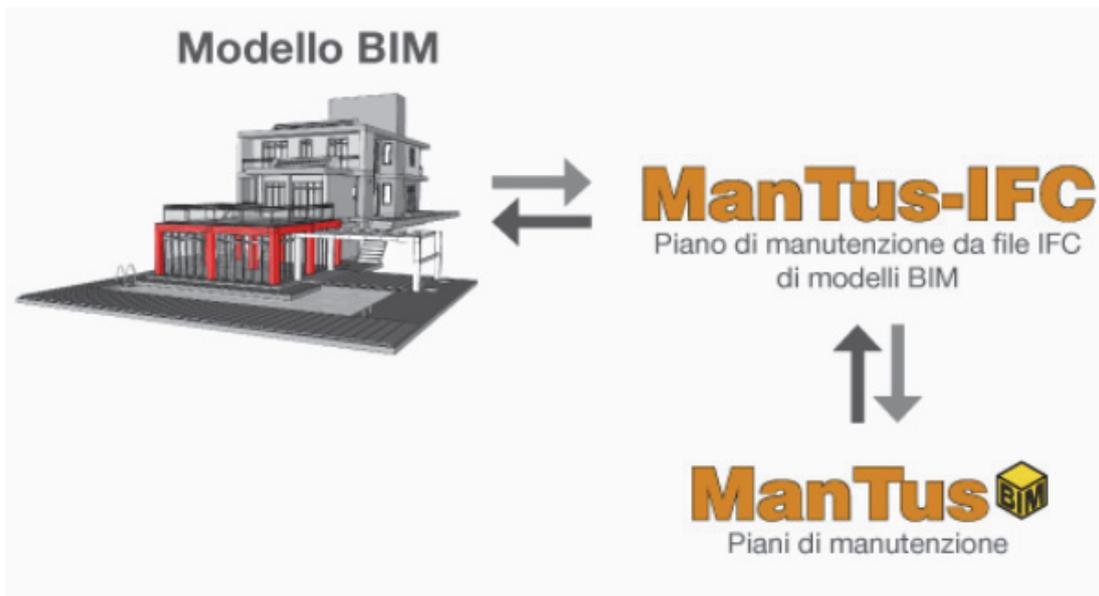


Figura 6-5 Schema interazione Mantus-Modello BIM - ACCA software

Le problematiche già evidenziate nell'esportazione sono state riscontrate sin da subito, poiché con la prima prova effettuata, alcuni elementi del modello erano effettivamente in numero minore ed esportati in modo sbagliato. Per controllare il risultato ottenuto è stato utilizzato il software gratuito **Solibri Model Viewer (SMV)** che permette di navigare un modello IFC, la sua interfaccia semplice e intuitiva ci permette di visualizzare il modello 3D ed interrogare gli oggetti per controllare il contenuto informativo. Nella parte sinistra possiamo visualizzare la struttura gerarchica degli elementi tramite il Model Tree e le proprietà degli elementi nella sezione Info degli oggetti selezionati. Nella Figura 6-6 si può notare come manchino diversi oggetti e le informazioni riguardo il gruppo prese siano errate poiché esso è stato esportato come un oggetto generico, quindi senza i corretti parametri relativi alle classi descritti in precedenza.

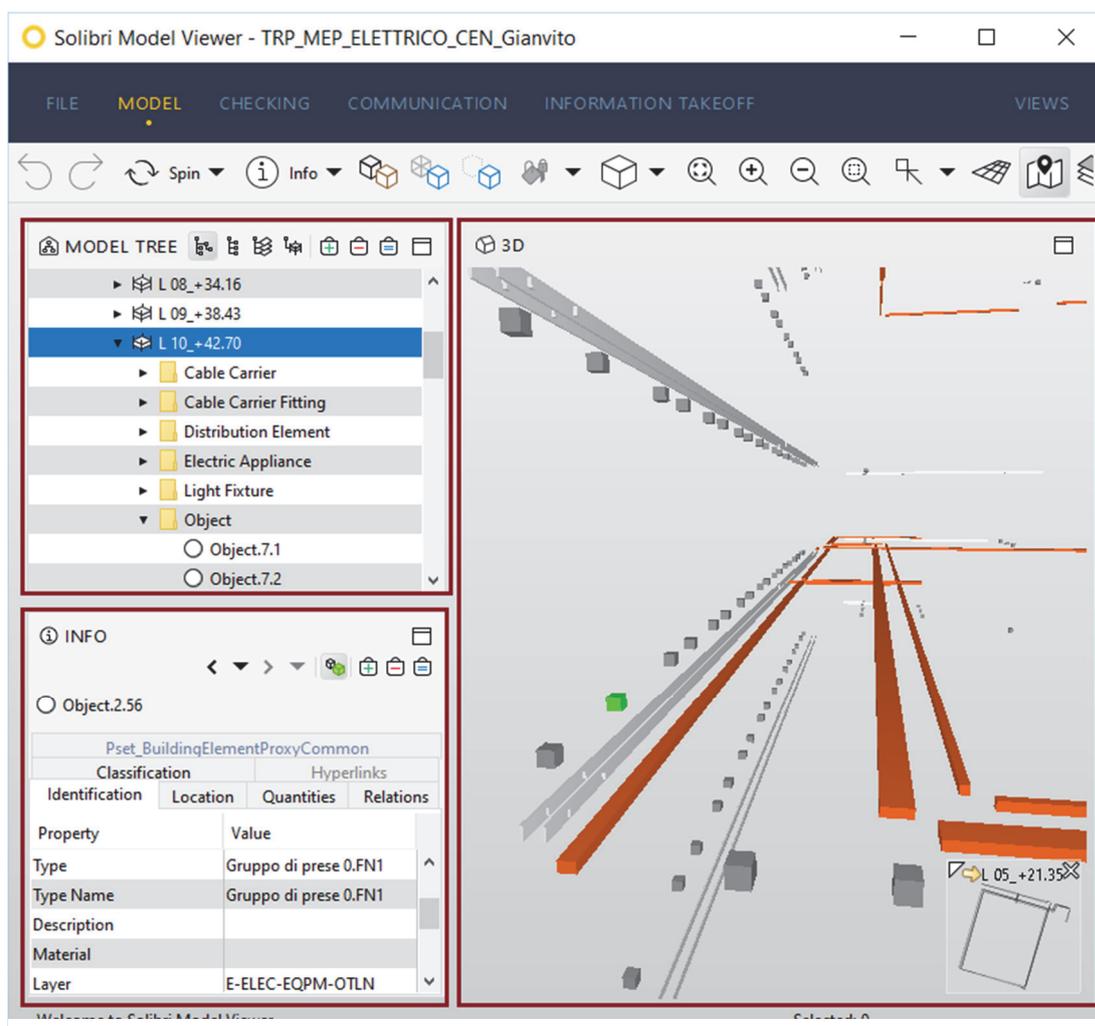


Figura 6-6 Navigazione modello IFC tramite Solibri Model Viewer

Si è proceduto dunque a sviluppare un mapping corretto, e seguendo il flusso di lavoro della Figura 6-7 si è iterato fino ad ottenere un modello IFC ottimale all'uso.

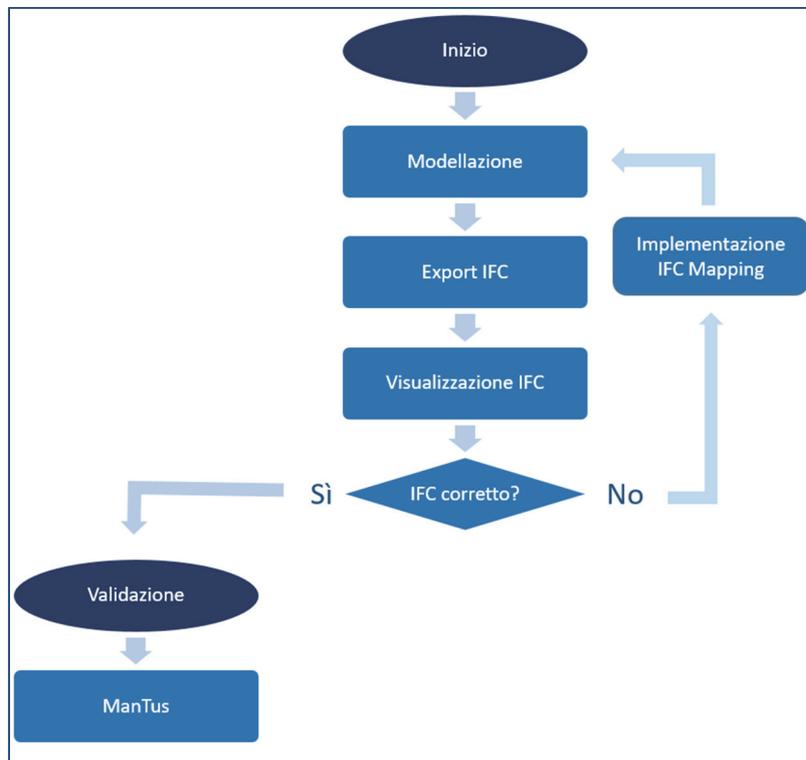


Figura 6-7 Flusso di lavoro esportazione IFC

Dopo aver ottenuto un risultato soddisfacente si procede con l'esportazione IFC finale tramite l'apposito comando integrato all'interno dell'applicativo Autodesk Revit, Figura 6-8

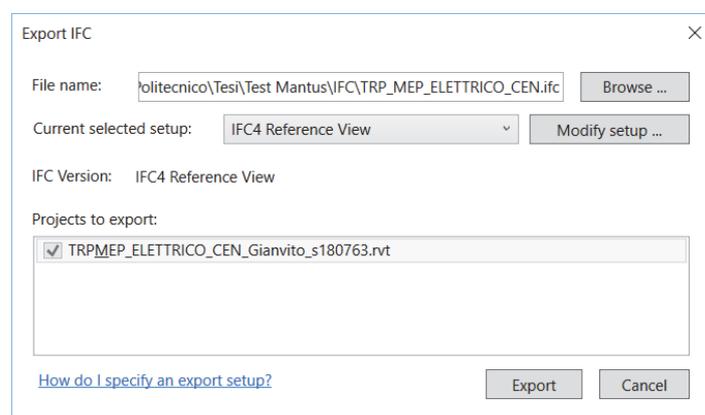


Figura 6-8 Comando Esportazione IFC Autodesk Revit

Per procedere alla redazione del piano di manutenzione si lancia l'applicativo ManTus ed inseguito si procede con il plug-in che permette di utilizzare un file IFC come base; si sceglie dunque di creare un nuovo documento da un file IFC, l'interfaccia grafica dell'applicativo è raffigurato in Figura 6-9.



Figura 6-9 Interfaccia di apertura ManTus-IFC

Continuando si seleziona il percorso del file IFC che abbiamo preparato, da lì il software processa il file e genera il proprio modello. L'ambiente di lavoro dell'applicazione è molto intuitivo e semplice, nella Figura 6-10 possiamo notare in alto la barra degli strumenti, sulla sinistra la sezione dedicata con la struttura gerarchica delle entità del modello IFC, al centro il modello geometrico tridimensionale.

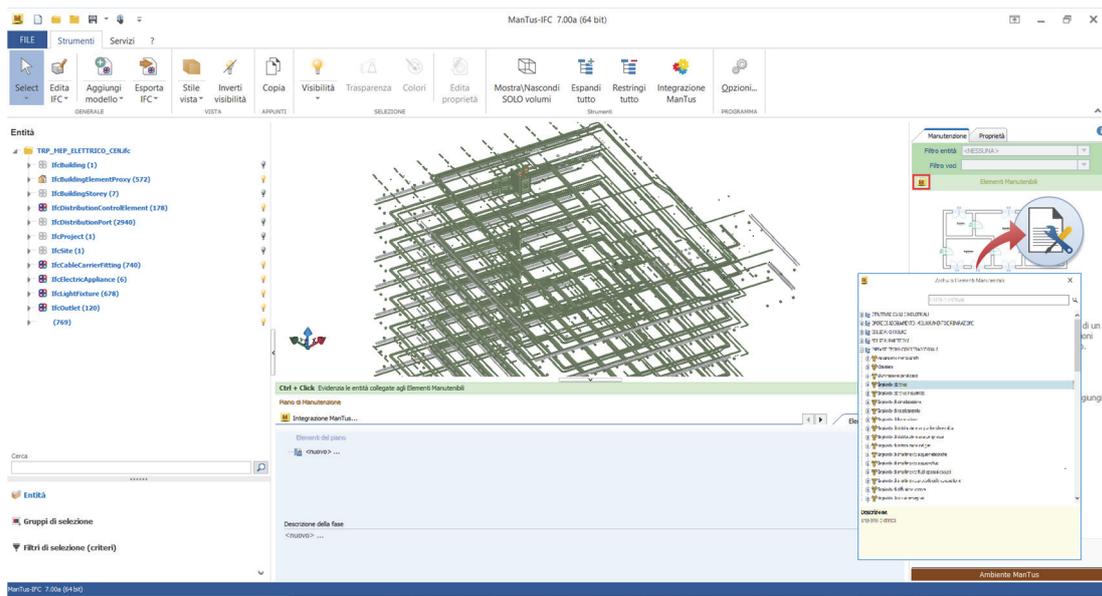


Figura 6-10 Ambiente di lavoro ManTus-IFC

Nella parte destra della Figura 6-10 invece la sezione dedicata alla manutenzione, cliccando sull'icona evidenziata dal contorno rosso si apre l'archivio degli elementi mantenibili, all'interno della quale possiamo trovare tutti gli elementi classificati che possono essere mantenuti. Selezionando gli elementi, nello spazio tridimensionale, o tramite la sezione delle entità che permette tra l'altro di selezionare in unico comando tutti gli elementi appartenenti ad una classe, si utilizza il comando citato nel periodo precedente per identificare l'elemento corrispondente all'interno dell'archivio. Come si può vedere dalla Figura 6-11, in questo caso sono state selezionate gli apparecchi di illuminazione IfcLightFixture, all'interno dell'archivio si sceglie l'elemento e si trascina nella sezione di destra dove vi è la dicitura 'Aggiungi...' a questo punto l'associazione è completata.

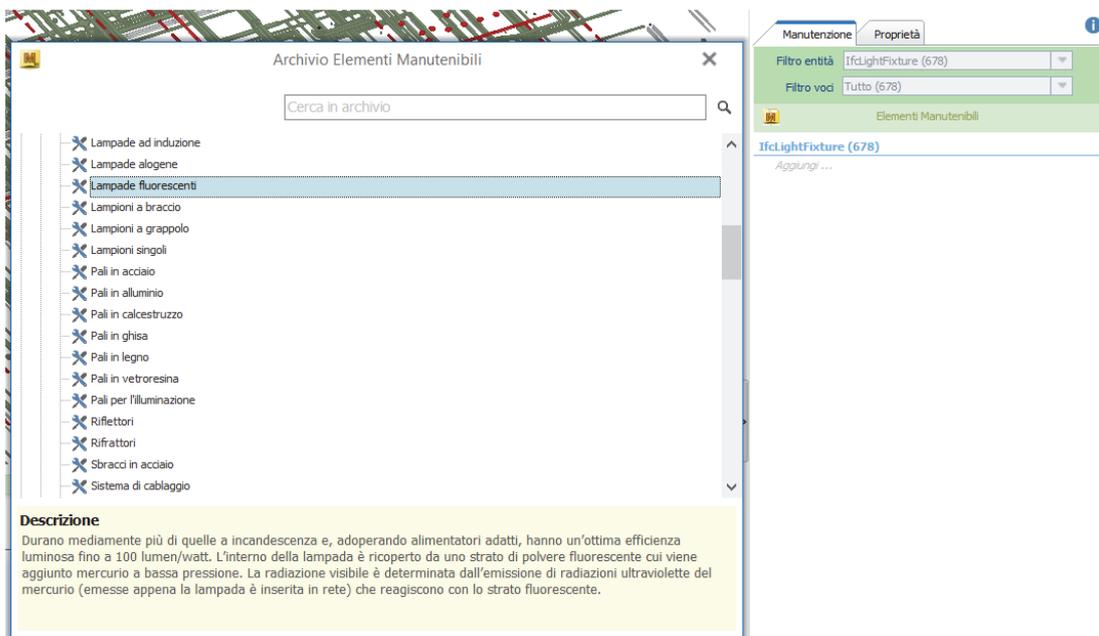


Figura 6-11 Lampade fluorescenti Archivio Elementi Mantenibili

È possibile aggiungere ad uno stesso elemento IFC più elementi mantenibili se serve, anche se come pratica è sconsigliata. La procedura è stata eseguita per gli altri elementi del modello come i gruppi prese, le blindosbarre, i quadri elettrici, le passerelle ecc.

Nella Figura 6-12 possiamo vedere l'elenco degli elementi da mantenere, e una volta finita l'associazione si può procedere alla integrazione ManTus, icona in alto posizionata in alto.

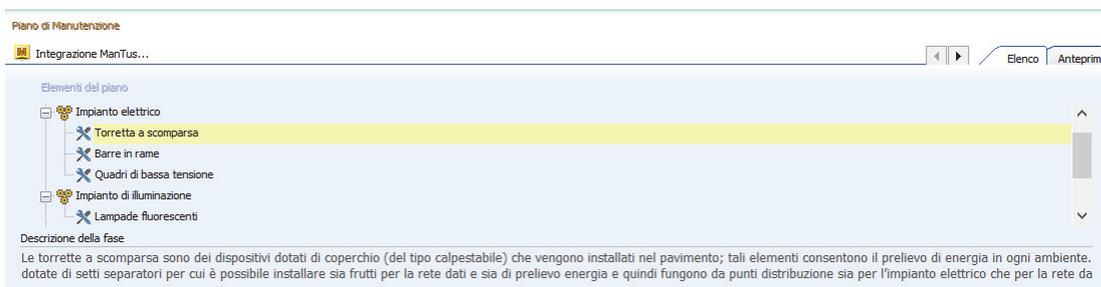


Figura 6-12 Eleno elementi del piano di manutenzione - ManTus

Si apre dunque l'applicativo ManTus che permette di apportare modifiche ed integrazioni alla struttura del Piano di Manutenzione automaticamente creato a partire dal modello IFC. L'applicativo si presenta molto simile ad un word processor ma ha delle funzionalità particolari che rendono le sezioni del testo interconnesse ed intelligenti, poiché dalla struttura a sinistra nella possiamo notare come per ogni elemento abbiamo la parte dedicata ai requisiti e alle prestazioni, le anomalie, i controlli, e gli interventi da effettuare.



Figura 6-13 Requisiti e Presetazioni - ManTus

Ogni sezione è implementabile e modificabile con l'aggiunta di particolari specifici dell'opera, come per esempio l'assegnazione di documentazione accessoria esposta nella Figura 6-14.



Figura 6-14 Aggiunta documentazione - ManTus

Un'altra funzione importante per completare il piano di manutenzione sono i controlli e gli interventi da effettuare, la loro programmazione viene definita in base ai criteri normativi e una volta imposta viene direttamente anche espressa sotto forma di grafico,

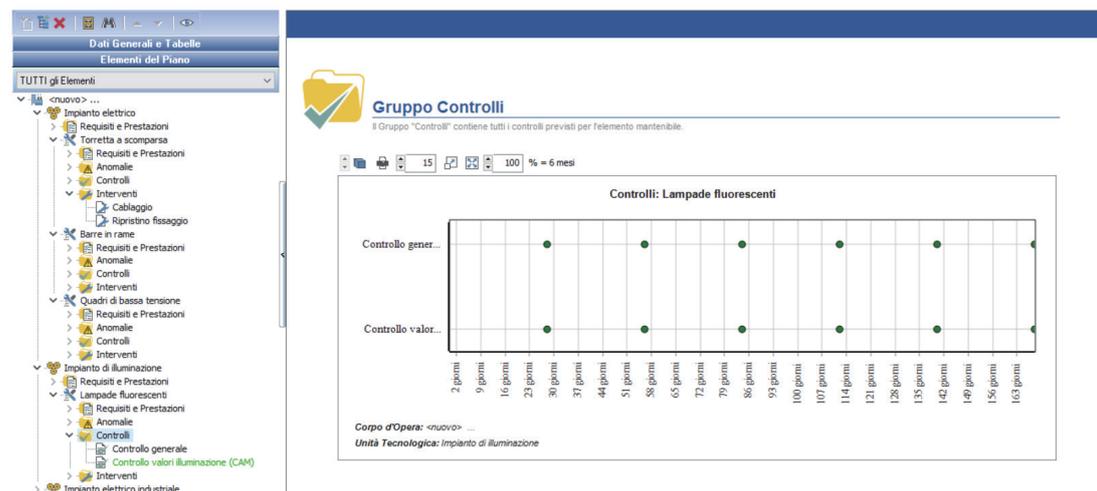


Figura 6-15 Gruppo controlli - ManTus

Dopo aver passato in rassegna le varie parti della struttura del piano di manutenzione, ed implementato le parti opportune è anche possibile passare alla mera fase di restituzione. Direttamente con questo applicativo è possibile infatti curare gli aspetti

grafico estetici e rendere una formattazione del testo ottimale, dove oltre alle varie modifiche di testo è possibile aggiungere il logo dello studio tecnico, così come tutte le altre informazioni generali a corredo, come nome del tecnico, luogo, oggetto dell'opera ecc.

Infine è bene sottolineare che tale risultato è solo una bozza, frutto di un esercizio di ricerca e che quindi non può e non deve essere utilizzato come reale piano di manutenzione anche perché si riferisce ad una parte dell'impianto elettrico indicativo dello stesso. Nell'allegato B è possibile visionare uno stralcio del risultato ottenuto composto dal Manuale d'uso, il Manuale di Manutenzione, il Programma di Manutenzione relativo alle prestazioni, ai controlli e agli interventi.

7. Risultati

Attraverso lo studio fatto è stato possibile ottenere una padronanza più approfondita della metodologia BIM in senso ampio, approfondirne alcuni aspetti particolari e formulare delle **ipotesi procedurali**.

L'adozione del BIM a livello mondiale ed italiano è ormai in crescita e difficilmente arrestabile, di conseguenza la diversificazione di strumenti e possibilità è sia un punto a favore per l'ampia scelta, sia un grave svantaggio poiché genera dispersione e confusione nel settore. In un ambiente così dinamico che prende forma col progredire delle tecnologie offerte dal mercato rimane problematico divincolarsi e gestire in modo consistente i processi.

Lo studio ha obbligato a confrontarsi con le **criticità** incontrate legate al **coordinamento**, alla **modellazione**, alla scelta degli oggetti digitali, alla strutturazione dei sistemi elettrici, ancora poco utilizzati non sviluppati. Il lavoro esposto ha permesso di ottenere dei risultati poiché ha fatto una **sintesi** dello stato dell'arte, sia accademico che tecnico, più legato agli strumenti operativi informatici. L'individuazione di un adeguato livello di sviluppo degli oggetti digitali, formalizzato con la scelta di un livello **LOD B.5** permette di avere un buon compromesso tra la virtualizzazione semirealistica dei componenti, con un elevato contenuto informativo e la leggerezza del modello, considerando anche l'ingente impiego di risorse per ottenere livelli di dettaglio maggiori.

La modellazione delle componenti con particolare attenzione alle notazioni 2D è un punto di congiunzione tra le nuove metodologie ed i vecchi approcci progettuali legati agli schemi grafici ed al CAD e permette una maggiore **sinergia** tra operatori con livelli di digitalizzazione differenti. Gli strumenti esposti nella gestione dei dati si collocano tra quelli più utili e comodi da utilizzare per via della loro versatilità ed adattabilità alle esigenze.

Il risultato finale della redazione del piano di manutenzione dell'opera, ottenuto tramite l'utilizzo del formato di scambio IFC, dimostra ancora una volta come

l'interoperabilità sia un aspetto centrale ed importantissimo nel settore senza il quale è complicato immaginare un florido futuro. Sebbene infatti il risultato possa definirsi più che soddisfacente bisogna notare però che di fatto la procedura ha grandi margini di miglioramento. Le criticità più grandi sono dovute alla **limitazione** dell'applicativo ManTus che con il suo plug-in IFC riesce a leggere (ottenere input) dal formato IFC ma la l'interazione con esso non può essere definita completa. Il software infatti non è in grado di apportare modifiche al file e non riesce ad estrapolarne i dati in modo appropriato. È necessaria un'ulteriore associazione elemento IFC-elemento manutenibile da parte dell'operatore per completare l'elenco dei sistemi da analizzare. Questo è un tipico caso di **uplicazione dell'informazione** che ovviamente si traduce in maggiore impiego di ore di lavoro da parte dei tecnici. Bisogna infatti disarticolare la classe di unità, l'unità tecnologica e la classe dell'elemento da mantenere cercandola nell'archivio ed associarla ad un elemento che di fatto già contiene questa informazione al suo interno ovvero la classe di entità e tipo del formato IFC. Dunque l'applicativo è sì interoperabile ma non in modo bidirezionale, poiché non vi è modo di apportare modifiche ed importare nuovamente il file in un altro software, portando con se le informazioni aggiunte tramite questa procedura.

8. Conclusioni - Sviluppi futuri

Le **contingenze** del mercato delle costruzioni e le sfide imposte dalle errate scelte politiche ed economiche degli ultimi decenni hanno portato a porre la doverosa attenzione all'ammontare delle risorse utilizzate nel settore edilizio. È divenuto infatti obbiettivo comune del settore quello di **ridurre le risorse** utilizzate nelle fasi di costruzione così come nelle fasi operative, sia per questioni energetiche ed ambientali che per questioni meramente economiche. La metodologia **BIM**, anche solo negli aspetti particolari esposti offre numerosi spunti per il campo della **ricerca** su questo fronte. Sebbene le produzioni a riguardo siano copiose e i risultati ottenuti soddisfacenti, il settore è ben lungi dall'essere definito saturo e funzionale nelle sue parti.

Si prestano a sviluppi futuri ed approfondimenti le linee guida in merito alla progettazione impiantistica elettrica con metodologia BIM, e le virtualizzazioni delle componenti. Aspetto affascinante da approfondire potrebbe essere proprio quello della modellazione dei **componenti** BIM complaint relativi agli impianti elettrici, un dibattito più aperto infatti dovrebbe porre l'attenzione sulla possibilità di utilizzare librerie di oggetti aperti e condivisibili. Le criticità che ne conseguono sono dovute dal fatto di far coesistere aspetti diversi e contrastanti come per esempio i **vincoli** di standardizzazione per avere oggetti conformi alle norme, e la **flessibilità** degli oggetti parametrici modificabili secondo esigenze.

Sviluppo successivo al lavoro esposto potrebbe configurarsi nella ricerca più dettagliata di linee guida, da seguire durante le fasi iniziali della progettazione o parallelamente al progredire delle fasi, relative al formato di scambio IFC. Ad esempio la definizione di un file **mapping IFC** come il Basic FM Handover View, ma applicato al **campo italiano** con implementazioni di leggi e normative specifiche potrebbe essere estremamente interessante. Fornire dunque nuovi strumenti, così come indicazioni sulle corrette procedure da eseguire per il miglioramento della qualità dell'interoperabilità giova all'intero settore industriale delle costruzioni, partendo dal

progettista, passando per il tecnico dell'ente proposto alle verifiche, sino ad arrivare all'impresa esecutrice dei lavori e delle manutenzioni.

Il lavoro da fare al riguardo è ancora tanto ma il progresso in questo campo sembra andare nella giusta direzione, ci aspetta un futuro interessante ma soprattutto più efficiente.

9. Allegati

9.1. Allegato A

Categoria	Componente	Geometrie	Informazioni	Sub Componente	Giometrie	Informazioni	
Alimentazione	Quadro elettrico	dimensione effettiva ingombro	descrizione generale				
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione (da schema unifilare)	
					interruttori magnetotermici	interruttore logico	descrizione dettagliata degli interruttori
	Gruppo prese	ingombro solido indicativo		descrizione			
					prese dati	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
					prese alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
					interruttori magnetotermici	interruttore logico	descrizione dettagliata degli interruttori
	Quadretto emergenza	dimensione indicativa ingombro	descrizione dettagliata				
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione (da schema unifilare)	
	Punto di alimentazione phon	dimensione indicativa		descrizione			
					alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
					prese alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
					interruttori magnetotermici	interruttore logico	descrizione dettagliata degli interruttori
	Presa	ingombro solido indicativo		descrizione			
prese alimentazione					connettore logico	descrizione dettagliata della connessione	
interruttori magnetotermici					interruttore logico	descrizione dettagliata degli interruttori	
Distribuzione	Blindosbarre	ingombro indicativo con attenzione alla lunghezza	descrizione				
				prese alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione	
					prese alimentazione di testata	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Canale porta cavi	Sezione ingombro, spessore profilo canaletta,	descrizione + info cavi contenuti				
	Scatola di derivazione	dimensione indicativa	descrizione				
				diversi conettori in base alle esigenze			

Categoria	Componente	Geometrie	Informazioni	Sub Componente	Giometrie	Informazioni
Utenza	Corpo illuminante	famiglia geometricamente dettagliata	descrizione dettagliata + informazioni tecniche			
				corpo	dimensioni spaziali per l'ingombro	nessuna info sul materiale
				alette riflettori	dimensioni spaziali indicative	nessuna info sul materiale
				alloggio lampada	dimensioni spaziali indicative	nessuna info sul materiale
				sorgente di illuminazione	solido fotometrico	caratteristiche fotometriche
	Interruttore	dimensione indicativa	descrizione			
				interruttore	interruttore logico	descrizione
	Interruttore antinfortunistico	dimensione indicativa	descrizione			
				interruttore	interruttore logico	descrizione
		Apparecchio esodo emergenza	simbolo 2d	descrizione		
				batteria	dimensione ingombro irrilevante	informazione sul tipo di batteria per la manutenzione
				lampada led	dimensione ingombro irrilevante	informazione sul tipo di lampada per la manutenzione
Sistema chiamata disabili	Pulsante a tirante	simbolo 2d	descrizione			
	Coppetta di tranquillizzazione	simbolo 2d	descrizione			
	Lampada di segnalazione	simbolo 2d	descrizione			
				lampada led	dimensione ingombro irrilevante	informazione sul tipo di lampada per la manutenzione
Sistema rivelazione Antincendio	Rilevatore di presenza	dimensione indicativa	descrizione			
				sicurezza	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Rilevatore di fumo	dimensione indicativa	descrizione			
				anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Rilevatore di fumo	dimensione indicativa	descrizione			
				anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Rilevatore di fumo e calore	dimensione indicativa	descrizione			
				anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Elemento riflettente per rilevatore lineare	dimensione indicativa	descrizione			
				anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
Pulsante allarme antincendio	simbolo 2d	descrizione				
			anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione	

Categoria	Componente	Geometrie	Informazioni	Sub Componente	Giometrie	Informazioni
	Pulsante allarme antincendio	simbolo 2d	descrizione			
				anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Modulo segnalazione stato impianto antinc	simbolo 2d	descrizione			
				anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Modulo comando impianto antinc	simbolo 2d	descrizione			
				anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Punto di alimentazione serranda taglia fuoco	simbolo 2d	descrizione			
				anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Pannello ott-acu allarme incendio	simbolo 2d	descrizione			
				anti incendio	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Stazione di alimentazione	simbolo 2d (ingombro)	descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				interruttori magnetotermici	interruttore logico	descrizione dettagliata degli interruttori
Impianto EVAC	Gruppo di potenza impianto diff sonora	simbolo 2d (ingombro)	descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				interruttori magnetotermici	interruttore logico	descrizione dettagliata degli interruttori
	Diffusore acustico	ingombro	descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				comunicazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Centrale controllo accessi	simbolo 2d (manca info dettagliate sul modello)	descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				Comunicazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Alimentazione controllo accessi		descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione

Categoria	Componente	Geometrie	Informazioni	Sub Componente	Giometrie	Informazioni
	Complesso controllo accesso varco	simbolo 2d (mancaza info dettagliate sul modello)	descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				lettore badge	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				controllo anta	-	descrizione
				microswitch maniglia	-	descrizione
				pulsante apertura	-	descrizione
	Lettore badge	simbolo 2d (mancaza info dettagliate sul modello)	descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				lettore badge	(3d +) connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Orologio sincronizzato	simbolo 2d (mancaza info dettagliate sul modello)	descrizione			
				Comunicazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
Sistema antintrusione	Centrale antintrusione	simbolo 2d (mancaza info dettagliate sul modello)	descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				Comunicazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Alimentazione controllo accessi	dimensione indicativa ingombro	descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Modulo concentratore impianto antintrusione	simbolo 2d	descrizione			
				svariati connettori	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Rivelatore volumetrico	dimensione indicativa ingombro	descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
				Comunicazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione

Categoria	Componente	Geometrie	Informazioni	Sub Componente	Giometrie	Informazioni
	Pannello ottico/acustico	dimensione indicativa ingombro	descrizione			
				alimentazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Armadio apparati security	dimensione effettiva ingombro	descrizione			
				svariati connettori	connettore logico	descrizione della connessione
	Telecamera dome security	dimensione indicativa ingombro	descrizione			
				sicurezza	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Armadio fonia	dimensione effettiva ingombro	descrizione			
				svariati connettori	connettore logico	descrizione della connessione
	Pres a fonia dati	simbolo 2d	descrizione			
				dati	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Unità master impiantointerfonico	dimensione indicativa ingombro	descrizione			
				comunicazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione
	Apparecchio interfonico	dimensione indicativa ingombro	descrizione			
				comunicazione	connettore logico	descrizione dettagliata della connessione

9.2. Allegato B

Di seguito alcune pagine estratte dal Piano di Manutenzione redatto con il supporto di ManTus IFC.

10. Fonti

- [1] A. Osello, *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti*, Palermo: Dario Flaccovio, 2012.
- [2] R. Petrie, «buildingSMART International: An Update,» in *L'implementazione del BIM in europa. L'industria dell'ambiente costruito e la sfida digitale*, Bologna, 2017.
- [3] *D.lgs. n. 50 Codice dei contratti pubblici, Titolo III, Art.23 Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi, comma 13*, 18/04/2016.
- [4] S. Hamil, «Construction Code,» [Online]. Available: <http://constructioncode.blogspot.it/2012/07/end-of-babel-ifc-promotional-video.html>. [Consultato il giorno 02 03 2018].
- [5] «The Skyscraper Center,» [Online]. Available: <http://www.skyscrapercenter.com/>. [Consultato il giorno 15 02 2017].
- [6] A. Acquaviva e et al, *Building Information Modeling Geographic Information System Augmented Reality per il Facility Management*, A. Osello , A cura di, Palermo: Dario Flaccovio, 2015.
- [7] . P. Teicholz e IFMA, *BIM for Facility Managers*, New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

- [8] Ente Italiano di Normazione, *UNI 11337 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni*, 2017.
- [9] A. Osello e F. M. Ugliotti, A cura di, *BIM: verso il catasto del futuro Conoscere, digitalizzare, condividere*, Roma: Gangemi Editore, 2017.
- [10] Acca software, *Guida al BIM - La rivoluzione dell'edilizia*, Bagnoli Irpino: ACCA software S.p.A., 2017.
- [11] «OmniClass,» [Online]. Available: <http://www.omniclass.org/>. [Consultato il giorno 02 28 2018].
- [12] K. K. Sobon, «Archi+Lab,» [Online]. Available: <http://archi-lab.net/>. [Consultato il giorno 25 02 2018].
- [13] buildingSMART, «buildingSMART,» [Online]. Available: <http://www.buildingsmart-tech.org/>. [Consultato il giorno 27 02 2018].
- [14] A. Ismail, «Verwaltung und Qualitätssicherung von BIM-Modellen via IFCWebServer.org Data Server,» in *buildingSMART-Regionalgruppe MITTELDEUTSCHLAND*, Magdeburgo, 2017.
- [15] P. Parsanezhad e J. Dimyadi, «Effective Facility Management and operations via a BIM-based integrated information system,» in *CIB Facility Management Conference*, Copenhagen, 2014.