

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Edile**

Tesi di Laurea Magistrale

Verifica delle incongruenze del modello BIM dell'Allianz Stadium tramite Visual Programming Process



Relatore

Prof.ssa Anna Osello

Correlatori

Prof. Fabio Manzone

Ing. Matteo Del Giudice

Ing. Andrea Barbero

Candidato

Riccardo Rausa

Marzo 2018

Abstract

Il BIM, acronimo di Building Information Modeling, è ormai diffuso in tutto il mondo nel campo dell'edilizia per la sua utilità non soltanto in fase di progettazione ma durante l'intero ciclo di vita di un edificio.

La presente tesi si occupa della realizzazione di una parte di modello architettonico e meccanico finalizzato al Facility Management tramite metodologia BIM per la futura gestione e manutenzione del complesso e la verifica di primo livello delle incongruenze all'interno dello stesso. Il caso studio è l'Allianz Stadium, stadio di proprietà della Juventus F.C. spa.

Analizzando nel dettaglio la UNI 11337:2017-parte 5, ci si è occupati della verifica del modello tramite Visual Programming Process, strumento grazie al quale è stato possibile rimanere all'interno del software parametrico senza causare la possibile perdita e/o modifica delle informazioni. Questa è una verifica di tipo formale orientata all'analisi di incoerenze ed interferenze all'interno del singolo modello.

BIM is nowadays very used throughout the world in the building field thanks to its usefulness not only for planning but also for the entire life cycle of the building.

This thesis deals with the realization of a digital model aimed at Facility Management through BIM methodology and for the first level of code checking.

This model will be useful for future management and maintenance of the building. The study case is the Allianz Stadium owned by Juventus F.C. spa.

According to UNI 11337:2017-part 5, the first level of the digital model was verified through Visual Programming Process, which allows working inside the parametrical software avoiding possible losses and/or alteration of the informations. This is a formal verification oriented to the analysis of inconsistencies and interferences within the single model.

Indice

1. Introduzione	1
1.1. Introduzione al BIM	2
1.2. Il BIM in Italia	6
2. Caso studio.....	9
3. Metodologia e modellazione.....	12
3.1. Modellazione architettonica	23
3.2. Modellazione meccanica	35
3.3. Modellazione strutturale.....	42
4. Visual Programming Process.....	44
4.1. UNI 11337:2015 parte 5, verifica e coordinamento.....	44
4.2. L'applicazione della normativa al caso studio: l'utilizzo di Dynamo.....	47
4.2.1. Verifica del modello architettonico	50
4.2.2. Verifica del modello meccanico	73
5. Conclusioni e sviluppi futuri.....	83
Bibliografia	86
Sitografia.....	87
Allegati.....	89

Indice delle figure

Figura 1.1 - <i>Schema del flusso di lavoro</i>	1
Figura 1.2 - <i>Schema di lavoro tramite VPP</i>	2
Figura 1.3 - <i>Processo di sviluppo del BIM</i>	3
Figura 1.4 - <i>I diversi significati dell'acronimo BIM</i>	4
Figura 1.5 - <i>Interoperabilità BIM</i>	5
Figura 1.6 - <i>Diffusione BIM nel mondo</i>	6
Figura 2.1 - <i>Allianz Stadium, vista aerea</i>	9
Figura 2.2 - <i>Inquadramento Allianz Stadium, estratto CT005 Comune di Torino</i>	9
Figura 2.3 - <i>Allianz Stadium, foto interna</i>	11
Figura 3.1 - <i>Impiego del Facility Management</i>	12
Figura 3.2 - <i>Common Data Environment (CDE)</i>	13
Figura 3.3 - <i>Esempio di codifica adottata</i>	15
Figura 3.4 - <i>Codifica per tipi di documenti e per la disciplina contenuta nel file</i>	16
Figura 3.5 - <i>Strutturazione cartella WIP del caso studio</i>	16
Figura 3.6 - <i>Project workflow per il caso studio</i>	17
Figura 3.7 - <i>Acquisizione coordinate condivise</i>	18
Figura 3.8 - <i>Problema nell'importazione delle coordinate condivise</i>	19
Figura 3.9 - <i>Acquisizione coordinate Origin to Origin</i>	19
Figura 3.10 - <i>File di testo dei parametri condivisi</i>	20
Figura 3.11 - <i>Creazione del parametro condiviso Affidabilità</i>	21
Figura 3.12 - <i>Esempio di livello di Affidabilità 2</i>	22
Figura 3.13 - <i>Esempio di livello di Affidabilità 3</i>	22
Figura 3.14 - <i>Modello architettonico livello 5</i>	23
Figura 3.15 - <i>Esempio di documento CAD utilizzato come base per la modellazione, sezione con indicazione dei livelli</i>	24
Figura 3.16 - <i>Esempio di documento CAD utilizzato come base per la modellazione, livello 5</i>	25
Figura 3.17 - <i>Evoluzione ed applicazione della codifica adottata</i>	25
Figura 3.18 - <i>Esempio di codifica adottata</i>	26
Figura 3.19 - <i>Modellazione muri ed applicazione della codifica</i>	27
Figura 3.20 - <i>Quotatura file CAD per la determinazione degli spessori</i>	28
Figura 3.21 - <i>Modellazione muri ed applicazione della codifica corretta</i>	28
Figura 3.22 - <i>Modellazione pilastro architettonico ed applicazione della codifica</i>	29
Figura 3.23 - <i>Modellazione dei solai architettonici ed applicazione della codifica</i>	30
Figura 3.24 - <i>Definizione del contorno del solaio architettonico</i>	31
Figura 3.25 - <i>Modellazione dei controsoffitti ed applicazione della codifica</i>	31
Figura 3.26 - <i>Modellazione facciata vetrata ed applicazione della codifica</i>	32
Figura 3.27 - <i>Creazione dei locali</i>	33
Figura 3.28 - <i>Inserimento delle etichette</i>	33
Figura 3.29 - <i>Posizionamento delle etichette</i>	34
Figura 3.30 - <i>Livello di dettaglio di visualizzazione per le etichette</i>	34
Figura 3.31 - <i>Modello meccanico - Sistema di ventilazione</i>	35
Figura 3.32 - <i>Caratteristiche da scheda tecnica dell'UTA 1</i>	35
Figura 3.33 - <i>Modellazione UTA 1</i>	36
Figura 3.34 - <i>Pianta del sistema di ventilazione</i>	36
Figura 3.35 - <i>Unione modello meccanico di ventilazione con modello architettonico tramite l'uso dei link</i>	37

Figura 3.36 - Esempio di collegamento terminale - condotto.....	37
Figura 3.37 - Perdita dell'host	38
Figura 3.38 - Operazione di ricarica del link	38
Figura 3.39 - Esempio di interferenza tra condotti nel file CAD.....	39
Figura 3.40 - Interferenza nella modellazione del condotto di aerazione	39
Figura 3.41 - Controllo interferenze tramite il comando Interference Check.....	40
Figura 3.42 - Selezione degli elementi da verificare	40
Figura 3.43 - Risccontro degli errori tramite Interference Check	41
Figura 3.44 - Modello strutturale livello 5	42
Figura 3.45 - Modellazione del solaio strutturale	43
Figura 3.46 - Modellazione pilastro strutturali ed applicazione della codifica	43
Figura 4.1 - Flusso di coordinamento di livello 2.....	45
Figura 4.2 - Flusso di coordinamento di livello 3.....	46
Figura 4.3 - Flusso di coordinamento, pubblicazione, verifica e approvazione	47
Figura 4.4 - Creazione di un abaco delle murature.....	48
Figura 4.5 - Logo Dynamo	48
Figura 4.6 - Interoperabilità Dynamo – Revit	49
Figura 4.7 - Creazione di un modello per testare l'algoritmo Dynamo.....	50
Figura 4.8 - Creazione delle parti.....	50
Figura 4.9 - Errori nella creazione delle parti	51
Figura 4.10 - Controllo degli elementi per i quali non sono state create le parti	52
Figura 4.11 - Accorgimenti per la modellazione dei pavimenti.....	53
Figura 4.12 - Accorgimenti per la modellazione dei controsoffitti.....	53
Figura 4.13 - Modellazione famiglia pilastro strutturale, errore nella creazione del parametro width.....	54
Figura 4.14 - Modellazione porta, errore nell'attribuzione della nomenclatura.....	54
Figura 4.15 - Differenza nelle dimensioni dei due file.....	55
Figura 4.16 - Metodo di lavoro per successive modifiche del file Excel Codifica	56
Figura 4.17 - Script modello architettonico.....	58
Figura 4.18 - Dynamo: messaggio iniziale ed impostazioni di progetto	59
Figura 4.19 - Dynamo: parte di algoritmo relativo alla verifica dei muri	59
Figura 4.20 - Dynamo: filtraggio muri	60
Figura 4.21 - Dynamo: confronto nome, spessore e materiale.....	60
Figura 4.22 - Dynamo: visualizzazione errori e scrittura nel file Excel di output	61
Figura 4.23 - Dynamo: confronto spessore finiture da modello e da file Excel di input	61
Figura 4.24 - Dynamo: verifica corretto inserimento dei parametri affidabilità, REI ed appartenenza al livello.....	62
Figura 4.25 - Dynamo: controllo nomi livelli tra modello e file Excel di input	62
Figura 4.26 - Dynamo: controllo viste	63
Figura 4.27 - Dynamo: parte di algoritmo relativo alla verifica dei pavimenti	63
Figura 4.28 - Dynamo: filtro pavimento architettonico.....	64
Figura 4.29 - Dynamo: controllo errori pavimentazione	64
Figura 4.30 - Dynamo: verifica dei pilastri strutturali.....	65
Figura 4.31 - Dynamo: filtro pilastri strutturali in base al materiale	65
Figura 4.32 - Dynamo: controllo numero corretto dei pilastri.....	66
Figura 4.33 - Dynamo: verifica controsoffitti, visione d'insieme	66
Figura 4.34 - Dynamo: verifica porte, visione d'insieme	67
Figura 4.35 - Estratto Report errori del modello architettonico	68
Figura 4.36 - Dynamo: visualizzazione dell'errore in modalità isolata in Revit.....	70
Figura 4.37 - Dynamo: calcolo delle aree di finiture	70

Figura 4.38 - <i>Schermata di calcolo dell'area delle finiture tramite RoomBook Revit 2017</i>	71
Figura 4.39 - <i>Esempio di foglio di output di RoomBook</i>	71
Figura 4.40 - <i>Script modello meccanico</i>	75
Figura 4.41 - <i>Dynamo: messaggio iniziale ed impostazioni di progetto</i>	76
Figura 4.42 - <i>Dynamo: verifica dei condotti, visione d'insieme</i>	76
Figura 4.43 - <i>Dynamo: definizione del numero di sistemi nel progetto</i>	77
Figura 4.44 - <i>Dynamo: filtro del nome in base al tipo di sistema</i>	77
Figura 4.45 - <i>Dynamo: controllo correttezza del numero di sistema</i>	78
Figura 4.46 - <i>Dynamo: definizione del file di output e sovrascrittura</i>	78
Figura 4.47 - <i>Dynamo: controllo corretta compilazione parametro affidabilità</i>	79
Figura 4.48 - <i>Dynamo: verifica dei raccordi</i>	79
Figura 4.49 - <i>Dynamo: verifica dei condotti flessibili</i>	79
Figura 4.50 - <i>Dynamo: verifica terminali d'aria</i>	80
Figura 4.51 - <i>Dynamo: controllo corretta compilazione del parametro Room Calculation Point e filtro la presenza dei fori</i>	80
Figura 4.52 - <i>Estratto Report errori del modello meccanico</i>	81
Figura 4.53 - <i>Dynamo: Visualizzazione dell'errore in modalità isolata in Revit</i>	82
Figura 5.1 - <i>Esempio di possibile interazione tra modello meccanico ed architettonico per la futura verifica di secondo livello</i>	84

Glossario

- BIM - Building Information Modeling
- CDE - Common Data Environment
- CAD - Computer Aided Design
- FM - Facility Management
- VPP - Visual Programming Process
- PAS - Publicly Available Specification
- CT - Carta Tecnica
- DB - Data Base
- WIP - Work In Progress
- WRK – Workset
- RVT – Revit
- LOD – Levels Of Development and Level Of Detail
- ACDat – Ambiente di Condivisione Dati
- pGI – piano della Gestione Informativa

1. Introduzione

Negli ultimi anni, l'acronimo BIM sta assumendo sempre più importanza nel mondo delle costruzioni a testimonianza di come l'innovazione nei processi produttivi, organizzativi e nella gestione possa essere uno strumento per la rinnovazione di un settore, quello edilizio, che ha conosciuto una profonda crisi.

L'iter progettuale del processo edilizio può essere definito come un sistema complesso costituito da diverse fasi. Considerando il settore attuale, italiano e non, appare evidente come le fasi dell'opera successive alla costruzione, quali gestione e manutenzione, occupino un ruolo sempre più importante nel ciclo di vita dell'edificio.

L'obiettivo del presente lavoro di tesi è quello di mostrare come sia possibile passare da un progetto bidimensionale ad un modello parametrico 3D realizzato con metodologia BIM che si possa interrogare ed utilizzare per la gestione, pianificazione e manutenzione di una struttura complessa.

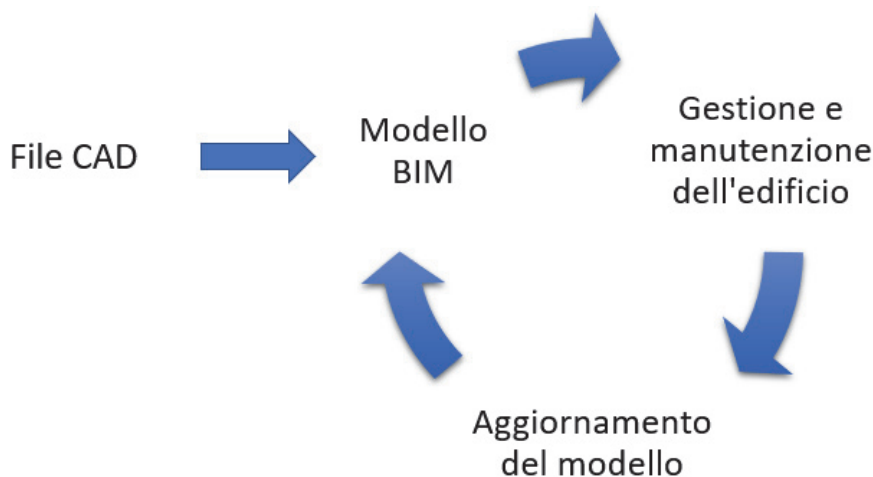


Figura 1.1 - Schema del flusso di lavoro

Il BIM nasce inizialmente come Building Information Model, ovvero, come deducibile dalla parola Model, la pura rappresentazione digitale di un modello tridimensionale, con un'attenta descrizione delle sue caratteristiche geometriche e funzionali.

Oggi tale acronimo viene inteso nella sua accezione più ampia di Building Information Modeling (o Modelling), ossia la rappresentazione di una metodologia di lavoro all'interno della quale organizzare tutti i dati utili per la realizzazione dell'opera. Attraverso l'utilizzo di un unico database, fruibile ed interscambiabile, si evita la naturale perdita di informazioni figlia del processo progettuale integrato. La potenzialità espressa dal database risiede quindi nel fatto di poter essere totalmente interrogabile ed esportabile in altri formati e di scambiare le informazioni con l'obiettivo di effettuare simulazioni mirate o integrazioni con altri sistemi informativi, ottimizzando il processo di gestione. Sulla base di queste considerazioni il significato dell'acronimo BIM si può estendere a metodologia di management, indirizzando le strategie manutentive già a partire dalle fasi di progettazione e costruzione.

Il caso studio è l'Allianz Stadium, stadio di proprietà della Juventus F.C, a cui vanno i ringraziamenti per il supporto e la disponibilità durante lo sviluppo del lavoro e per la

fornitura dei dati necessari al raggiungimento dei risultati esposti. La presente tesi si inquadra all'interno di un dottorato di ricerca del Politecnico di Torino, finanziato dalla società stessa, recentemente avviato.

La digitalizzazione di un edificio di grandi dimensioni come quello analizzato comporta delle problematiche non indifferenti. Essendo infatti una struttura in continua evoluzione, fiore all'occhiello della società, lavori ed aggiornamenti sono all'ordine del giorno. Ciò comporta una grande quantità di file da gestire, spesso in formato CAD, causando quindi una ridondanza e/o contrapposizione di informazioni. Per questo motivo, attraverso l'approccio BIM, molte operazioni vengono semplificate, evitando la duplicazione del dato.

Nel lavoro di tesi in oggetto, particolare attenzione è stata rivolta alla modellazione architettonica, con focus sul Livello 5, corrispondente al piano degli uffici e sala Hospitality, immediatamente sotto il secondo anello dello stadio. A seguito di una precisa richiesta da parte della committenza è stato anche effettuato, all'interno di un precedente lavoro di tesi, l'upgrade dei locali spogliatoio; la modellazione dell'impianto di ventilazione di questi locali è stato un ulteriore obiettivo della presente ricerca.

Attraverso software di VPP (Visual Programming Process) è stata effettuata, in accordo con la normativa UNI 11337, la verifica formale di Livello 1 dei modelli architettonici e meccanici.

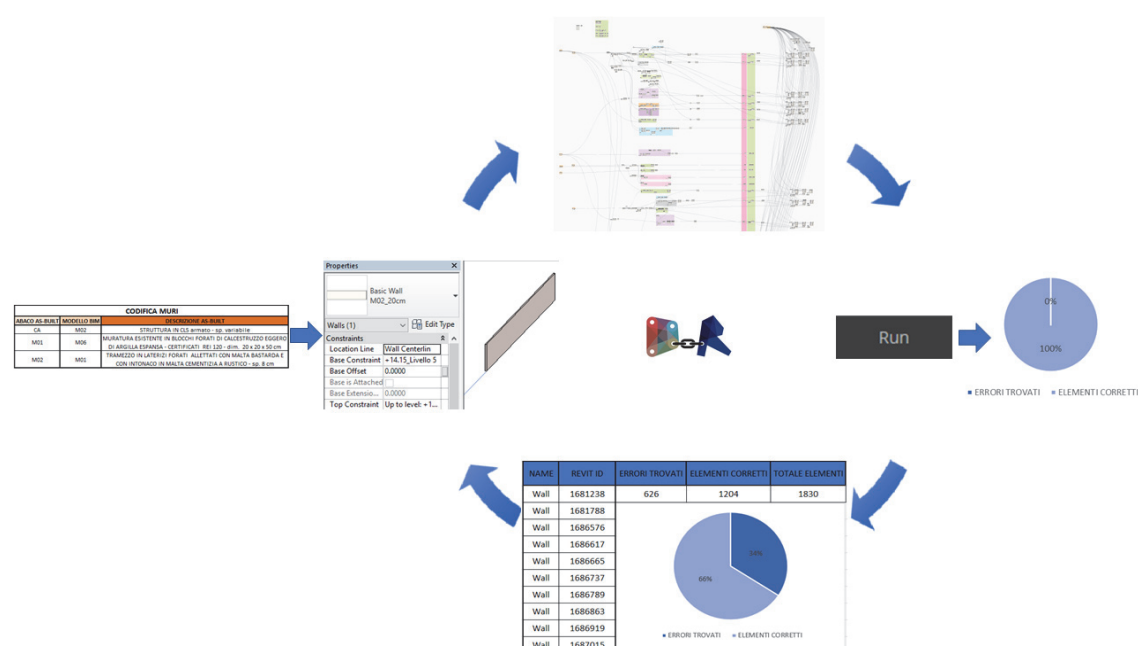


Figura 1.2 - Schema di lavoro tramite VPP

1.1. Introduzione al BIM

Il futuro della progettazione e della costruzione edilizia è sempre più influenzato dall'utilizzo della tecnologia. Per comprendere al meglio il termine BIM bisogna analizzare l'evoluzione del processo edilizio negli ultimi anni dove si sta progressivamente passando da una progettazione 2D alla metodologia BIM.

La premessa iniziale di un sistema CAD era di automatizzare il disegno (Computer Aided Design), pertanto l'obiettivo principale di tali applicazioni era quello di rappresentare le geometrie 2D tramite elementi grafici, come linee, archi, simboli, ecc. I muri, ad esempio, sono semplicemente rappresentati come linee parallele. Anche l'utilizzo di CAD 3D inizialmente era finalizzato quasi interamente sulla creazione di geometrie a supporto della visualizzazione e, a seguito di successivi progressi, sulla creazione di rendering realistici.

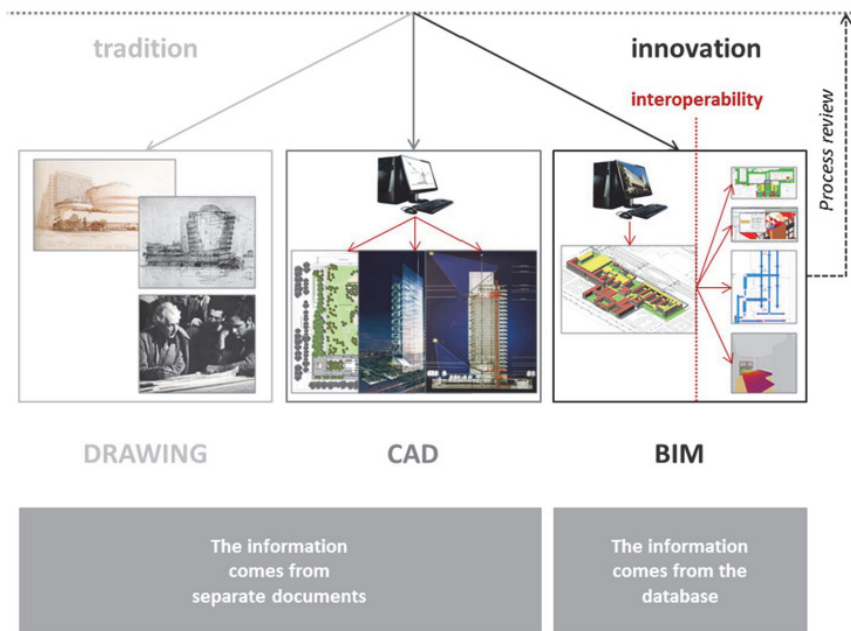


Figura 1.3 - Processo di sviluppo del BIM

Fonte: Anna Osello, slide del corso di "Modellazione digitale e documentazione architettonica a.a.2014-15"

Il termine Building Information Modeling appare per la prima volta dalla metà del 1980 per poi essere utilizzato realmente diversi anni dopo e inizialmente adottato principalmente dalle industrie sviluppatrici CAD.

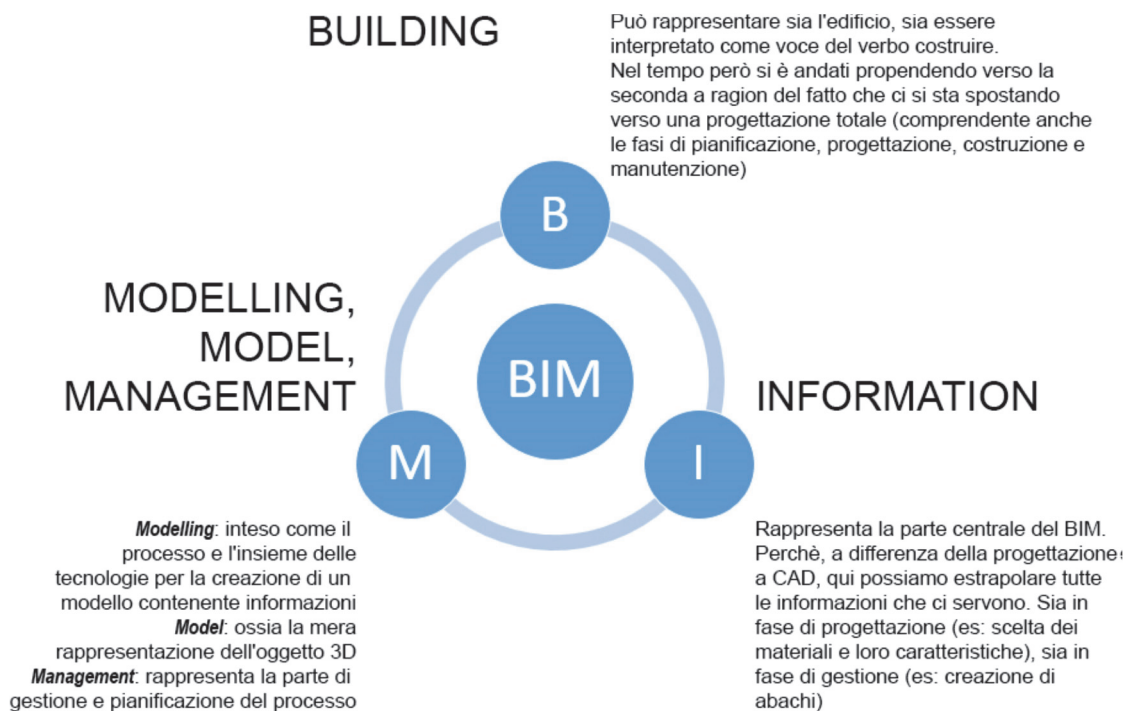


Figura 1.4 - I diversi significati dell'acronimo BIM

Fonte: Anna Osello, slide del corso di "Modellazione digitale e documentazione architettonica a.a.2014-15"

La metodologia BIM si basa su una progettazione 3D in cui le informazioni provengono da un unico database condiviso con tutti i soggetti coinvolti e sul concetto di interoperabilità. Non si tratta perciò solo di un semplice passaggio da 2D a 3D, ma di un cambio di metodo di progettazione.

Con la tecnologia BIM viene costruito un accurato modello virtuale dell'edificio; questo possiede una geometria precisa e dati rilevanti necessari per la realizzazione e la gestione dell'edificio durante l'intero ciclo di vita. Si passa da un approccio verticale ad uno orizzontale, che abbraccia e coinvolge l'intero ciclo di vita dell'edificio. Un modello, per poter essere definito modello BIM, oltre alla rappresentazione tridimensionale necessita dunque l'inclusione di alcune informazioni relative all'edificio che vadano oltre le proprietà grafiche. Il BIM è una rappresentazione digitale condivisa fondata su open standard di interoperabilità. Il BIM è composto dall'insieme di processi applicati per creare, gestire, derivare e comunicare informazioni tra le parti interessate a vari livelli, utilizzando modelli creati da tutti i partecipanti all'edificio, in momenti diversi e per scopi diversi, per garantire la qualità e efficienza durante l'intero ciclo di vita dell'edificio (6).

Una premessa di base del BIM è la collaborazione dei diversi soggetti interessati nelle diverse fasi di vita dell'edificio per inserire, estrarre, aggiornare o modificare le informazioni.

Questa metodologia minimizza gli errori tra discipline, permettendo la loro coesistenza e interazione.

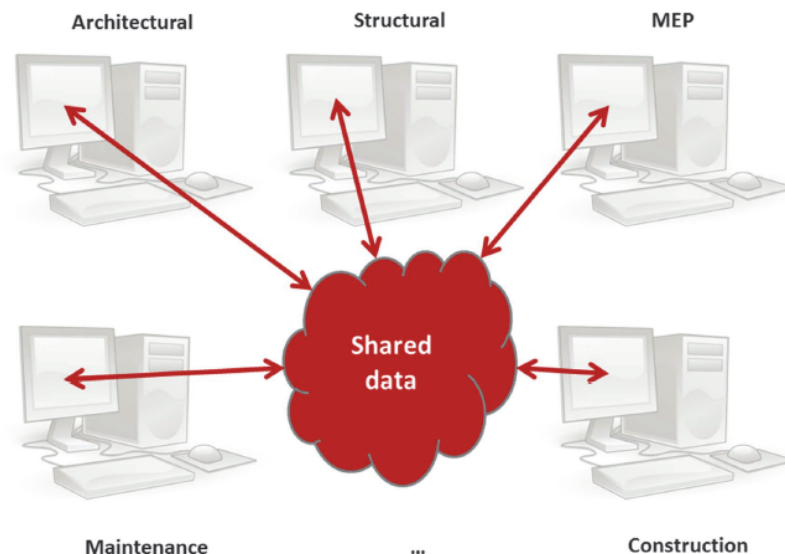


Figura 1.5 - Interoperabilità BIM

Fonte: Anna Osello, slide del corso di “Modellazione digitale e documentazione architettonica a.a.2014-15”

Proprio questo è il punto di forza della metodologia proposta.

Se da un lato si evidenziano le potenzialità di tale metodologia, dall'altro è anche corretto analizzarne le significative limitazioni. Nonostante il BIM sia in rapida crescita e ormai riconosciuto e apprezzato in fase di progettazione e realizzazione, esistono ad oggi limiti legati allo stato dell'arte. Questo dipende da alcuni fattori, tra i quali:

- la difficoltà di modellazione degli edifici esistenti, soprattutto quelli storici;
- il fatto che il BIM sia completamente basato sul formato digitale, non sempre disponibile, soprattutto per gli edifici esistenti/storici;
- una carenza di personale avente la capacità di utilizzare la modellazione BIM in maniera efficace ed efficiente (1).

Punto di riferimento assoluto in ambito europeo per quanto riguarda l'introduzione a livello normativo del BIM è “European Union Public Procurement Directive” 2014/24 del 26 febbraio 2014. La “European Union Public Procurement Directive”, votata nel gennaio 2014 dal Parlamento Europeo e in seguito adottata, invita gli Stati membri UE, entro il 2016, a “incoraggiare, specificare o imporre” attraverso provvedimenti legislativi dedicati l'uso del BIM, quale standard di riferimento, per tutti i progetti e lavori a finanziamento pubblico. I primi Paesi a muoversi sono stati quelli del Nord: Regno Unito, Paesi Bassi, Danimarca, Finlandia e Norvegia.

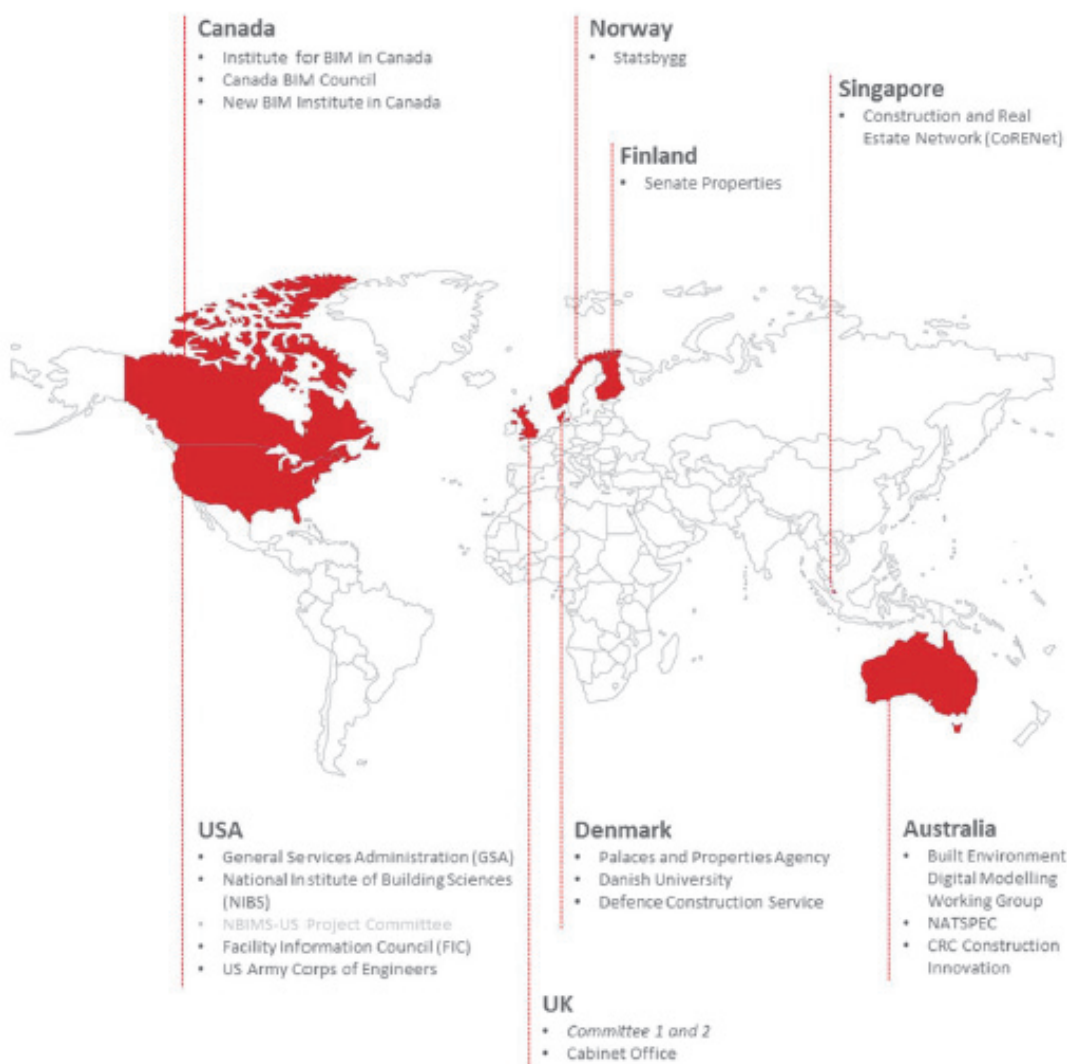


Figura 1.6 - Diffusione BIM nel mondo

Fonte: Anna Osello, slide del corso di "Modellazione digitale e documentazione architettonica a.a.2014-15"

1.2. Il BIM in Italia

Analizzando i paesi europei, in particolare Regno Unito e paesi scandinavi, ed extra-europei, soprattutto Singapore, Stati Uniti e Canada, è facile notare come il BIM sia molto più diffuso che in Italia.

In questi stati infatti il BIM risulta essere obbligatorio per gli appalti pubblici già da alcuni anni, mentre in Italia sarà obbligatorio solo a partire dal 2019. Tale normativa riguarderà le opere con valore superiore ai 100 milioni, con scadenze progressive, per un sistema regolamentare che è destinato ad entrare a pieno regime nel 2022. Solo per i lavori più semplici sarà ammessa una corsia preferenziale in quanto questi potranno essere sempre effettuati con i metodi tradizionali (9).

Proprio per questo motivo si può dire che il modello di progettazione italiano è ancora oggi basato su metodi tradizionali, prevalentemente CAD 2D, dove gli scambi di informazioni avvengono con documenti scollegati gli uni dagli altri con conseguente

perdita di informazioni. Diverse sono le motivazioni che stanno ostacolando la diffusione della metodologia BIM, tra questi:

- un ritardo legislativo nella definizione di standard condivisi e nell'obbligo dell'adozione del BIM;
- maggiore difficoltà nell'utilizzo di metodologia BIM da applicare al costruito piuttosto che alle nuove costruzioni;
- difficoltà nell'interazione e interoperabilità tra più professionisti che utilizzano software di differenti casa madre;
- mancanza di un background culturale e degli incentivi necessari per avviare un reale cambiamento della progettazione.

Con l'intento di favorire l'integrazione del BIM la Commissione Europea STAND-INN (Standard Innovation) ha finanziato un progetto per favorire la definizione delle *best practies* da seguire a livello nazionale per la stesura della normativa. Successivamente, con la Direttiva Europea 2014/24/EU vengono introdotte nuove linee guida per l'applicazione del BIM. Queste direttive hanno lo scopo di uniformare le diverse normative nazionali e di inserire gradualmente l'obbligo di utilizzo di questa nuova metodologia per la partecipazione agli appalti pubblici. La direttiva fissa in 30 mesi il termine per il recepimento da parte di ogni stato membro (8).

Ad oggi, a completamento del quadro normativo italiano per il BIM, assume fondamentale importanza la norma tecnica UNI11337:2017 Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni.

La norma italiana si rifà in gran parte a quella inglese, la PAS 1192-2:2013 (Specification for Information Management for the capital/delivery phase of construction projects using Building Information Modelling).

La UNI11337:2017 è concepita in più parti (attualmente sono otto quelle previste), di cui finora sono state rilasciate la prima, la quarta, la quinta e la sesta. Nel dettaglio le 8 parti sono così strutturate:

- Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi (UNI 11337-1:2017). Essa interessa gli aspetti generali della gestione digitale del processo informativo nel settore delle costruzioni, quali la struttura dei veicoli informativi, la struttura informativa del processo e la struttura informativa del prodotto. La norma è applicabile a qualsiasi tipologia di prodotto (risultante) di settore, sia esso un edificio od una infrastruttura, ed a qualsiasi tipologia di processo di ideazione, produzione o esercizio, rivolti alla nuova costruzione come alla conservazione e/o riqualificazione dell'ambiente o del patrimonio costruito;
- Parte 2: Criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi (UNI 11337-2). Non ancora pubblicata;
- Parte 3: Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione (schede informative digitali per prodotti e processi), (UNI 11337-3). Non ancora pubblicata;
- Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e processi (UNI 11337-4:2017). Questa interessa gli aspetti qualitativi e quantitativi della gestione digitalizzata del processo informativo nel settore delle costruzioni, a supporto del processo decisionale, con lo scopo di: specificare gli obiettivi di ciascuna delle fasi di un processo (numerate da 0 a 7) introdotte nella UNI 11337-1. Il modello, gli oggetti e gli elaborati informativi hanno carattere

strumentale alla definizione di una scala comune di livello di sviluppo informativo degli oggetti relativi ai modelli, e di una scala comune di stati di lavorazione e di approvazione del contenuto informativo. La norma UNI 11337-4 è applicabile a qualsiasi tipologia di prodotto (risultante) di settore (sia esso un edificio, una infrastruttura, un intervento territoriale – ad esempio un bacino, una scogliera, ecc.) e a qualsiasi tipologia di processo (di ideazione, di produzione o di esercizio), per interventi di nuova costruzione e di conservazione, demolizione e/o riqualificazione dell’ambiente o del patrimonio costruito;

- Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati (UNI 11337-5:2017). Questa parte definisce i ruoli, le regole ed i flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati;
- Parte 6: Linee Guida per la redazione del capitolato informativo (UNI/TR 11337-6:2017). La UNI/TR 11337-6 è una esemplificazione di come debba essere strutturato il Capitolato Informativo, quest’ultimo presentato nei suoi aspetti concettuali nella UNI 11337-5 della quale la UNI/TR costituisce essenzialmente un allegato. La struttura di “Capitolato informativo” proposta dalla norma è organizzata in quattro parti: (I) Premesse, (II) Riferimenti normativi, (III) Sezione tecnica e (IV) Sezione gestionale;
- Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi (UNI 11337-7). Non ancora pubblicata;
- Parte 8: Processi integrati di Gestione delle Informazioni e delle Decisioni (UNI 11337-8). Non ancora pubblicata (10) (11).

In questo quadro normativo complesso ed ancora in fase di modifiche sulle restanti parti molte sono le perplessità e i problemi riscontrati dagli utenti che si interfacciano a questa nuova metodologia. Una ricerca pubblicata in seguito al “2° Forum Internazionale OICE sul BIM, Roma – 22 Giugno 2017” mette in evidenza come non vi sia ancora chiarezza assoluta né tra chi si occupa di progettazione, né tra le stazioni appaltanti. La ricerca ha preso in esame 37 bandi di gara realizzati con metodologia BIM e pubblicati in Italia tra l’1 gennaio 2016 ed il 31 maggio 2017. L’analisi ha evidenziato le seguenti criticità:

- utilizzo del termine BIM con diversi significati;
- assenza di modelli standard e *best practies* consolidate a livello internazionale;
- richiesta di capitولاتi informativi senza ulteriori specifiche sui criteri di redazione;
- disomogeneità nelle richieste formulate dalle stazioni appaltanti;
- difficile interazione tra la committenza ed il modello BIM.

Con l’obiettivo di evitare errori di comprensione e traduzione è stato recentemente tradotto in lingua italiana il BIM Dictionary, cercando di omogeneizzare il più possibile ed istruire gli utenti ad una corretta terminologia (8).

2. Caso studio

La metodologia BIM descritta nel capitolo introduttivo è stata impiegata nella realizzazione di una porzione del modello dell'Allianz Stadium, tramite l'utilizzo del software Autodesk Revit 2017.

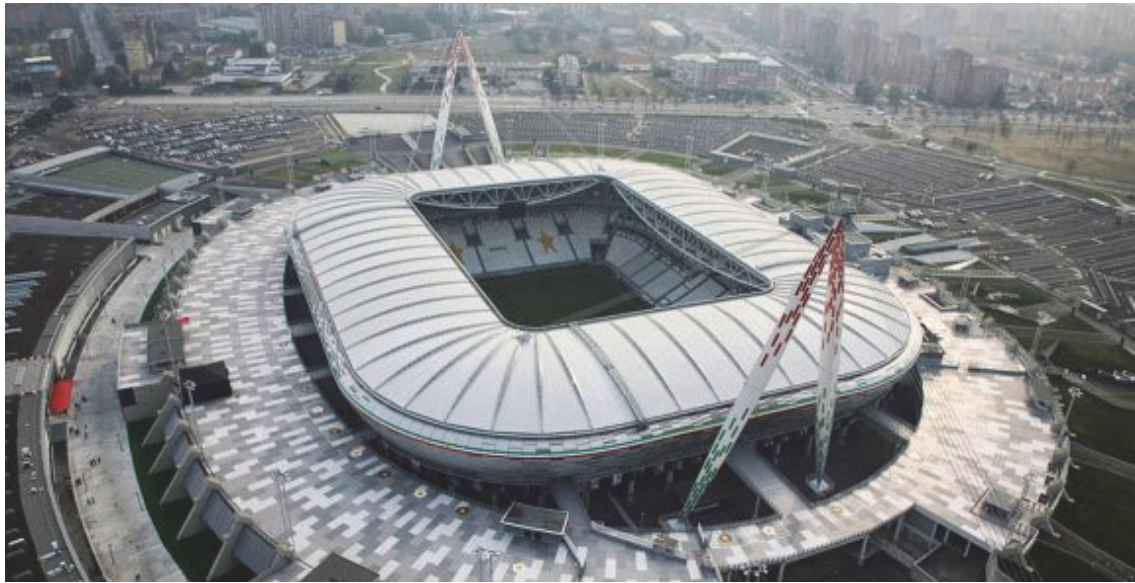


Figura 2.1 - Allianz Stadium, vista aerea

Fonte: <https://www.rete7.cloud/lo-juventus-stadium-diventa-allianz-stadium/>

L'Allianz Stadium, precedentemente denominato Juventus Stadium o più semplicemente Stadium, è un impianto calcistico sito nella città di Torino, tra i quartieri Vallette e Lucento in prossimità dell'area Continassa, nella V circoscrizione nell'area nord-occidentale della città.

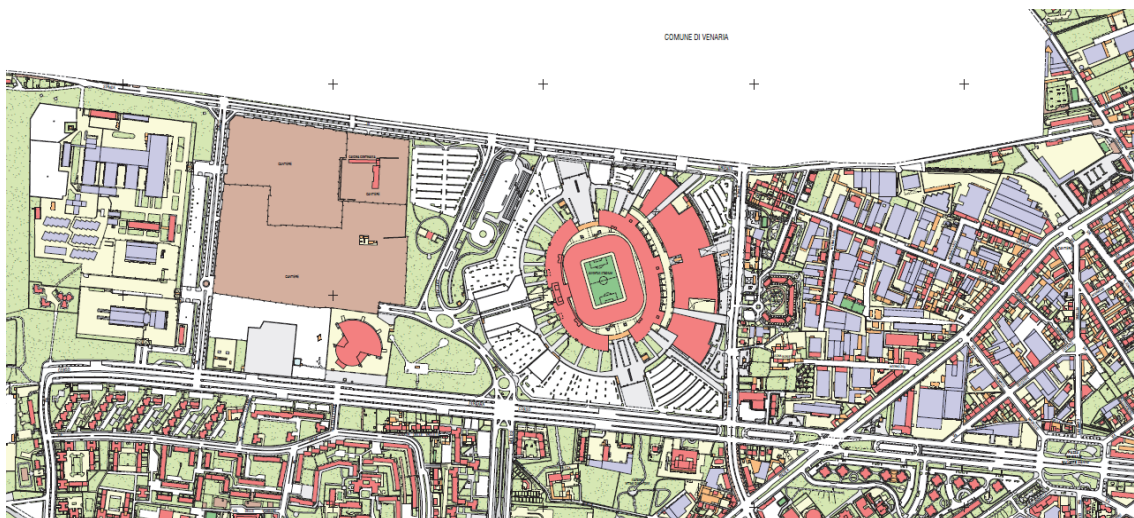


Figura 2.2 - Inquadramento Allianz Stadium, estratto CT005 Comune di Torino

Fonte: http://www.comune.torino.it/geoportale/carta_tecnica/5000/CO/cart005_CO.pdf

Di proprietà della società calcistica Juventus Football Club, lo Stadium è sede degli incontri interni della prima squadra dalla stagione 2011-2012. Sesto stadio italiano per capienza con circa 41 500 spettatori, nonché primo in Piemonte, esso sorge sull'area del preesistente e demolito stadio Delle Alpi, di cui riutilizza parte delle strutture.

L'Allianz Stadium è stata la prima struttura calcistica italiana priva di barriere architettoniche. È inoltre uno dei quattro stadi italiani (assieme all'Olimpico di Roma, al Giuseppe Meazza di Milano e all'Olimpico Grande Torino di Torino) a rientrare nella categoria 4 UEFA, ovvero quella con le migliori caratteristiche dal punto di vista dell'illuminazione, capacità e dimensioni. L'appartenenza alla più alta categoria UEFA, precedentemente denominata "Elite", corrisponde alla possibilità di ospitare le finali del più prestigioso torneo continentale: la UEFA Champions League. Lo Stadium è inoltre il primo impianto moderno di proprietà di un club in Italia. Ritenuto tra gli impianti più avanzati a livello mondiale, oltre che uno dei simboli architettonici della Torino contemporanea nonché tra i maggiori poli di attrazione turistica della città, lo Stadium è stato premiato con lo Stadium Innovation Trophy al Global Sports Forum 2012 quale scenario sportivo più innovativo d'Europa.

Il 18 giugno 2002 la Juventus firma un accordo con la municipalità torinese, che consegna alla società bianconera il diritto di superficie sull'area del "Delle Alpi" per i successivi 99 anni; il patto, oltre alla futura costruzione di un nuovo stadio, prefigura una vera e propria "cittadella bianconera" nella zona della Continassa, con museo, centro medico e sede societaria.

Il 18 marzo 2008 il consiglio di amministrazione della Juventus delibera ufficialmente la costruzione di un nuovo stadio, in sostituzione dello stadio "Delle Alpi". L'investimento complessivo per la realizzazione del nuovo impianto, inizialmente stimato tra i 105 e i 120 milioni, è stato infine quantificato in 155 milioni di euro. Il progetto è stato affidato agli studi GAU e Shesa sotto il coordinamento degli architetti Hernando Suarez e Gino Zavanella, e agli ingegneri Francesco Ossola e Massimo Majowiecki.

I lavori di demolizione dello stadio "Delle Alpi", avvenuti tra il novembre 2008 e il marzo 2009, hanno consentito il recupero delle fondamenta e di parte di tale struttura, compresa la zona del terreno di gioco.

L'Allianz Stadium è stato progettato e realizzato seguendo i massimi standard di sicurezza e agibilità. L'accesso avviene da quattro ingressi posti sugli angoli, con ampie rampe che seguono il profilo della collina sulla quale sorge l'impianto portando a un anello che circonda lo stadio. Le panchine sono posizionate in prima fila all'interno della tribuna, sul modello degli stadi inglesi. Alle gradinate e alle tribune, che sono poste a 7,5 metri di distanza dal terreno di gioco, si accede da 16 passerelle distribuite nei diversi settori dell'impianto. In caso di emergenza, gli studi effettuati assicurano che l'evacuazione dell'impianto può essere conclusa in meno di quattro minuti. Al di sotto delle gradinate sono state realizzate le aree di servizio allo stadio e alla squadra. Nella parte superiore, con un profilo di grande leggerezza ed essenzialità sorge lo stadio, con le gradinate e i palchi: il tutto è inserito in un unico profilo a semicerchio senza soluzione di continuità.



Figura 2.3 - Allianz Stadium, foto interna

Fonte: <http://hoteldropiluc.it/partite-juventus-stadium/>

È il primo stadio eco-compatibile al mondo: tutto il materiale frutto della demolizione del Delle Alpi è stato infatti separato per tipologia, riciclato totalmente e riutilizzato, in parte nel nuovo cantiere con un risparmio globale di circa 2,3 milioni di euro. Il calcestruzzo opportunamente triturato e l'alluminio, l'acciaio e il rame nuovamente fusi, sono stati riutilizzati per la nuova costruzione.

Oltre al riutilizzo di materiali il progetto ha previsto l'applicazione di sistemi a ridotto impatto ambientale e all'utilizzo di tecnologie avanzate ed ecosostenibili. Si è infatti mirato alla riduzione del consumo energetico proveniente da energie non rinnovabili tramite l'adozione di soluzioni d'avanguardia atte a eliminare gli sprechi ottimizzando lo sfruttamento dell'energia (12).

3. Metodologia e modellazione

In questo capitolo viene descritta la metodologia di lavoro utilizzata per il raggiungimento degli obiettivi. Essendo tale tesi inquadrata in un programma triennale di dottorato sono state ereditate alcune considerazioni svolte a monte del progetto, talvolta modificate per considerazioni e aggiornamenti successivi.

Ogni volta che si lavora su un progetto, sia complesso come il presente caso studio che di più facile approccio, è fondamentale non perdere di vista il fine ultimo del lavoro, solo così si sarà in grado di soddisfare tutti i requisiti richiesti. Per questo motivo è fondamentale definire sin dall'inizio che tale modello è orientato al Facility Management dell'Allianz Stadium e che permetterà di interrogare il modello per la futura gestione degli spazi e degli impianti dell'edificio.



Figura 3.1 - Impiego del Facility Management

Fonte: <http://www.jebelfm.com/facility.html>

Per questo motivo è importante controllare periodicamente e svolgere dei test per capire come poi tale modello si interfacci con il/i software di gestione e capire quindi come compilare il DataBase per agevolarne la trasmissione dei dati e la lettura.

Prima di entrare nel dettaglio della modellazione occorre definire le norme a cui fare riferimento. Qui di seguito vengono elencati i riferimenti normativi utilizzati per la definizione dell'iter progettuale:

- **BS 1192:2007** - Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice;
- **UNI 11337:2017** - Edilizia e opera di in ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni;
- **Omniclass 2016** - LOD Spec 2016 – For Building Information Models;

- **2012 CSI CODES** - MasterFormat Transition Matrix – 1995 Edition to 2012 MasterFormat Update;
- **UNI 8290** - Edilizia Residenziale – Sistema Tecnologico. Classificazione e Terminologia.

La digitalizzazione dei processi costruttivi definisce l'utilizzo di un ambiente condiviso per la consultazione dei dati, delle informazioni e dei contenuti informativi dove ogni attore possa sempre interagire con gli altri al fine dell'ottimizzazione dell'intero flusso informativo. Questo ambiente viene definito in modo univoco tramite la norma britannica BS11992 del 2007, denominato CDE, Common Data Environment, la cui strutturazione viene riportata qui di seguito in figura 3.2 e spiegata nel dettaglio.

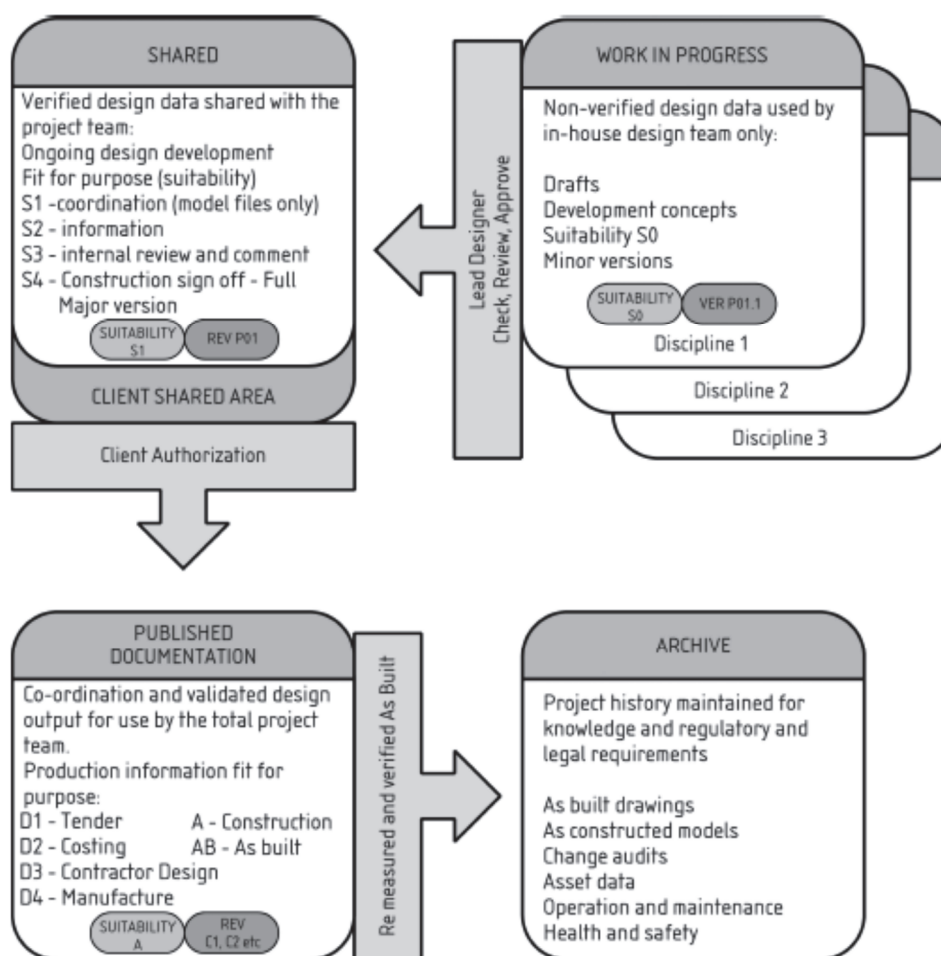


Figura 3.2 - Common Data Environment (CDE)

Fonte: BS 1192:2007

Lo standard per la classificazione del file/documento all'interno dell'ambiente di lavoro condiviso viene qui ripreso sulla base di quanto esplicitata dalla BS 1192:2007:

- In lavorazione (**WIP**):
 - S0 - lavorazione.
- In condivisione (**SHARED**):

- S1 - coordinamento (solo per modelli);
- S2 - informazione;
- S3 - revisione interna e commenti;
- S4 - licenziato per la costruzione;
- S5 - fabbricazione;
- S6 - autorizzazione PIM (Project Information Model);
- S7 - autorizzazione AIM (Project Information Model);
- In pubblicazione autorizzati dal committente (**ARCHIVE**):
 - A – costruzione;
 - B - costruzione (parziale per committente);
 - AB - as-built;
- In pubblicazione istanze temporanee delle discipline, non autorizzate dalla committenza (non utilizzabili in fase di costruzione), per fase di progetto (**PUBLISHED DOCUMENTATION**):
 - D1 - appalto (stima);
 - D2 - stima (appalto);
 - D3 – esecutivi;
 - D4 - fabbricazione/approvvigionamento;
 - AM - manutenzione.

Tramite questa strutturazione viene assicurata la facilità nel reperimento delle informazioni, il loro aggiornamento e la futura gestione legata agli aggiornamenti derivanti dalle attività di FM (13).

Il CDE è dunque il contenitore di tutte le informazioni riguardanti un'opera che, secondo la norma italiana UNI 11337-5, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- accessibilità, con regole prestabilite in funzione del ruolo all'interno del processo;
- tracciabilità e successione storica di tutto il flusso;
- supporto della maggior parte di tipologie e formati dati e loro elaborazioni;
- possibilità di estrapolazione di informazioni mediante interrogazione;
- possibilità di conservazione e aggiornamento nel tempo;
- garanzia di sicurezza e riservatezza.

L'utilizzo di un ambiente di condivisione aggiornato e accessibile in tempo reale consente di sfruttare al meglio i punti di forza che contraddistinguono la metodologia BIM, quali l'uso di modelli virtuali e di informazioni in formato digitale, non più cartaceo.

I vantaggi riguardano innanzitutto l'automazione del coordinamento informativo fra i diversi team di lavoro seguendo criteri di trasparenza e disponibilità temporale delle

informazioni, quasi immediata. Ciò consente una gestione automatizzata anche dei processi di revisione e di aggiornamento dei modelli e delle informazioni, evitando la ridondanza di dati o duplicazioni degli stessi, errori o misunderstanding che costituiscono l'attuale fonte principale di perdita di tempo e di denaro in fase di progettazione, costruzione e gestione dell'opera durante la fase di esercizio (6).

In ciascun ambiente del CDE ogni documento è identificato mediante una codifica univoca e ben definita.


C:\Progetto_Juventus\CDE\WIP\JS_S0_P01_BIM\JS_PT_M3_Z_S0_P01.0_ARCH Models				
Nome	Ultima modifica	Tipo	Dimensione	
 JS_PT_M3_Z_S0_P01.0_WRK_RR	22/02/2018 18:22	Revit Project	68.392 KB	

Figura 3.3 - Esempio di codifica adottata

Nella codifica adottata ogni campo viene compilato in maniera univoca ed esaustiva come qui di seguito riportato:

JS_PT_M3_Z_S0_P01.0_WRK_RR

Dove:

- JS: Rappresenta l'identificativo del progetto a cui il file fa riferimento;
- PT: Politecnico di Torino, questa parte indica il soggetto che ha curato l'elaborazione del file;
- M3: Rappresenta la tipologia di informazione all'interno del file, vedi figura 3.4;
- Z: Indica il ruolo delle informazioni trattate nel file, vedi figura 3.4;
- S0: È lo standard per la classificazione del file all'interno dell'ambiente di lavoro condiviso secondo la nomenclatura suggerita dalla BS 1192:2007 e introdotto precedentemente;
- P01: Rappresenta il progressivo della revisione effettuata del file;
- .0: Indica il progressivo del file che si sta modificando;
- WRK_RR: È la parte conclusiva del nome ed indica le specifiche del file.

E) File types for drawings and models			
Code	File Type		
AF	Animation file (of a model)	A	Architect
CM	Combined model (combined multidiscipline model)	B	Building Surveyor
CR	Specific for the clash process	C	Civil Engineer
DR	2D drawing	D	Drainage, Highways Engineer
M2	2D model file	E	Electrical Engineer
M3	3D model file	F	Facilities Manager
MR	Model rendition file for other renditions, e.g thermal analysis etc.	G	Geographical and Land Surveyor
VS	Visualization file (of a model)	H	Heating and Ventilation Designer
File types for documents		I	Interior Designer
Code	File Type	K	Client
BQ	Bill of quantities	L	Landscape Architect
CO	Correspondence	M	Mechanical Engineer
CP	Cost plan	P	Public Health Engineer
DB	Database	Q	Quantity Surveyor
FN	File note	S	Structural Engineer
HS	Health and safety	T	Town and Country Planner
IE	Information Exchange file	W	Contractor
MI	Minutes / action notes	X	Subcontractor
MS	Method statement	Y	Specialist Designer
PP	Presentation	Z	General (non-disciplinary)
PR	Programme		
RD	Room data sheet		
RI	Request for Information		
RP	Report		
SA	Schedule of accommodation		
CA	Calculations		
SH	Schedule		
SN	Snagging list		
SP	Specification		
SU	Survey		

Figura 3.4 - Codifica per tipi di documenti e per la disciplina contenuta nel file

Fonte: BS 1192:2007

Nel nostro caso applicativo si è deciso di utilizzare la norma BS 1192:2007 e la UNI 11337:2017 per quanto riguarda la codifica, mentre per l'ambiente di condivisione dati si è preferito l'utilizzo di un unico CDE, dal momento che la normativa italiana fa riferimento, nella definizione delle caratteristiche dell'ACDat, alla strutturazione del CDE definito sulla base della normativa britannica.

In particolare, essendo ancora nella fase preliminare di creazione del progetto, si è fatto riferimento alla sola parte WIP - Work In Progress, così strutturata:

C:\Progetto_Juventus\CDE\WIP			
	Nome	Ultima modifica	Tipo
> Accesso rapido	JS_S0_Archibus	19/01/2018 10:32	Cartella di file
> Dropbox	JS_S0_Codification	23/01/2018 10:22	Cartella di file
> OneDrive	JS_S0_Coordination Reunion	19/01/2018 10:32	Cartella di file
> Questo PC	JS_S0_Documents and Legislation	19/01/2018 10:33	Cartella di file
> Rete	JS_S0_Materials	19/01/2018 10:33	Cartella di file
	JS_S0_Model files	19/01/2018 10:33	Cartella di file
	JS_S0_P01_BIM	05/02/2018 11:31	Cartella di file
	JS_S0_P02_Test Naviswork	19/01/2018 10:37	Cartella di file
	JS_S0_Relief	19/01/2018 10:42	Cartella di file
	JS_S0_Tesi JV	19/01/2018 10:42	Cartella di file
	JS_S0_Test aree	19/01/2018 10:42	Cartella di file
	JS_S0_Test IFC	19/01/2018 10:43	Cartella di file

Figura 3.5 - Strutturazione cartella WIP del caso studio

Il CDE viene coordinato dalla committenza che definisce le modalità con cui ciascun soggetto effettua il caricamento e l'accesso ai dati.

Come già detto, nonostante la progettazione sia stata svolta secondo tecniche tradizionali, la committenza ha richiesto lo sviluppo di un modello BIM dello stadio finalizzato alle attività di FM.

Questo comporta un incremento delle spese economiche e del tempo, dovuto alle attività di rilievo ed all'analisi degli elaborati fin qui prodotti anche se sicuramente garantisce maggior controllo tramite confronto con gli elaborati già esistenti.

Pensando alla strutturazione di un modello così complesso la scelta risiedeva tra l'utilizzo dei workset divisi per discipline e la creazione di un unico file oppure l'utilizzo dei modelli federati basati sui link.

La prima soluzione ha subito presentato problemi di dimensioni eccessive (oltre i 250 Mb, dal momento che per l'elaborazione del presente progetto si prevede l'impiego del software Autodesk Revit) e problemi di sincronizzazione con il modello centrale, nonostante il vantaggio di avere tutto in un unico file sia di grande rilevanza.

La scelta dei modelli federati, basati sui link, permette di scorporare il modello per discipline e di creare un file di coordinamento sia a livello disciplinare che complessivo. Tale soluzione risolve il problema della proprietà del file, di cui così è responsabile una determinata persona e della pesantezza dei file, che sono più leggeri e facilmente gestibili, ed è stata quella adottata nel progetto.

La strutturazione del modello è stata così pensata e realizzata:

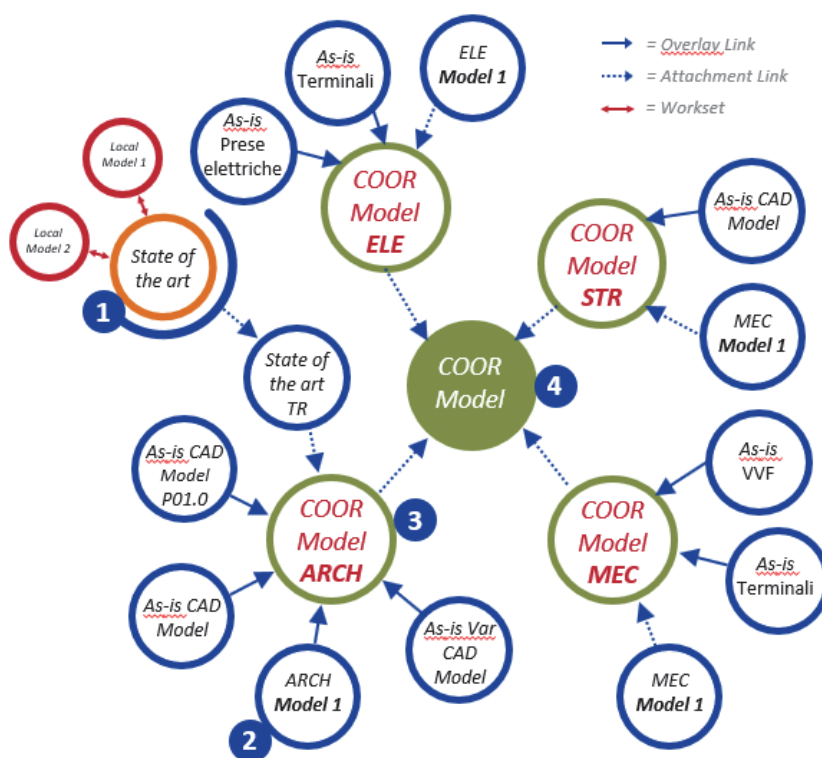


Figura 3.6 - Project workflow per il caso studio

Fonte: Slide di coordinamento redatte dal laboratorio Drawing TO the Future

Così facendo i singoli modelli, che corrispondono ad esempio per l'architettone con i modelli di ogni livello, verranno poi linkati in un unico file di coordinamento disciplinare

architettonico e successivamente verranno raggruppati tutti i modelli di coordinamento disciplinare in un unico file di coordinamento globale. Operando con i modelli linkati si riesce ad ottenere un modello completo a livello informativo, che permette l'aggiornamento da parte dei singoli manutentori durante l'intero ciclo di vita dell'opera, le dimensioni contenute del file e quindi una migliore gestione dello stesso, presentando tuttavia alcune criticità, come illustrato precedentemente.

Nel caso specifico questo progetto di tesi si è focalizzato sulla modellazione architettonica del Livello 5 e della modellazione meccanica del ramo verticale di ventilazione che serve i locali spogliatoio della squadra di casa.

Come abbiamo già detto, la base per la modellazione ed elaborazione del modello BIM sono stati gli elaborati CAD forniti da Juventus F.C. Si è partiti dal template di riferimento, è stato creato un modello per la specifica disciplina e linkato i singoli elaborati CAD di riferimento, ciascuno sul relativo livello di appartenenza.

Il caricamento del file tramite le corrette coordinate è fondamentale per orientare nel giusto modo il modello ed evitare errori.

Le coordinate condivise vengono create all'interno del singolo file ereditandole direttamente dal modello linkato. Per ereditare le coordinate condivise occorre selezionare il modello e successivamente cliccare sul modello dal quale ereditarle, tale modello dopo l'acquisizione delle coordinate può essere eliminato.

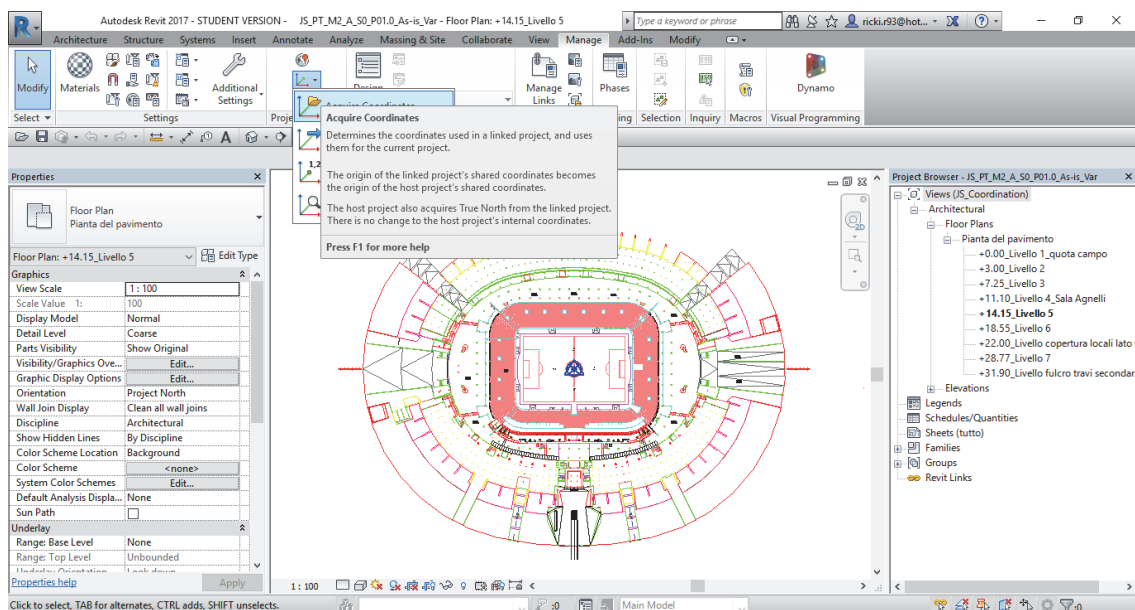


Figura 3.7 - Acquisizione coordinate condivise

All'interno del template di riferimento utilizzato è stato inserito un modello linkato dal quale risulta possibile ereditare le coordinate condivise.

In seguito tramite il comando visibilità grafica, revit links, si seleziona il file .rvt e si setta by linked view selezionando il livello 5.

Se il file viene importato in una posizione sbagliata, occorre andare nelle proprietà, other, shared site, e settare interno, andando a selezionare che lo si sta spostando nell'istanza con le coordinate condivise.

Dato che i singoli file CAD non sono stati settati mediante coordinate condivise occorrerà, come nel caso del file meccanico, importare con il sistema Origin to Origin:

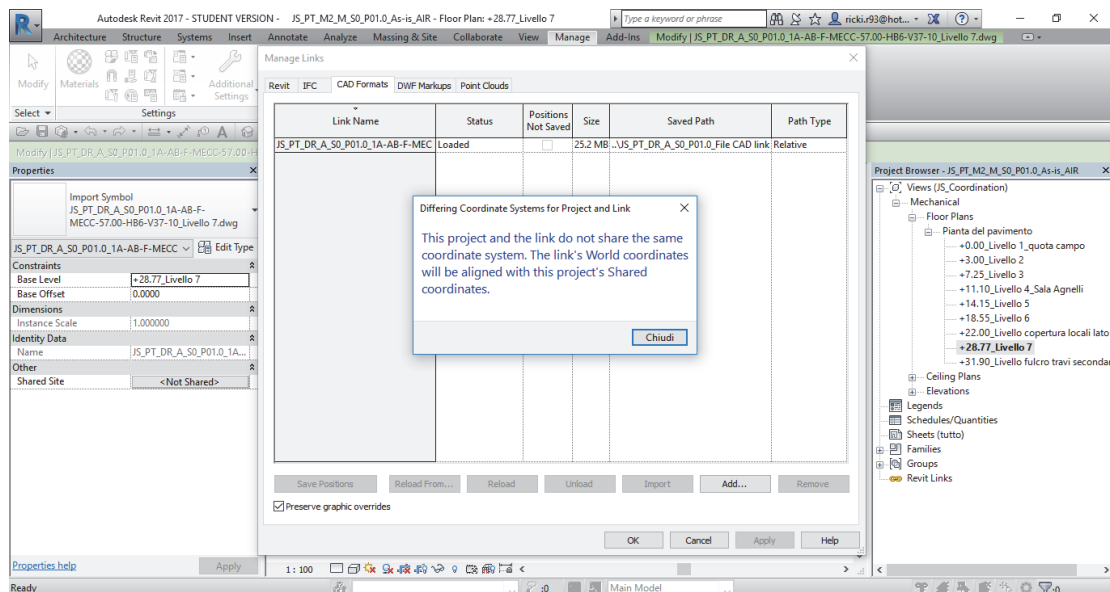


Figura 3.8 - Problema nell'importazione delle coordinate condivise

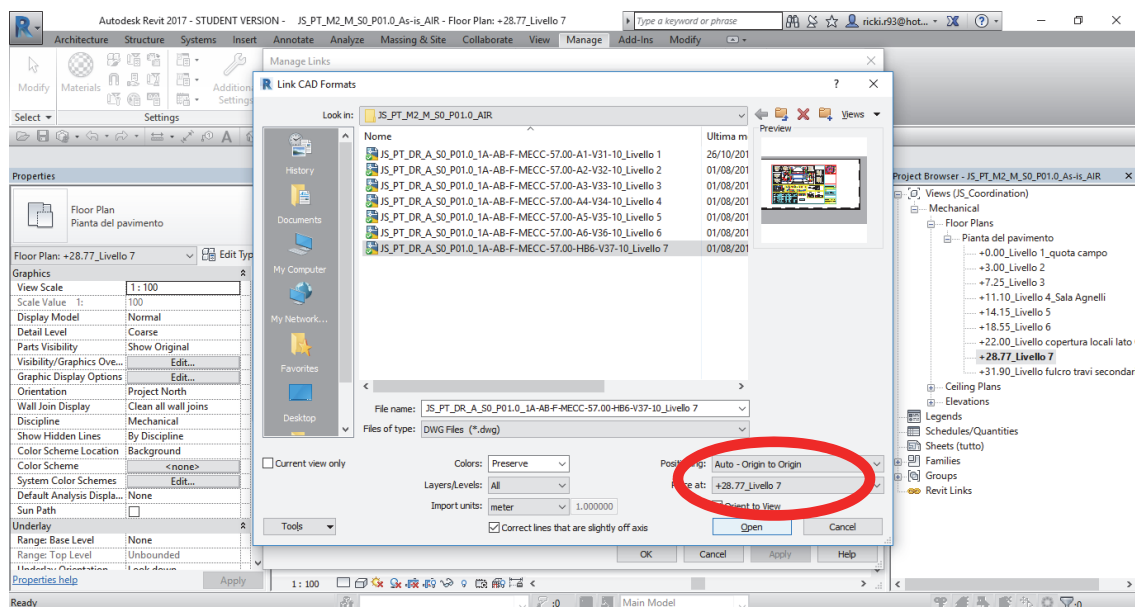


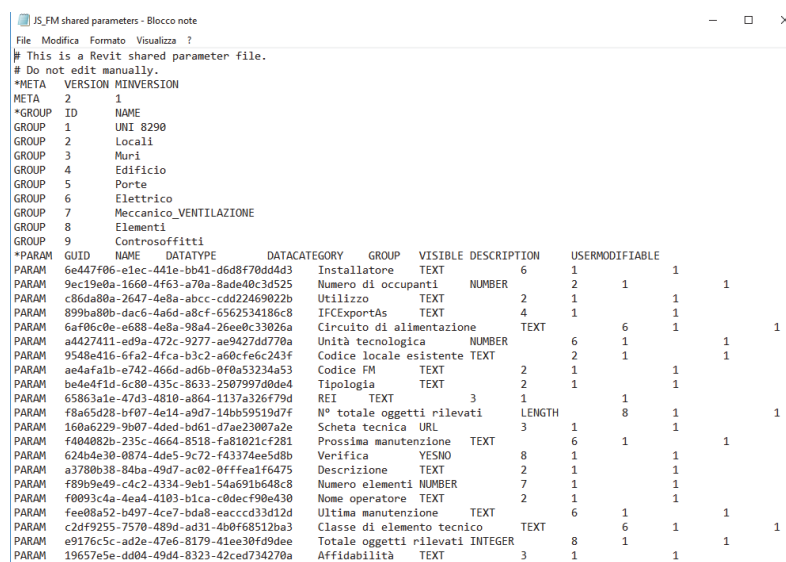
Figura 3.9 - Acquisizione coordinate Origin to Origin

Definite tutte le caratteristiche e le informazioni base per la realizzazione della modellazione, occorre inoltre individuare quali risultano essere le informazioni alfanumeriche che si prevede debbano essere associate ai singoli elementi. Infatti, analizzando i parametri di progetto del software parametrico, è stato riscontrato come questi non siano sufficienti a caratterizzare gli elementi del modello, pertanto è necessario introdurre dei parametri condivisi specifici per le attività, come ad esempio per le attività manutentive.

I parametri condivisi sono definizioni di parametri che è possibile aggiungere a famiglie o progetti. Le definizioni dei parametri condivisi vengono memorizzate in un file

indipendente da qualsiasi file di famiglia o progetto di Revit; in tal modo è possibile accedere al file da diverse famiglie o diversi progetti. Le informazioni definite in una famiglia o in un progetto mediante il parametro condiviso non vengono applicate automaticamente ad un'altra famiglia o progetto utilizzando lo stesso parametro condiviso (14).

Il formato risultante è il seguente .txt:



```

JS_FM shared parameters - Blocco note
File Modifica Formato Visualizza ?
# This is a Revit shared parameter file.
# Do not edit manually.
*META VERSION MINVERSION
META 2 1
*GROUP ID NAME
GROUP 1 UNIT 8298
GROUP 2 Locali
GROUP 3 Muri
GROUP 4 Edificio
GROUP 5 Porte
GROUP 6 Elettrico
GROUP 7 Meccanico_VENTILAZIONE
GROUP 8 Elementi
GROUP 9 Controsoffitti
*PARAM GUID NAME DATATYPE DATACATEGORY GROUP VISIBLE DESCRIPTION USERMODIFIABLE
PARAM 6e447f06-e1ec-441e-bb41-d6d8f70dd4d3 Installatore TEXT 6 1 1
PARAM 9ec19e0a-1668-4f63-a70a-8ade40c3d525 Numero di occupanti NUMBER 2 1 1
PARAM c86da80a-2647-4e8a-abcc-cdd22469822b Utilizzo TEXT 2 1 1
PARAM 899ba80b-dac6-4a6d-a8cf-6562534186c8 IFExportAs TEXT 4 1 1
PARAM 6af06c0e-e688-4e8a-98a4-26ee0c33026a Circuito di alimentazione TEXT 6 1 1
PARAM a4427411-ed9a-472c-9277-ae9427dd770a Unità tecnologica NUMBER 6 1 1
PARAM 9548e416-6fa2-4fca-b3c2-a60cf6c243f Codice locale esistente TEXT 2 1 1
PARAM ae4fa1b-e742-466d-ad6b-0f0a53234a53 Codice FM TEXT 2 1 1
PARAM be4e4f1d-6c88-435c-8633-2507997d0de4 Tipologia TEXT 2 1 1
PARAM 65863a1e-47d3-4810-a864-1137a326f79d RET TEXT 3 1 1
PARAM f8a65d28-bf07-4e14-a9d7-14bb59519d7f N° totale oggetti rilevati LENGTH 8 1 1
PARAM 160a6229-9b07-4ded-bd61-d7ae23007a2e Scheta tecnica URL 3 1 1
PARAM f404082b-235c-4664-8518-fa81021cf281 Prossima manutenzione TEXT 6 1 1
PARAM 624b4e3b-0874-4de5-9c72-f43374ee5d8b Verifica YESNO 8 1 1
PARAM a3780b38-84ba-49d7-ac02-0fffeaf16475 Descrizione TEXT 2 1 1
PARAM f89b9e49-c4c2-4334-9eb1-54a691b648c8 Numero elementi NUMBER 7 1 1
PARAM f0093c4a-4eaa-4103-b1ca-c8decf90a430 Nome operatore TEXT 2 1 1
PARAM fee08a52-b497-4ce7-bda8-eaccd33d12d Ultima manutenzione TEXT 6 1 1
PARAM c2d9f255-7570-489d-ad31-4b0f68512ba3 Classe di elemento tecnico TEXT 6 1 1
PARAM e9176c5c-ad2e-47e6-8179-41ee30fd9dee Totale oggetti rilevati INTEGER 8 1 1
PARAM 19657e5e-dd04-49d4-8323-42ced734270a Affidabilità TEXT 3 1 1

```

Figura 3.10 - File di testo dei parametri condivisi

Come è stato detto prima uno degli aspetti negativi nel realizzare il modello BIM per il FM successivamente alla costruzione è un aumento dei costi e dei tempi. Infatti, non potendo basare unicamente la modellazione sugli elaborati CAD, occorre effettuare attività di rilievo che fungono da verifica e controllo a ciò che viene riportato nei file. Attraverso questa attività è possibile correggere tutte le varie imprecisioni.

Sono stati effettuati, da altri soggetti coinvolti nella realizzazione del modello architettonico, dei rilievi in stadio per i livelli 1 e 2 che hanno permesso appunto di validare le misure a disposizione. Per la validazione degli altri livelli si rimanda invece ai rilievi che saranno svolti in fase manutentiva da parte degli operai.

Per poter riportare questa caratteristica degli elementi nel nostro modello BIM è stato aggiunto il parametro condiviso Affidabilità.

Per la creazione di questo parametro condiviso, da attribuire ad esempio ai condotti, occorre per prima cosa andare nel campo delle impostazioni di Revit e creare il gruppo di parametri ed un nuovo parametro dal campo Shared Parametres.

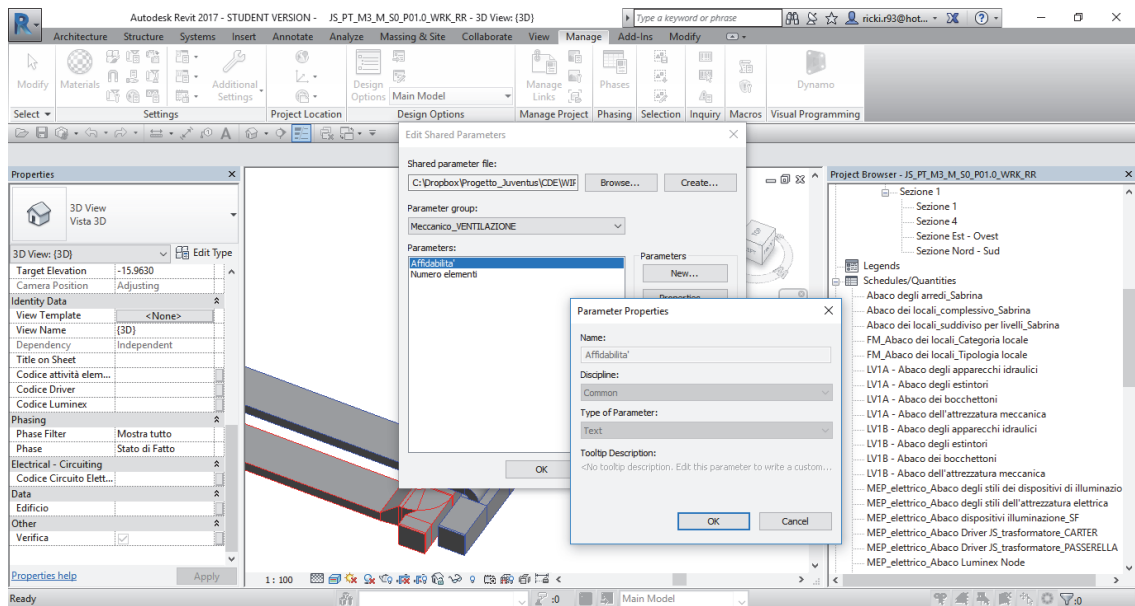


Figura 3.11 - Creazione del parametro condiviso Affidabilità

A questo punto, andando su project parameters, si aggiunge il parametro appena creato, selezionando shared parameter, definendo se si tratta di un parametro di istanza o di tipo, e si effettua il caricamento. Selezionando poi la voce data, tale parametro condiviso comparirà sotto questa casella.

Il parametro condiviso Affidabilità è stato associato ad ogni singolo elemento (muro, divisorio, elemento strutturale, oggetto, condotto) e prevede 3 diversi livelli a seconda di quanto è stato possibile rilevare:

- Livello 1: spessore del muro rilevato, la sua misura è quindi certa e non può variare. Dato che il livello preso in esame in questa tesi non è stato rilevato non si prevede l'inserimento di tale livello di Affidabilità;
- Livello 2: spessore del muro NON rilevato, ma realizzato sulla base degli As-is;

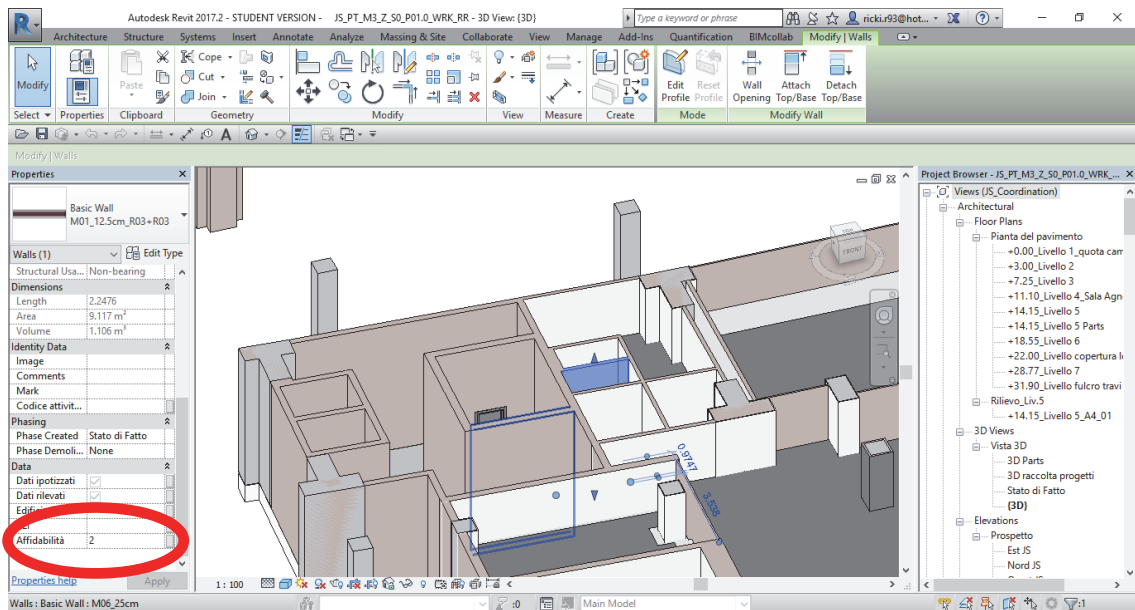


Figura 3.12 - Esempio di livello di Affidabilità 2

- Livello 3: spessore NON rilevato, modificato e/o una dimensione risulta comunque indefinita (ad esempio quota dei condotti dell'impianto di ventilazione non presente nei CAD forniti dalla committenza).

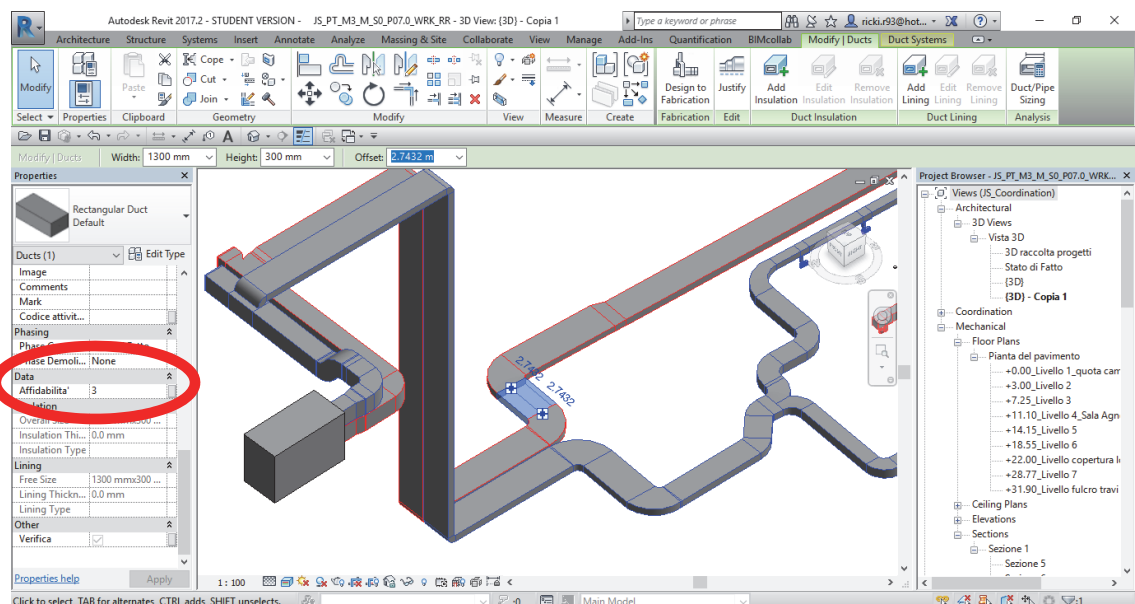


Figura 3.13 - Esempio di livello di Affidabilità 3

Lo scopo dell'inserimento di questo parametro è quello di continuare a migliorare il modello. Ogni volta che il modello BIM dello stadio subirà delle variazioni questo parametro potrà essere aggiornato, in modo da rendere il progetto il più affidabile possibile.

3.1. Modellazione architettonica

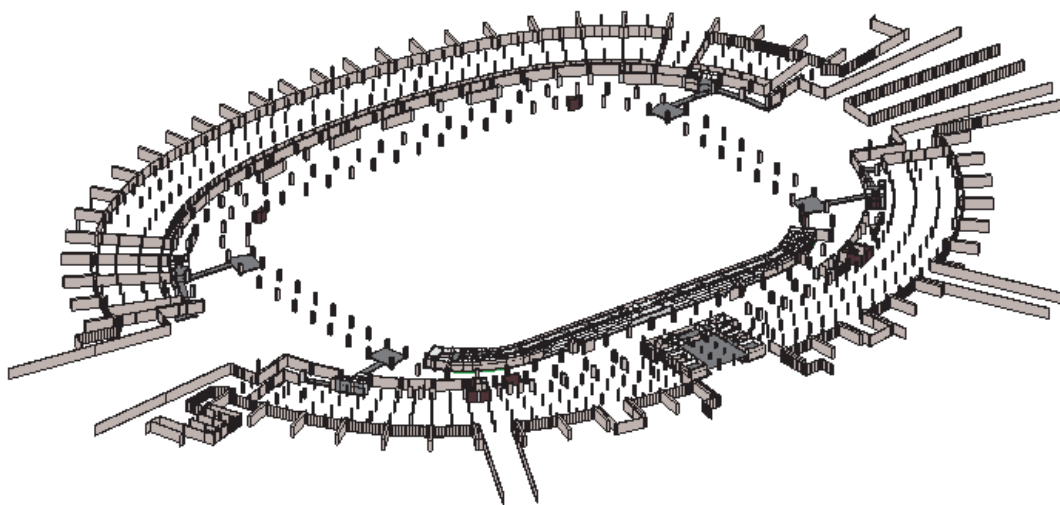


Figura 3.14 - Modello architettonico livello 5

La modellazione architettonica è stata la prima ad essere sviluppata.

Per evitare file troppo pesanti il modello architettonico è stato suddiviso in livelli, ad ognuno di essi corrisponde un file Revit. In tal modo si è resa la modellazione molto più fluida e di facile gestione. Ovviamente durante la sovrapposizione dei modelli bisognerà verificarne la congruenza. Inoltre, tutte le volte che si creerà un nuovo file bisognerà trasferire tutti gli standard di progetto e tutte le famiglie necessarie alla progettazione, così da creare univocità tra i vari modelli.

I livelli creati coincidono quindi in numero e nome con quelli riportati nella nomenclatura dei CAD secondo la figura 3.15 qui di seguito riportata.

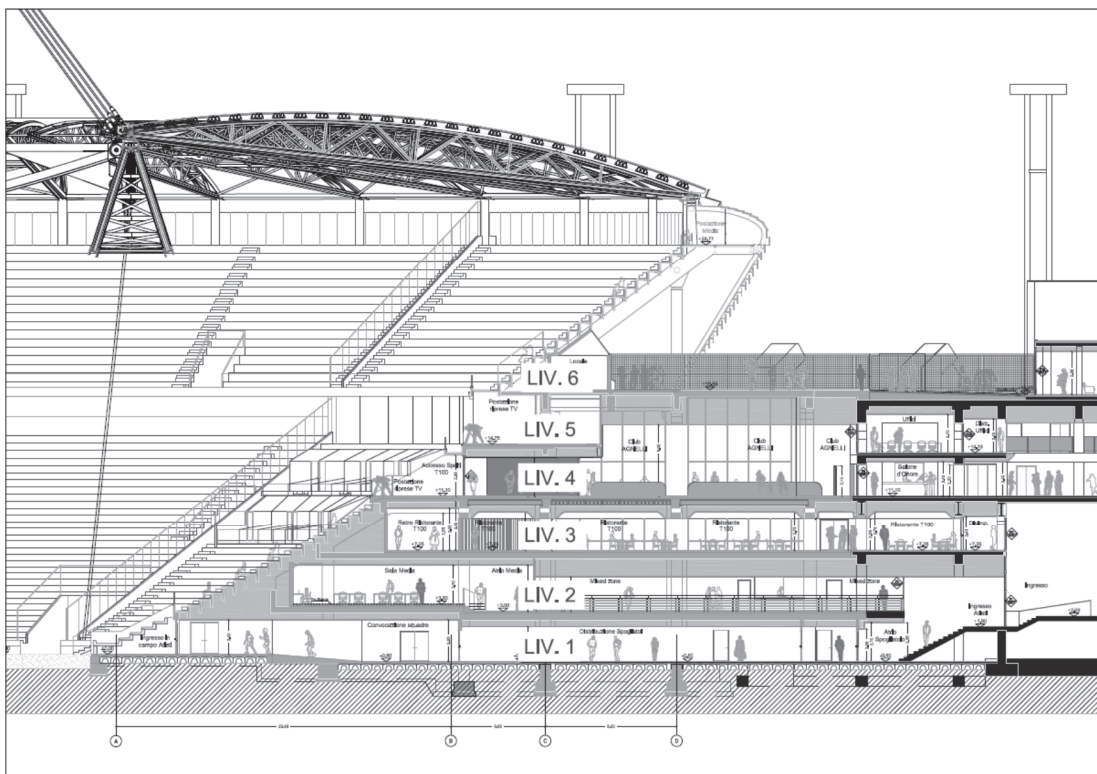


Figura 3.15 - Esempio di documento CAD utilizzato come base per la modellazione, sezione con indicazione dei livelli

Fonte: Materiale fornito da Juventus F.C. spa al Politecnico di Torino

I file CAD ricevuti come base iniziale per la realizzazione dei modelli, risultano così organizzati:

- JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-is: contiene gli elaborati derivanti dagli As-is architettonici;
- JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-is_BP: contiene gli elaborati derivanti dagli As-is_BP architettonici, sarebbero in pratica file identici agli As-is ma che sono stati puliti da informazioni superflue;
- JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-is_Var: contiene gli elaborati derivanti dagli As-is_Varianti architettonici, sarebbero in pratica tutte le varianti effettuate dal momento di costruzione dello stadio ad oggi;
- JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-is_Agg JV: contiene gli elaborati derivanti dagli As-is architettonici che ci sono stati passati in un secondo momento. Sono file più aggiornati rispetto a quelli contenuti in JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-is.

Il file CAD sul quale si è deciso di lavorare è l'As-is Var, perché ritenuto il più aggiornato e contenente informazioni, riguardo le due file di seggiolini che si trovano davanti il locale Hospitality, che non vengono riportate negli altri file. In realtà successivamente si è anche fatto riferimento ad altre due tipologie di file riportanti informazioni su locali non trattati precedentemente a seguito di modifiche successive. Queste saranno:

- JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-Built: contiene gli elaborati derivanti dagli As-Built architettonici;
- JS_PT_M2_A_S0_P01.0_successive modifiche: contiene gli elaborati derivanti dagli As-Built architettonici che ci sono stati passati in un secondo momento. Sono file più aggiornati in quanto contenenti modifiche successive al 2011.

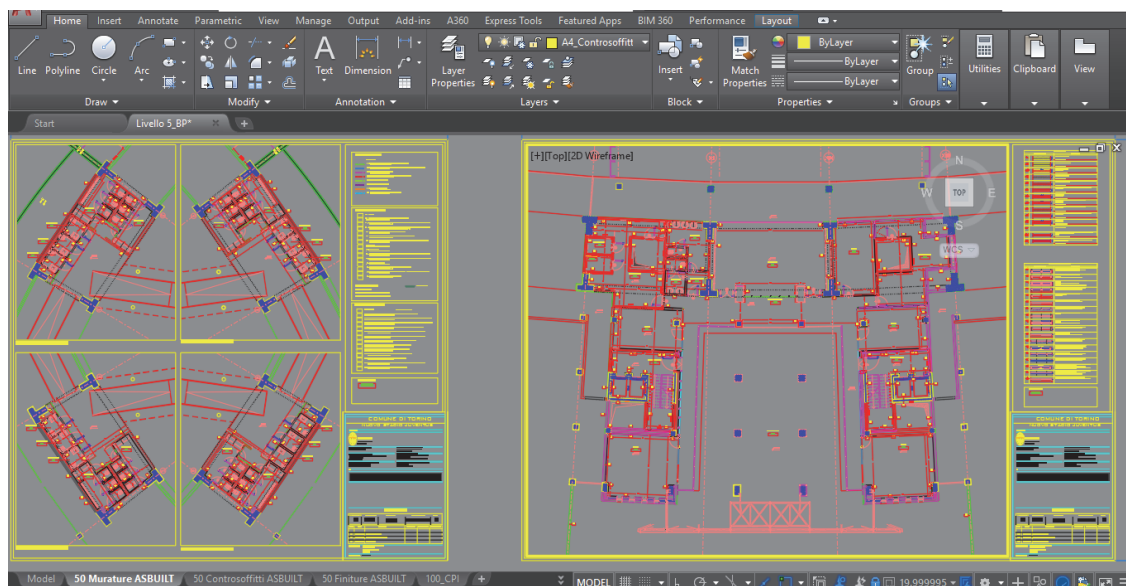


Figura 3.16 - Esempio di documento CAD utilizzato come base per la modellazione, livello 5

Fonte: Materiale fornito da Juventus F.C. spa al Politecnico di Torino

Come anticipato precedentemente è stato creato un file template architettonico da dove è stata avviata la modellazione basandosi sui file CAD.

Dopo varie considerazioni iniziali si è deciso di adottare un LOD 200+ (LOD C), cioè andando ad aggiungere al LOD 200 (LOD B) la finitura delle superfici, cosicché questa possa fornire varie informazioni essenziali quali l'area e l'altezza della finitura stessa, in aggiunta al livello di dettaglio medio che consiste in una rappresentazione 3D della massa dell'elemento.

Le normative di riferimento per la definizione dei LOD sono la G202-2013, Building Information Modelling Protocol Form di AIA e la UNI 11337-4:2017 italiana,

Per giungere alla definizione di una codifica univoca si è ragionato come segue:

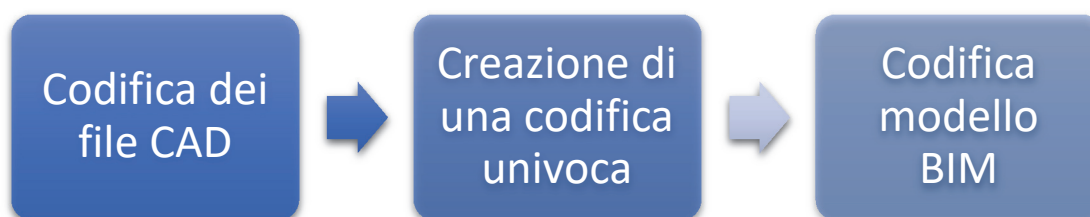


Figura 3.17 - Evoluzione ed applicazione della codifica adottata

Il primo passo, allo scopo di uniformare i vari modelli architettonici è stato quindi quello di definire in modo univoco la codifica degli elementi riportati nei file CAD, essendo questi di diversa tipologia, quali As-is, As-Built e successive modifiche, e aventi una diversa nomenclatura. Si è quindi creata una tabella riassuntiva con una nuova codifica. Qui di seguito, in figura 3.18, viene riportato un estratto semplificato di tale schema, in allegato a fondo elaborato invece le tabelle complete.

CODIFICA RIVESTIMENTI - MURI				
ABACO AS-BUILT	MODELLO BIM	SPESSORI [cm]	DESCRIZIONE AS-BUILT	DESCRIZIONE BIM
R01	R01	2	INTONACO CEMENTIZIO SAINT-GOBAIN PRONTOCEM TOP, sp. 2 cm CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: A1	
R03	R03	2	CERAMICA MONOCOTTURA DI IMOLA - mod. AQUA - colori: 30DW+30DG - dim. 30x30 cm - sp. 7,3 mm CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: -	
R07	R07	2	TAPPEZZERIA AGENA - mod. JUVENTUS CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: -	
R08 ** ***	R08	2	RIVESTIMENTO IN DOGHE DI LEGNO SU PANNELLO IN MDF IGNIFUGATI CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: B-s2,d0	
R11	R11	2	TINTEGGIATURA PER ESTERNI	
R12	R12	2	PITTURA LAVABILE PER INTERNI	
R13	R13	2	SMALTO ACRILICO ALL'ACQUA CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: -	
R18	R18	2	CONTROPARETI IN VETRO TEMPERATO E VERNICIATO CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: -	
R1* **	R19	2	RIVESTIMENTO MURALE SOIE VP 620 40	
R2* **	R20	2	RIVESTIMENTO MURALE SOIE VP 620 61	
R3* **	R21	2	TINTEGGIATURA ACRILICA PER INTERNI	
R4* **	R22	2	TINTEGGIATURA ACRILICA PER ESTERNI (RAL 7035)	
R5* **	R23	2	TINTEGGIATURA ACRILICA PER ESTERNI (RAL 7037)	
R6* **	R24	2	TINTEGGIATURA ACRILICA PER ESTERNI (nero)	
R7* **	R25	2	RIVESTIMENTO IN CERAMICA SMALTATA MODELLO IMOLA CERAMICA dim. 30x30 - sp. 7 mm - colore DG/W	
R8* **	R26	2	RIVESTIMENTO IN PVC ONYX FR ref. 23539	
R9* **	R27	2	RIVESTIMENTO IN PIASTRELLE BISELLATE VOGUE 20X100 BIANCHE CON SGUSCIO A 5 cm	

Figura 3.18 - Esempio di codifica adottata

A partire da tale schema si è definita la codifica da adottare per il modello BIM.

La parte massiva del lavoro nella modellazione architettonica è stata la modellazione delle **murature**, create con famiglie di sistema.

Inizialmente nella codifica è stato definito il solo materiale del nucleo centrale dell'elemento senza tenere conto della tipologia delle finiture e basandosi sull'ingombro totale rilevato da file CAD.

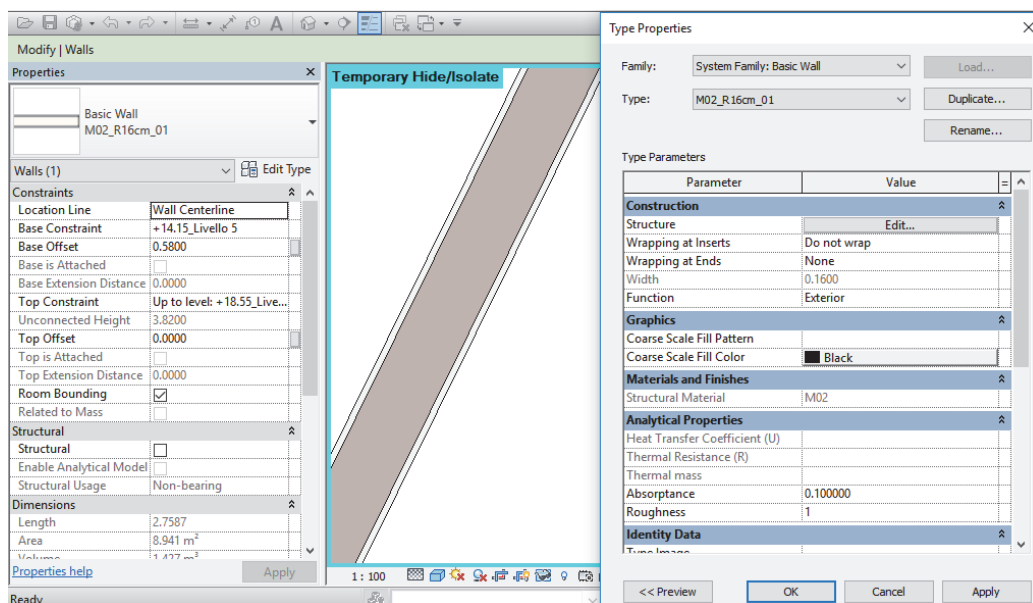


Figura 3.19 - Modellazione muri ed applicazione della codifica

La codifica dell'elemento muro risulta essere la seguente:

MX**X**_R**Y****Y**cm_**Z****Z**

Dove:

- **MX****X**: M indica l'elemento muro, mentre il numero successivo indica il materiale del nucleo centrale, che nel caso di muro composto riporta entrambi i materiali;
- **(R)****Y****Y**cm: R definisce la presenza o meno delle finiture, nel caso di murature senza finiture questa lettera non compare, mentre YY indica lo spessore totale del muro, da ingombro CAD, in cm;
- **Z****Z**: È una numerazione progressiva per identificare i vari tipi di tramezzi.

Per la corrispondente codifica vedi allegati in fondo.

In un primo momento quindi la codifica dell'elemento muro non teneva in considerazione il tipo di finitura, considerazione decisa per limitare le tipologie di muro da creare.

Considerando però una futura unione dei modelli architettonici la presenza del numero progressivo **Z****Z** provoca diversità di nomenclatura.

Per eliminare la discrezionalità nell'inserimento del progressivo si è quindi deciso di inserire la tipologia di finitura all'interno del codice dell'elemento muro.

Le considerazioni finali quindi per la modellazione e codifica delle murature sono:

- Lo spessore totale del muro deve rispettare l'impronta da file CAD As-is, finiture (reali e non simboliche, come in figura 3.20) comprese;

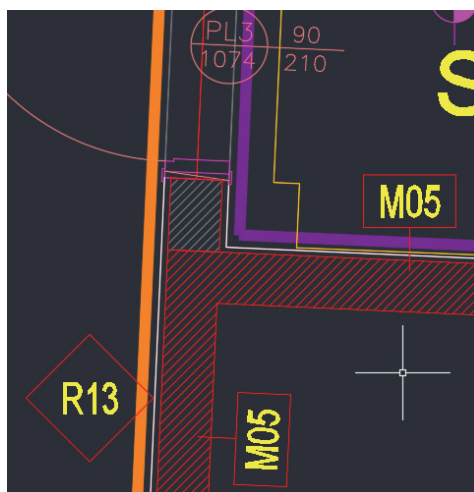


Figura 3.20 - Quotatura file CAD per la determinazione degli spessori

Fonte: Materiale fornito da Juventus F.C. spa al Politecnico di Torino

- Si ipotizzano tutte le finiture di spessore pari a 2 cm e vengono rappresentate all'interno dell'ingombro totale. Lo spessore del nucleo è ricavato quindi mediante differenza tra spessore totale e finiture;
- Ordine di nomenclatura del tipo, nel caso di doppio nucleo e/o finitura su entrambe le facce: sia per il nucleo che per le finiture si ordina dal valore della M o della R minore a salire;
- Rimozione del numero progressivo in quanto ormai inutile.

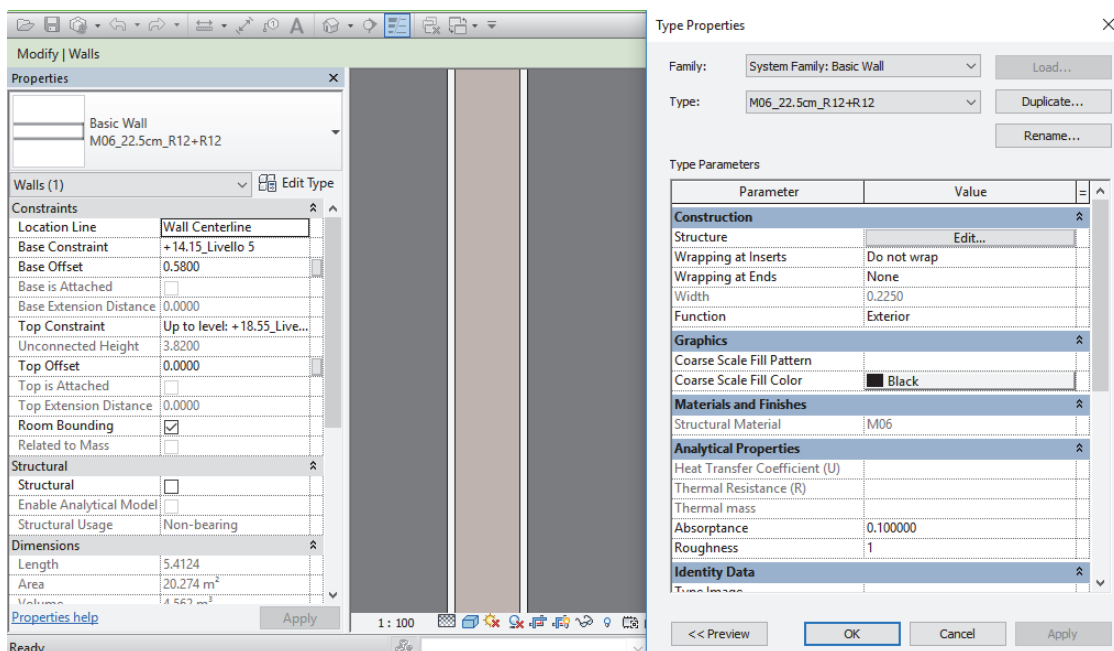


Figura 3.21 - Modellazione muri ed applicazione della codifica corretta

La codifica finale dell'elemento muro risulta essere la seguente:

MXX_YYcm_RZZ

Dove:

- **MXX**: M indica l'elemento muro, mentre il numero successivo indica il materiale del nucleo centrale, che nel caso di muro composto riporta entrambi i materiali;
- **YYcm**: Indica lo spessore totale del muro, da ingombro CAD, in cm;
- **RZZ**: Presente solo quando l'elemento muro possiede la finitura, R indica la presenza di finitura e ZZ indica la tipologia di finitura, ciò definisce in modo univoco l'elemento; nel caso di muro con doppia finitura vengono riportate entrambe.

Nel caso di nucleo singolo è stato effettivamente definito il materiale mentre nel caso di nucleo composto questo risulta un materiale generico.

Come già detto si è definito uno spessore di default di 2 cm per le finiture per non andare oltre un livello di dettaglio LOD 200+.

Se successivamente si deciderà di modificare tale campo occorrerà solamente modificare la struttura del muro senza modificare la nomenclatura, se l'ingombro del muro rimane la stessa.

Oltre ai 3 livelli di affidabilità si è anche presa in considerazione la tolleranza che si può assumere nel rilievo: questa assume un valore massimo di ± 5 cm così da non compromettere troppo le effettive misure rilevate e quanto già modellato e tenendo conto del possibile errore umano nelle misure.

Per la modellazione dei **pilastri architettonici** sono invece state create delle famiglie parametriche e successivamente caricate nel progetto (famiglie caricabili).

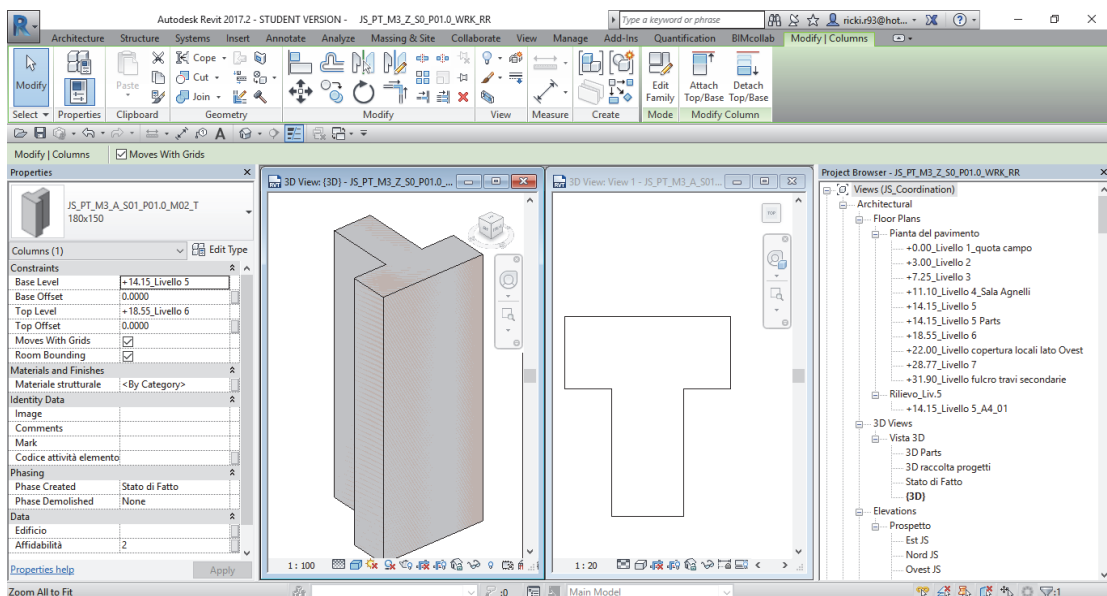


Figura 3.22 - Modellazione pilastro architettonico ed applicazione della codifica

La codifica dell'elemento pilastro risulta essere la seguente:

JS_PT_M3_A_S01_P01.0_MXX_Y_180x150

Dove:

- JS_PT_M3_A_S01_P01.0: Questa parte di codifica indica la tipologia di file. Si è deciso di utilizzare questa codifica per le famiglie caricabili in modo da identificarne la provenienza;
- **MX**: Indica il materiale dell'elemento;
- **Y**: Indica la forma dell'elemento;
- **180x180**: Indica le dimensioni.

Per la modellazione dei **solai architettonici** si è utilizzata la famiglia di sistema, duplicando il tipo in base al materiale. La nomenclatura quindi tiene conto del solo materiale. Si è deciso di attribuire uno spessore di default pari a 2 cm. Se in seguito si modificherà tale valore occorrerà rivedere anche la nomenclatura, che finora non tiene conto dello spessore, che risulta inoltre essere un'informazione difficile da reperire nel materiale progettuale fornito dalla committenza.

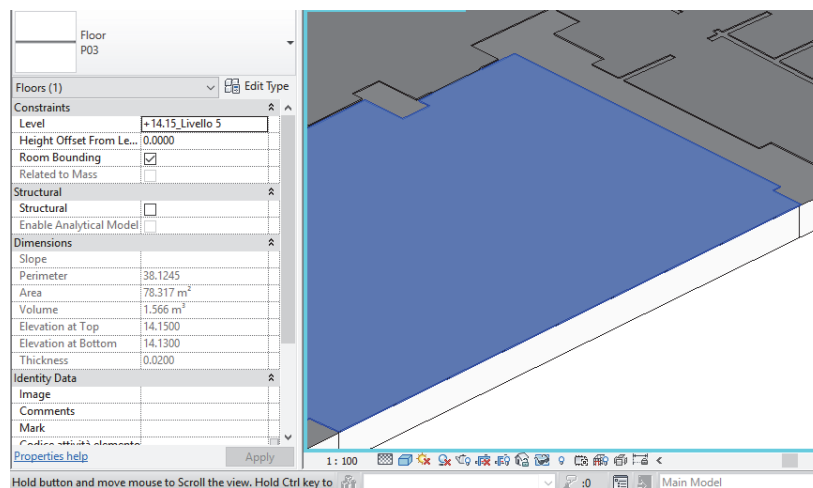


Figura 3.23 - Modellazione dei solai architettonici ed applicazione della codifica

I solai sono stati modellati alla stessa quota dei livelli, in corrispondenza del piano di calpestio. Inoltre, si è deciso, per un corretto calcolo delle metrature dei singoli locali ed evitare approssimazioni eccessive di prendere come riferimento la mezzera della porta.

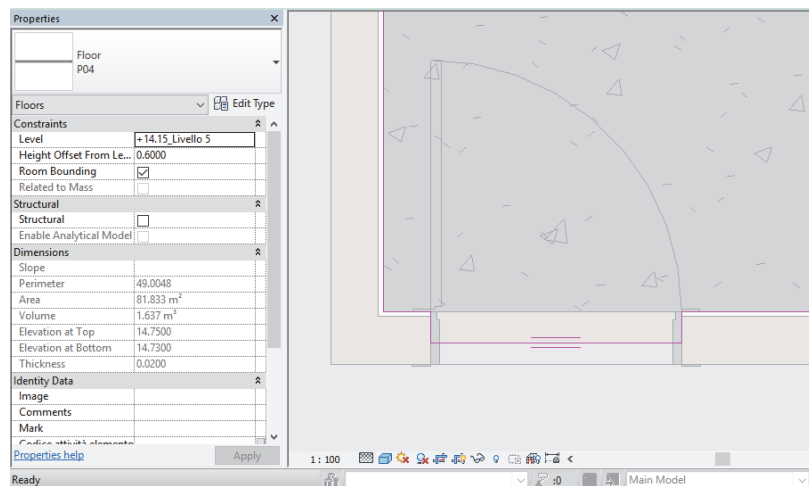


Figura 3.24 - Definizione del contorno del solaio architettonico

La codifica dei solai risulta quindi essere la seguente:

PXX

Dove:

- **PXX**: P indica l'elemento pavimento, mentre il numero successivo indica il materiale.

Un discorso simile a quello descritto per i solai è stato applicato per la modellazione dei **controsoffitti**.

Per i controsoffitti si è utilizzata la famiglia di sistema, duplicando il tipo in base al materiale. La nomenclatura quindi tiene conto del solo materiale. A questi elementi, a seguito di verifica della sezione CAD, è stato attribuito uno spessore di 6.5 cm, mentre l'altezza è rilevabile dalle piante. Se in seguito si modificherà tale valore occorrerà rivedere anche la nomenclatura, che finora non tiene conto dello spessore.

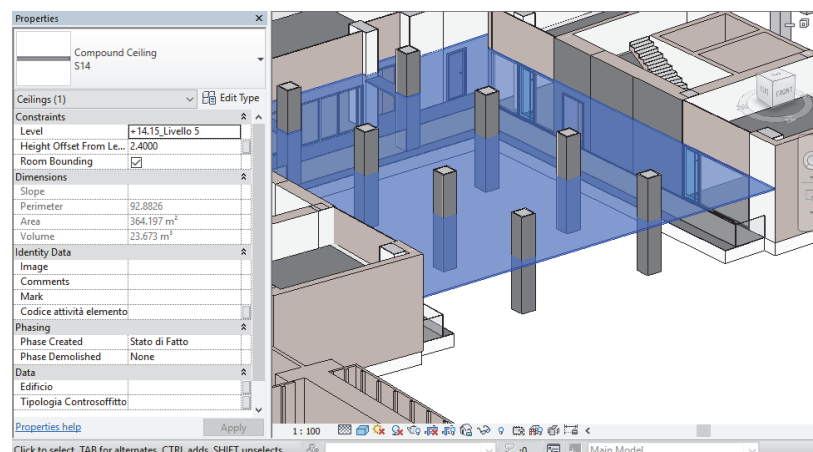


Figura 3.25 - Modellazione dei controsoffitti ed applicazione della codifica

La codifica dei controsoffitti risulta quindi essere la seguente:

SXX

Dove:

- **SXX**: S indica l'elemento controsoffitto, mentre il numero successivo indica il materiale.

Le **facciate vetrate** (curtain wall) rientrano nella macro-categoria muri e sono state modellate come famiglie di sistema duplicando il tipo.

Queste si trovano:

- Sala Hospitality;
- Uffici;
- Sala Regia TV.

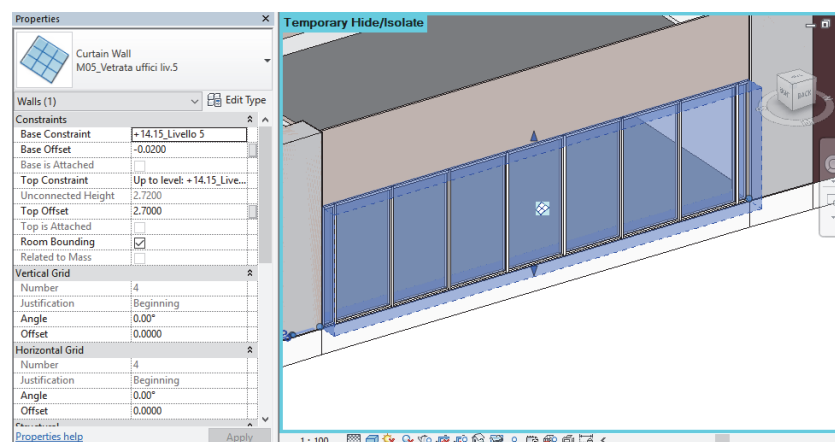


Figura 3.26 - Modellazione facciata vetrata ed applicazione della codifica

La nomenclatura delle facciate vetrate tiene unicamente conto del materiale. Se dovessero essere definiti gli spessori in modo definitivo tramite rilievo occorrerà implementare tale nomenclatura.

La codifica delle facciate vetrate risulta quindi essere la seguente:

MX**X**_**YY****Y**

Dove:

- **MX****X**: M indica l'elemento generico muro, mentre il numero successivo indica il materiale;
- **YY****Y**: Consiste in una breve descrizione dell'elemento.

Dopo aver completato la modellazione geometrica sono stati inseriti i **locali**; questi sono elementi molto importanti per il FM in quanto restituiscono informazioni utili per un dato spazio, consentendone una gestione veloce e ottimale. Attraverso le informazioni restituite dalla creazione del locale vengono visualizzate le relative metrature: perimetro, area e volume, che naturalmente si aggiornano automaticamente con il modificarsi del modello.

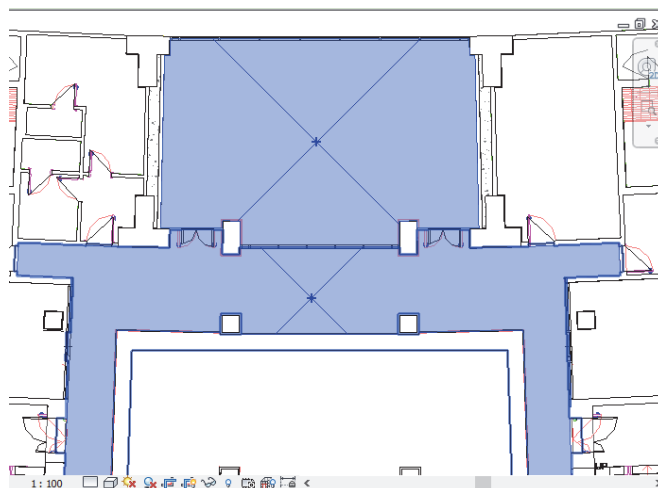


Figura 3.27 - Creazione dei locali

Al momento il software Autodesk Revit non permette il piazzamento dei locali dove la quota del piano di calpestio è maggiore della quota del livello assegnato. Per tale motivo, al fine di una corretta esportazione nel software di FM che verrà utilizzato (Archibus), occorrerà probabilmente creare dei nuovi livelli aventi la quota più alta all'interno del livello stesso. Occorrerà quindi traslare la quota di tracciamento dei locali verso il basso per i locali che si trovano ad un livello superiore, comunque tutti dovranno far riferimento al medesimo livello da connettere al software di FM.

Altro elemento fondamentale da inserire in seguito alla modellazione sono le **etichette**, che ci consentono di verificare il corretto inserimento del materiale.

Per inserirle occorre creare la famiglia e successivamente caricarla come Material Tag:

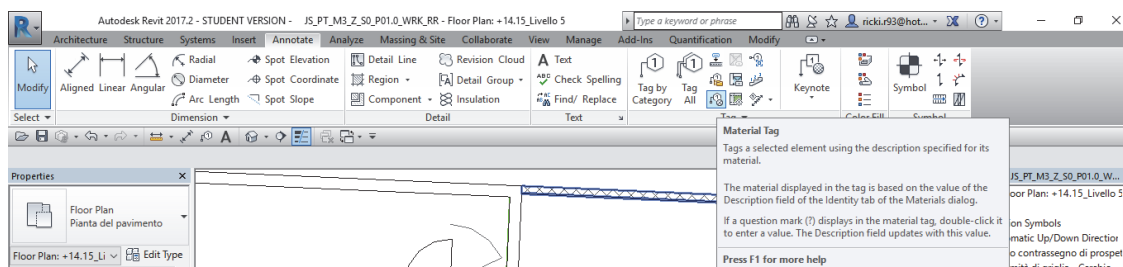


Figura 3.28 - Inserimento delle etichette

Sono state create due tipologie di etichette, una per il materiale del nucleo del muro, e l'altra per la tipologia di finitura.

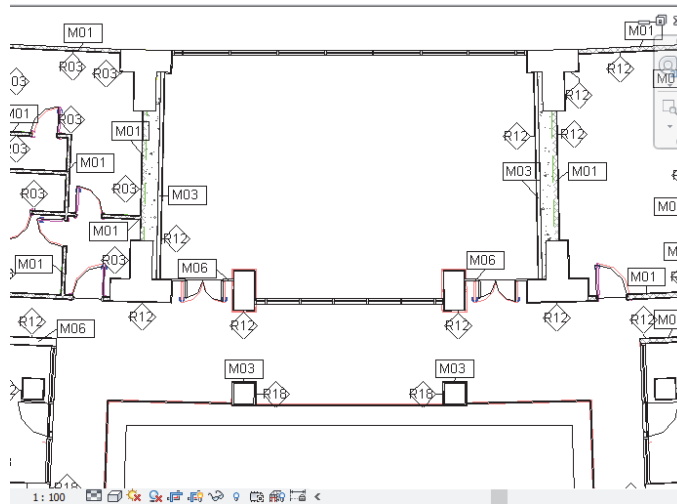


Figura 3.29 - Posizionamento delle etichette

Dovendole inserire con riferimento ai muri è importante controllare il livello di dettaglio di visualizzazione, vedi figura 3.30.

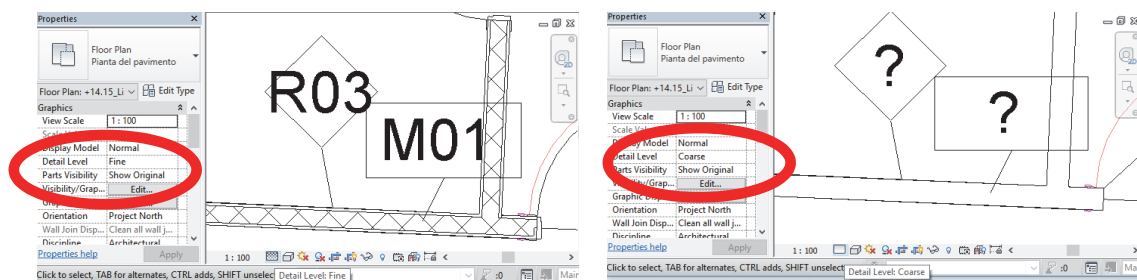


Figura 3.30 - Livello di dettaglio di visualizzazione per le etichette

Un livello di dettaglio basso infatti non permette la distinzione della stratigrafia del muro, per questo motivo l'etichetta non riconosce il materiale.

3.2. Modellazione meccanica

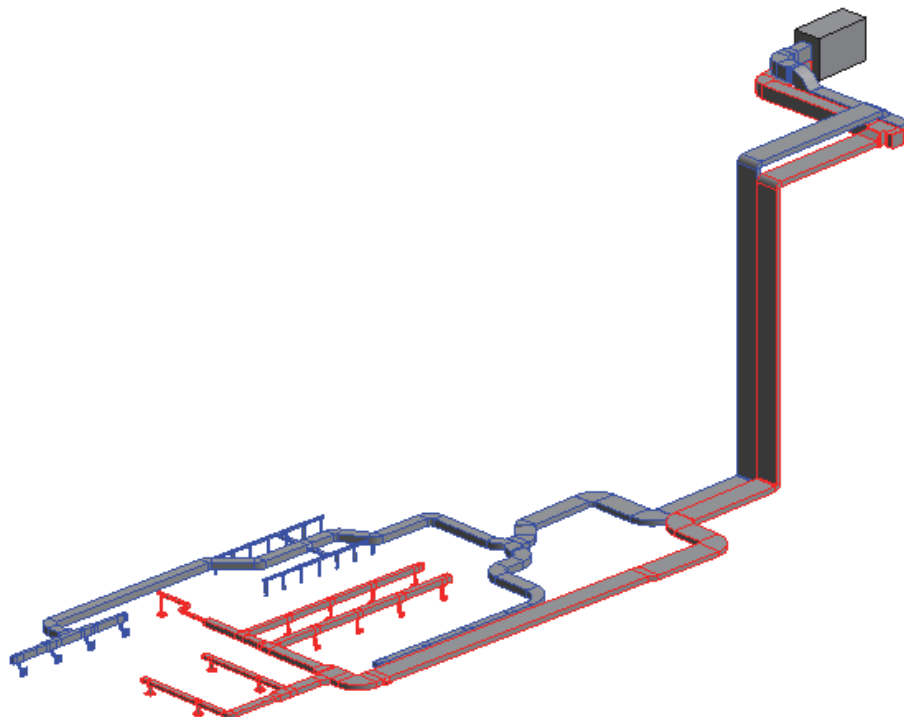


Figura 3.31 - Modello meccanico - Sistema di ventilazione

Come già anticipato, in seguito ad una riunione operativa in stadio viene richiesto dalla committenza del progetto la modellazione dell'impianto meccanico, in particolare di un ramo verticale dell'impianto di ventilazione che serve i locali spogliatoio della prima squadra, per evidenziarne le potenzialità ed individuare specifiche necessità per lo svolgimento di test sulle interferenze tra i modelli linkati.

Il CAD più aggiornato risulta essere l'As-Built dell'anno 2011, e non quello del 2009 inizialmente analizzato, e quindi è stato scelto come file di partenza per la modellazione meccanica dell'impianto di ventilazione. Tale impianto appartiene al sistema alimentato dall'UTA 1, che si trova in corrispondenza del Livello 7 dello stadio.

POSIZIONE	APPARECCHIATURA		
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> UTA1 </div>	UTA SPOGLIATOI		
	Portata mandata	17.000	mc/h
	Prevalenza mandata	300	Pa
	Ass. elettrico mandata	6	kW
	Portata ripresa	16.500	mc/h
	Prevalenza ripresa	250	Pa
	Ass. elettrico ripresa	3	kW

Figura 3.32 - Caratteristiche da scheda tecnica dell'UTA 1

Fonte: Materiale fornito da Juventus F.C. spa al Politecnico di Torino

Al momento tali caratteristiche riportate nella figura 3.32 sovrastante non sono state attribuite all'elemento UTA durante la modellazione, perché il nostro, attualmente, non è un progetto che scenderà nel dettaglio dell'analisi energetica. Se queste considerazioni si renderanno necessarie in seguito occorrerà attribuire tali valori. In questo momento, considerando l'obiettivo per cui è stata effettuata la modellazione, il lavoro è stato limitato alla verifica della corretta compilazione del sistema di appartenenza, vedi figura 3.33.

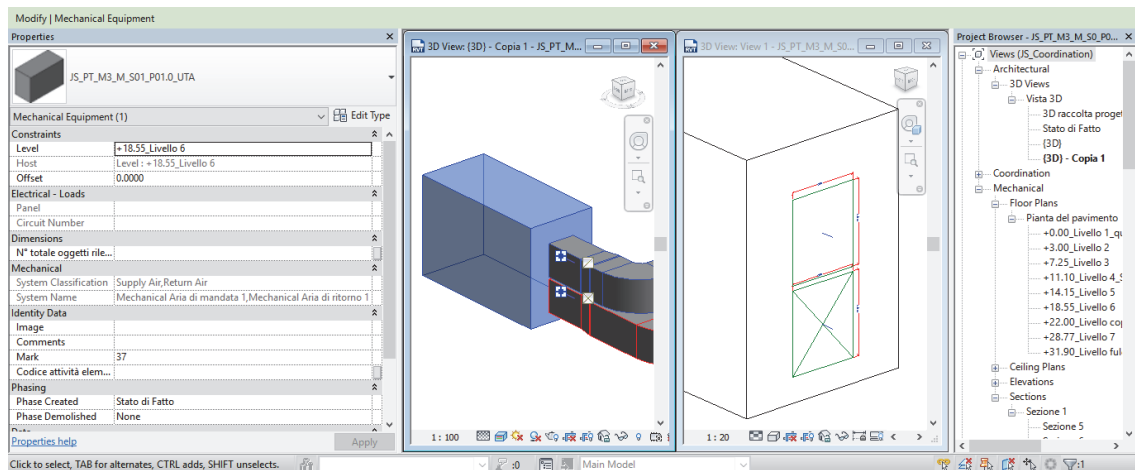


Figura 3.33 - Modellazione UTA 1

In particolare, l'UTA 1 serve entrambi gli spogliatoi ma ai fini dell'upgrade voluto la modellazione si limita al solo ramo che interessa lo spogliatoio della prima squadra, essendo che tali ambienti rientrano all'interno di un modello prototipo sviluppato per l'illustrazione delle potenzialità della metodologia BIM. Per lo stesso motivo non vengono modellati alcuni condotti e terminali che, pur appartenendo al sistema collegato all'UTA 1, non interessano direttamente i locali da analizzare.

Tale sistema si articola in due rami, uno di mandata ed uno di ritorno, di dimensioni 1300 x 300 mm che attraversano il cavedio principale, nel cuore della torre Ovest.

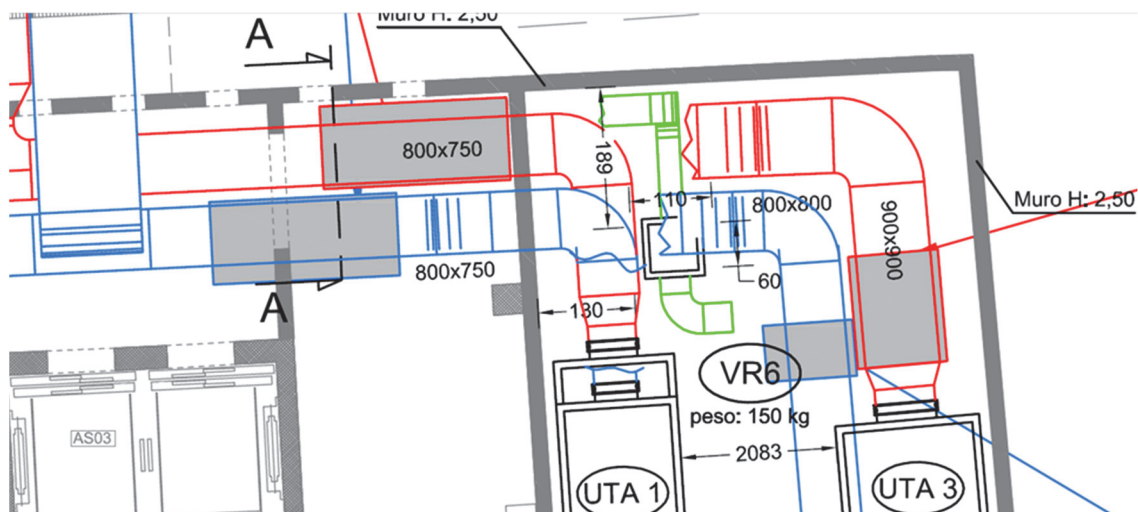


Figura 3.34 - Pianta del sistema di ventilazione

Fonte: Materiale fornito da Juventus F.C. spa al Politecnico di Torino

Nel dettaglio, ai fini della modellazione, viene linkato, oltre ai file .rvt contenenti i CAD, uno per ciascun livello essendo un ramo verticale, anche il modello architettonico del livello 1. Così facendo è possibile controllare la modellazione dei condotti in relazione ad esempio ai controsoffitti e controllarne la foratura.

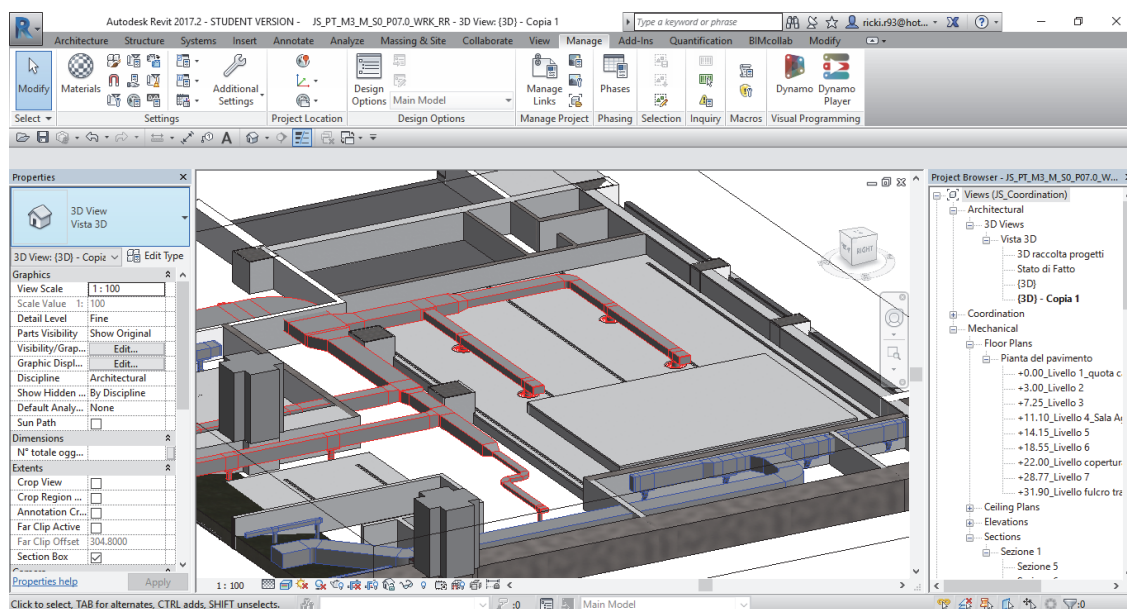


Figura 3.35 - Unione modello meccanico di ventilazione con modello architettonico tramite l'uso dei link

Per la nomenclatura degli elementi del sistema di mandata e ritorno si è momentaneamente mantenuta la nomenclatura di default delle famiglie di sistema.

Per quanto riguarda il parametro *Affidabilità* invece, in questo caso si è attribuito il valore 3 in quanto non è possibile effettuare dei rilievi; eventuali modifiche a tale parametro saranno affidate ai manutentori durante i lavori. È stato scelto il valore 3 e non 2 perché i CAD di partenza presentano poche sezioni e ciò non permette una sicura disposizione a livello altimetrico degli oggetti in questione.

Inoltre, non avendo maggiori informazioni sull'attacco condotto-terminale è stata ipotizzata una soluzione a condotto flessibile come illustrata in figura 3.36.

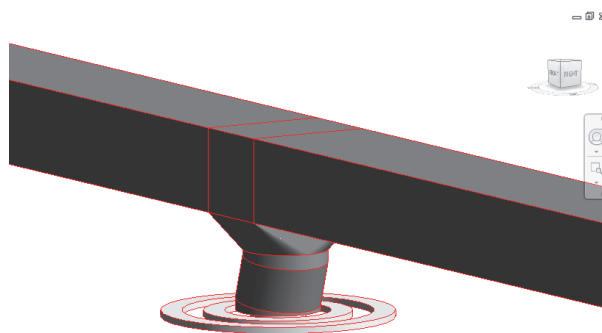


Figura 3.36 - Esempio di collegamento terminale - condotto

È interessante osservare, ai fini della modellazione e di futuri test da parte dei manutentori o più genericamente di chi si occuperà della validazione di questo sistema, che, linkando il modello architettonico che fungerà da host, se spostato degli elementi, come ad esempio i terminali di aereazione, compare un errore di perdita dell'host, vedi figura 3.37.

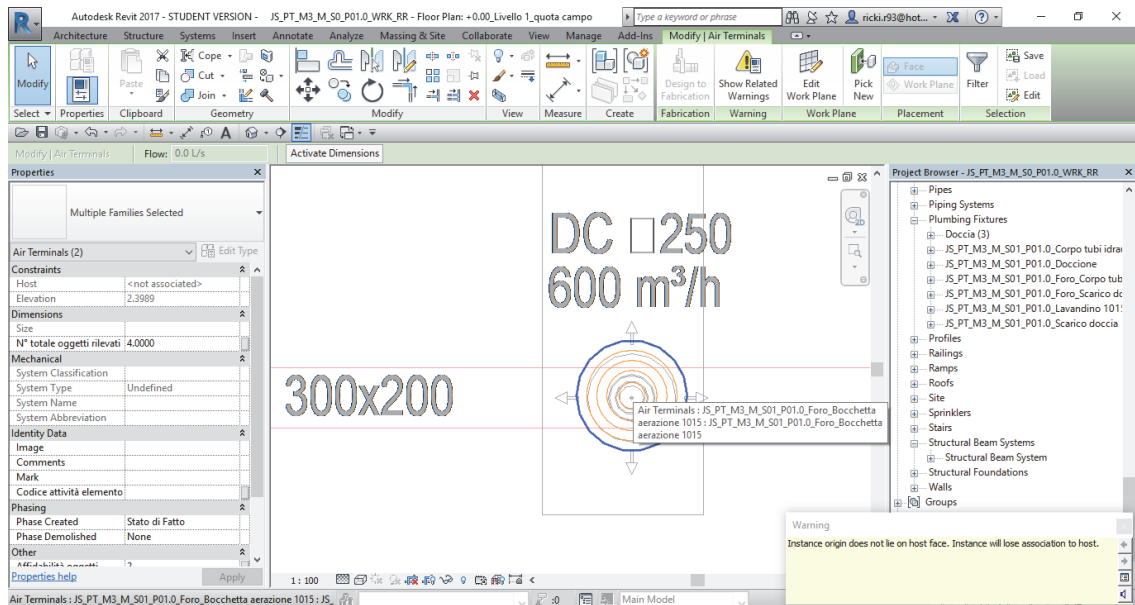


Figura 3.37 - Perdita dell'host

Occorre quindi staccare il link host e ricaricarlo, vedi figura 3.38.

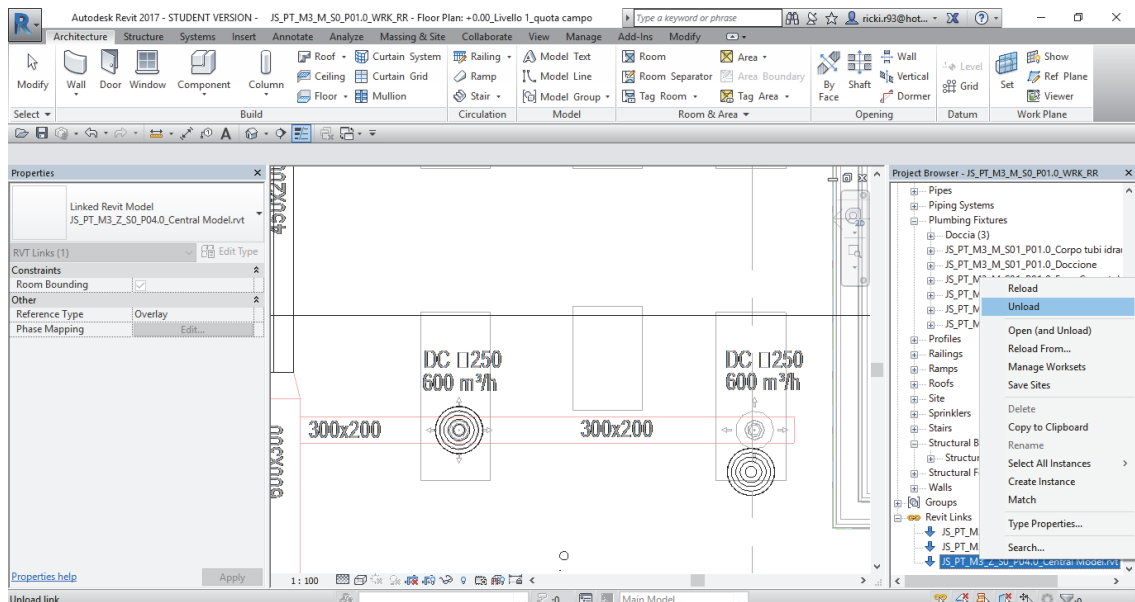


Figura 3.38 - Operazione di ricarica del link

Così facendo si possono posizionare correttamente i terminali oppure cambiarne la posizione in seguito ad uno spostamento dovuto alla manutenzione dell'impianto, nel caso di lavori da parte dei fornitori.

Analizzando i file CAD inoltre, sorge un'interferenza per mancanza di quote e sezioni, vedi figura 3.39.

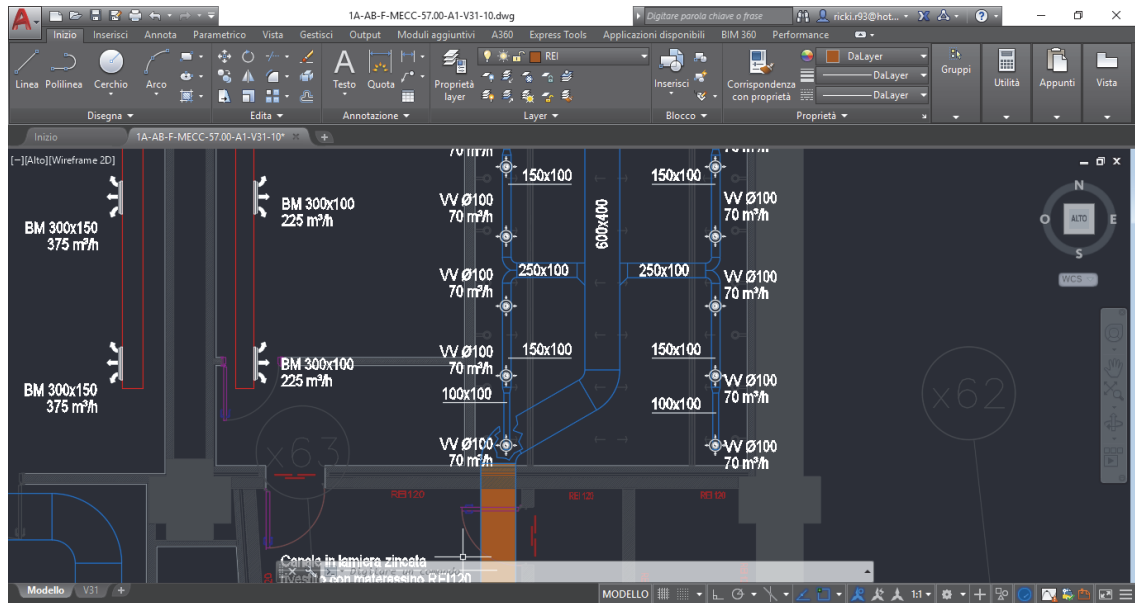


Figura 3.39 - Esempio di interferenza tra condotti nel file CAD

Fonte: Materiale fornito da Juventus F.C. spa al Politecnico di Torino

Chiaramente è immaginabile che il condotto di diametro minore che alimenta direttamente il terminale impiantistico si trovi sotto il condotto più grande, ma non avendo a disposizione le quote altimetriche e le relative pendenze, il grado di affidabilità degli elementi modellati risulta basso.

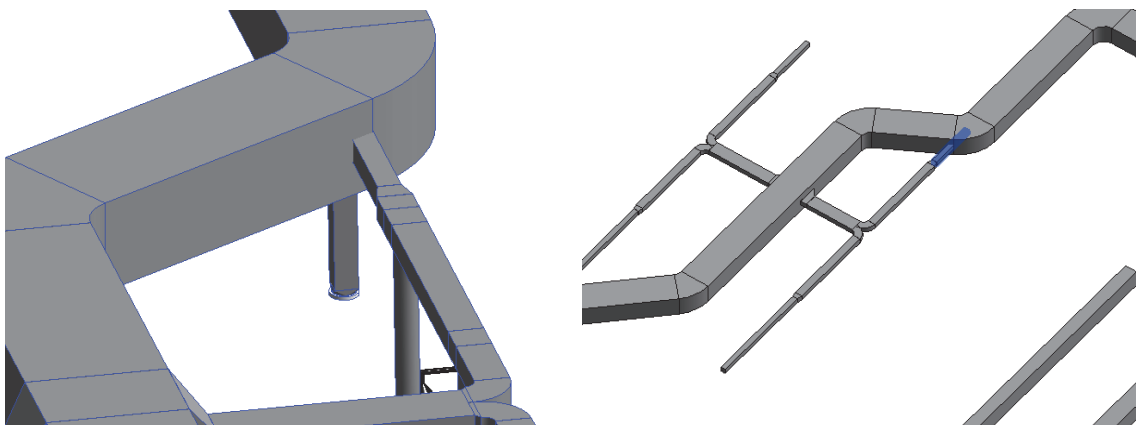


Figura 3.40 - Interferenza nella modellazione del condotto di aerazione

Tale interferenza è riscontrabile anche lanciando una *Interference Check*, che mostra gli elementi in conflitto, vedi figura 3.41, 3.42, 3.43.

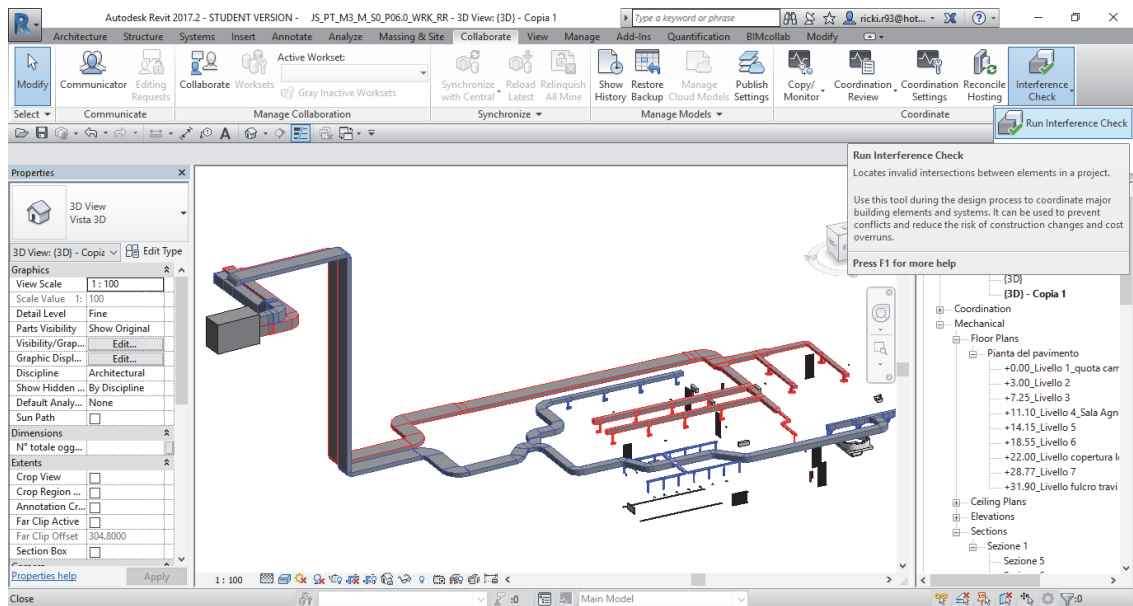


Figura 3.41 - Controllo interferenze tramite il comando Interference Check

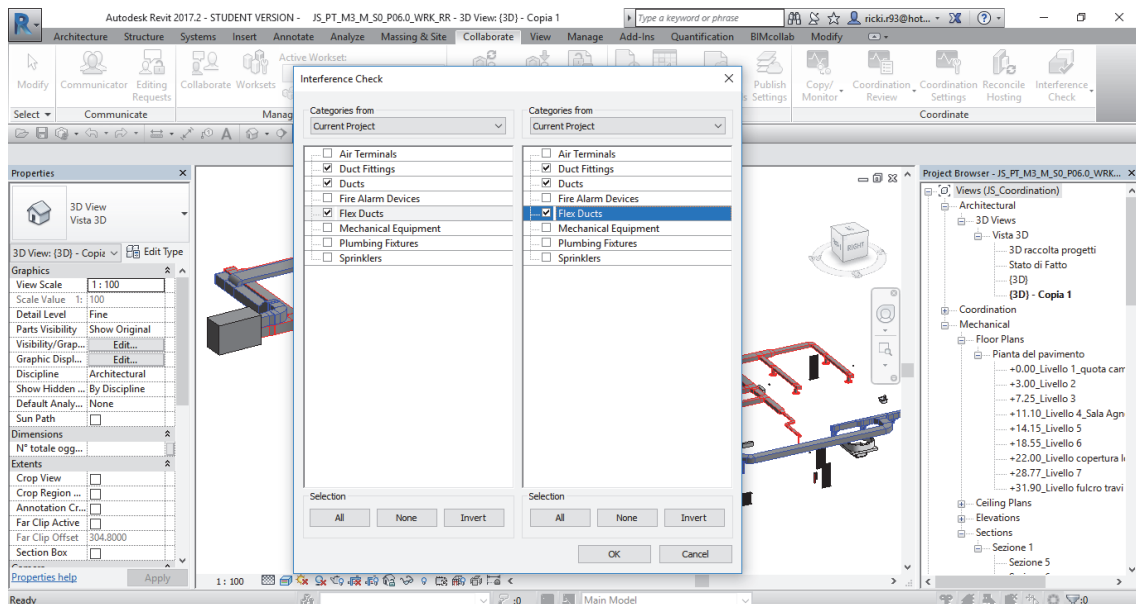


Figura 3.42 - Selezione degli elementi da verificare

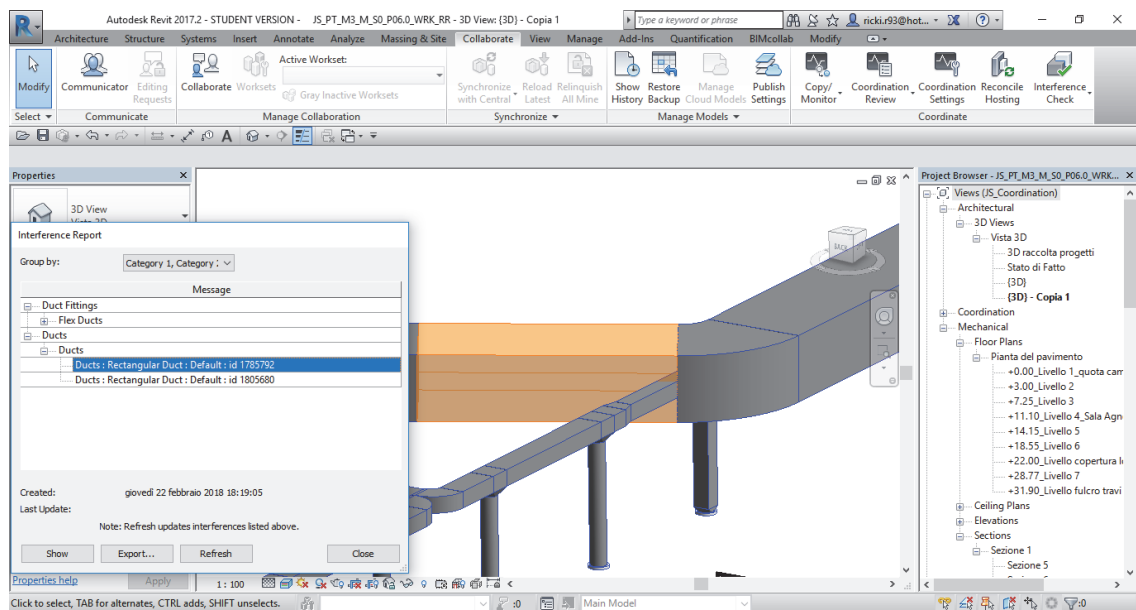


Figura 3.43 - *Riscontro degli errori tramite Interference Check*

3.3. Modellazione strutturale

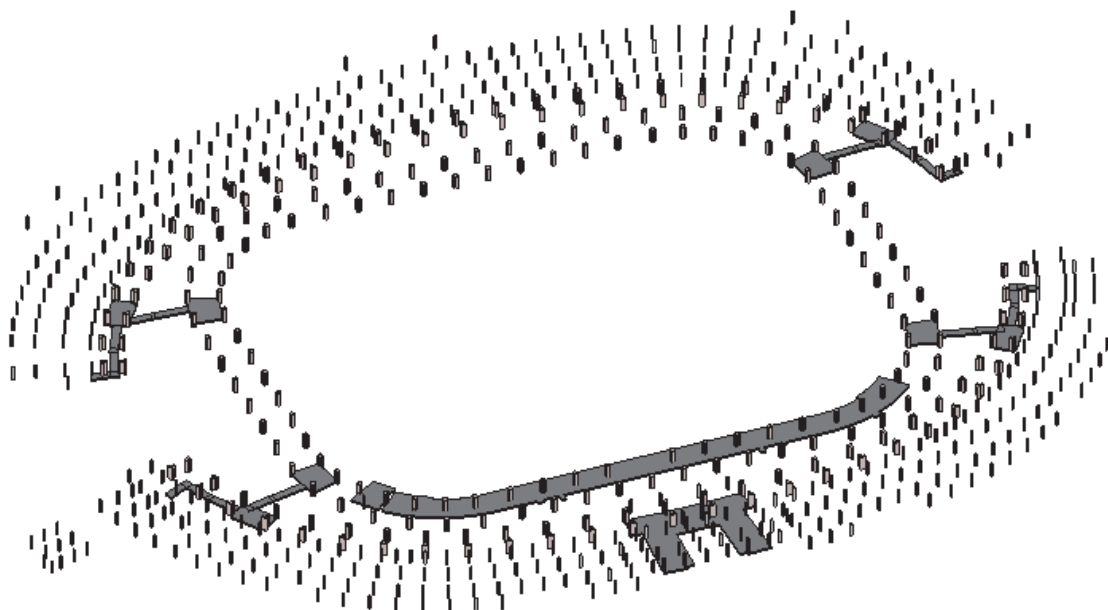


Figura 3.44 - *Modello strutturale livello 5*

Essendo un modello prettamente architettonico la parte strutturale non è stata sviluppata nel dettaglio. Sono stati modellati però i pilastri e il solaio strutturale, mentre le travi saranno modellate in seguito.

Il pacchetto solaio è stato ricavato da una sezione di riferimento dello stadio avente uno spessore totale di 60 cm, di cui 2 cm sono le finiture, modellate come solaio architettonico. Di conseguenza il solaio strutturale ha spessore pari a 58 cm e viene modellato ad una quota pari a -0.02 m in modo che il piano di calpestio coincida con la quota esatta del livello. Se verranno presi successivi accorgimenti e nuove considerazioni, tale valore dovrà essere cambiato.

Oltre ai fattori affidabilità e tolleranza sono stati definiti gli elementi strutturali, i pilastri, come fissi nella modellazione. Ciò deriva dal fatto che se non avessimo avuto dei muri, pilastri o qualsiasi altro punto di riferimento fisso allora tutte le considerazioni sull'affidabilità sarebbero state inutili.

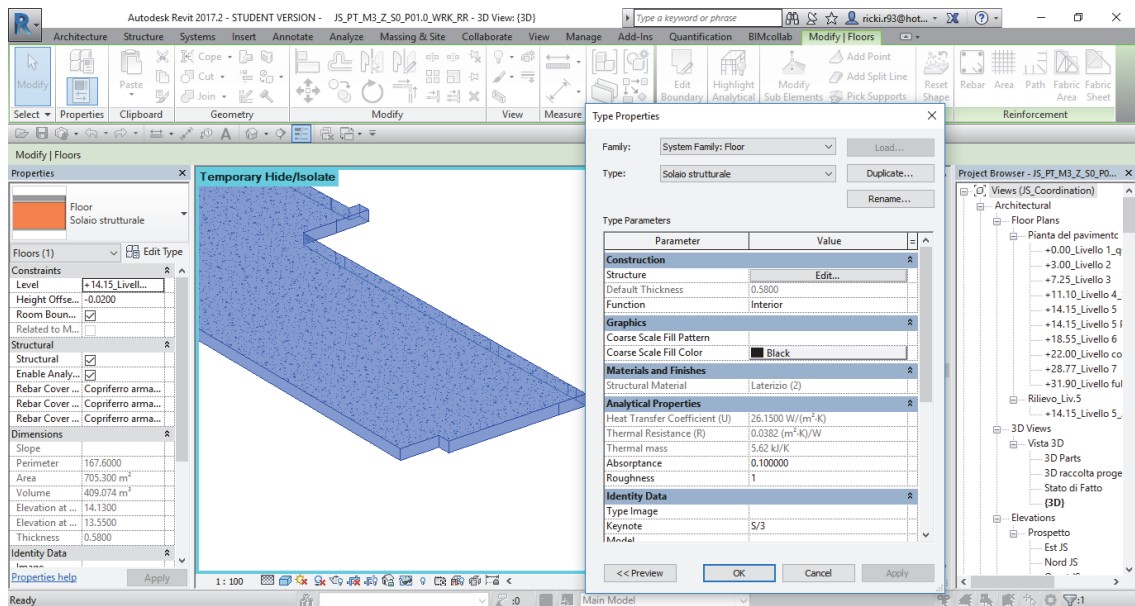


Figura 3.45 - Modellazione del solaio strutturale

I pilastri, come già detto, rappresentano la parte non modificabile del nostro modello, in quanto sono serviti come base di riferimento per tutte le misure derivanti dai rilievi e confrontate con i CAD a disposizione. Questi avranno la stessa impronta dei pilastri architettonici.

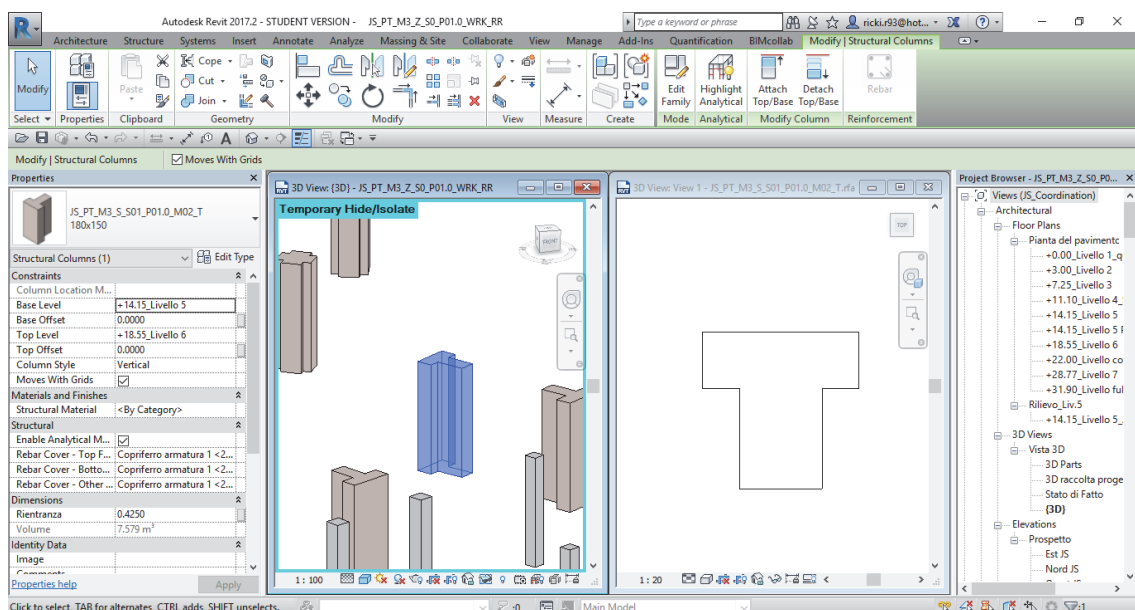


Figura 3.46 - Modellazione pilastro strutturale ed applicazione della codifica

4. Visual Programming Process

Come anticipato nel capitolo introduttivo, la normativa italiana di riferimento per il BIM è la UNI 11337:2017, che è concepita in più parti. Quella che maggiormente interessa questo lavoro è la parte 5 (UNI 11337-5). Questa è finalizzata alla descrizione e definizione dei ruoli, requisiti e flussi informativi propri del processo di digitalizzazione del comparto delle costruzioni.

4.1. *UNI 11337:2015 parte 5, verifica e coordinamento*

La parte 5 è da considerarsi, insieme alle parti 1 4 e 6, l'ossatura portante della norma italiana sul BIM (15) perché ricalca e crea un forte parallelismo con le PAS inglesi soprattutto per quanto riguarda la terminologia. Vengono introdotti infatti, oltre ai già presenti termini legati all'ambiente di condivisione dati introdotti nella parte 1 (ACDat, CDE), termini quali:

- Coordinatore delle informazioni, le cui competenze sono relative alla gestione dell'applicazione delle regole informative del processo edilizio; nei testi britannici è indicato con BIM Coordinator;
- Gestore delle informazioni, figura guida dell'intero processo informativo, orientata alla gestione delle regole informative del processo, il cui corrispettivo internazionale è BIM Manager;
- Modellatore delle informazioni, dedito alla realizzazione dei modelli, è colui che utilizza le regole informative del processo edilizio, equivalente del BIM Modeller e/o del BIM Specialist;
- Capitolato Informativo [CI], nuovo documento contrattuale con cui il committente definisce le esigenze e i requisiti informativi che dovranno essere soddisfatti dagli affidatari (concorrenti e aggiudicatari), concettualmente coincidente con l'Employers Information Requirement delle PAS britanniche;
- Offerta per la Gestione Informativa [oGI], documento nel quale il concorrente all'affidamento, esprime e specifica la propria modalità di gestione informativa del processo, in risposta alle richieste della committenza formulate nel Capitolato Informativo precedentemente citato, corrispondente del BIM Execution Plan pre-contract award (BEP pre-contract award);
- Piano per la Gestione Informativa [pGI], esplicitazione definitiva ed operativa della modalità di gestione informativa del processo predisposta dall'affidatario (vincitore della gara di affidamento) ed equivalente al BIM Execution Plan (BEP);
- Analisi delle incoerenze, è l'azione di valutazione delle possibili incoerenze informative dei modelli (e relativi componenti) e degli elaborati rispetto a regole e regolamenti; equivalente al Code Checking britannico;
- Analisi delle interferenze geometriche, è l'azione delle possibili interferenze geometriche tra oggetti, modelli ed elaborati, nota in ambito internazionale come Clash Detection.

Al fine del presente lavoro di tesi gli aspetti maggiormente rilevanti riguardano soprattutto queste due ultime categorie: l'analisi delle interferenze, il Code Checking della normativa britannica, e l'analisi delle interferenze geometriche, la Clash Detection delle PAS.

La norma al riguardo definisce tre differenti livelli di coordinamento:

- LC1 è il coordinamento di dati e informazioni effettuato all'interno di un solo modello singolo;
- LC2 è il coordinamento tra differenti modelli singoli, vedi figura 4.1;

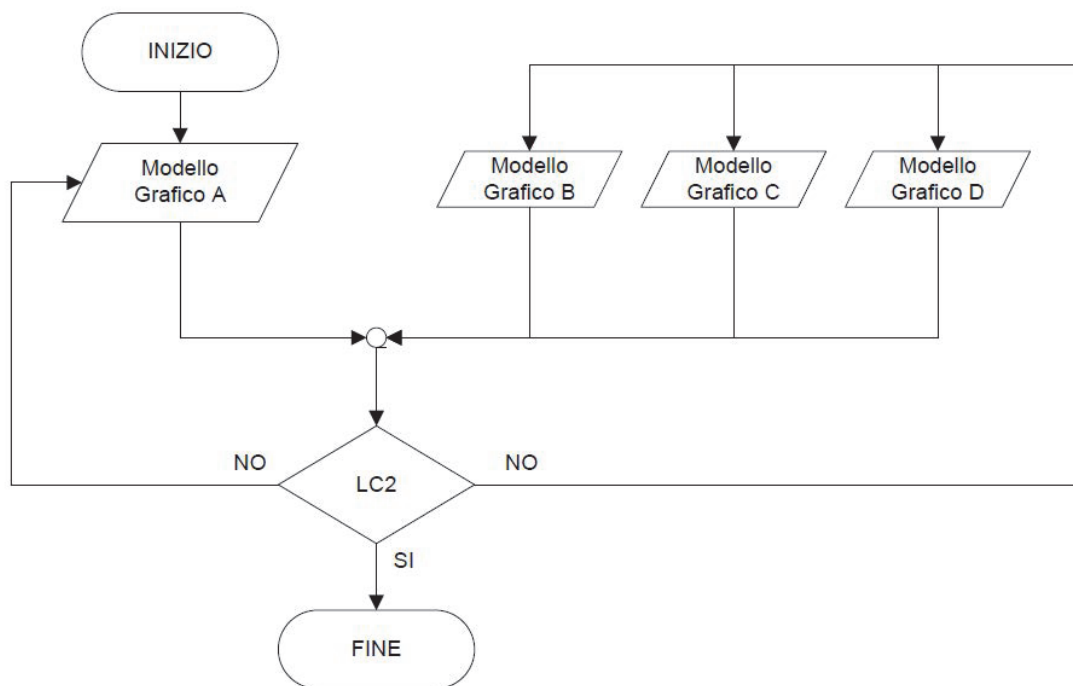


Figura 4.1 - Flusso di coordinamento di livello 2

Fonte: Progetto U87007275 (Progetto di norma UNI 11337-5)

- LC3 è il coordinamento da effettuarsi tra i contenuti informativi generati da modelli grafici e quelli non derivanti da modelli grafici (ad esempio, relazioni tecniche o di calcolo, grafici CAD, ecc.), vedi figura 4.2.

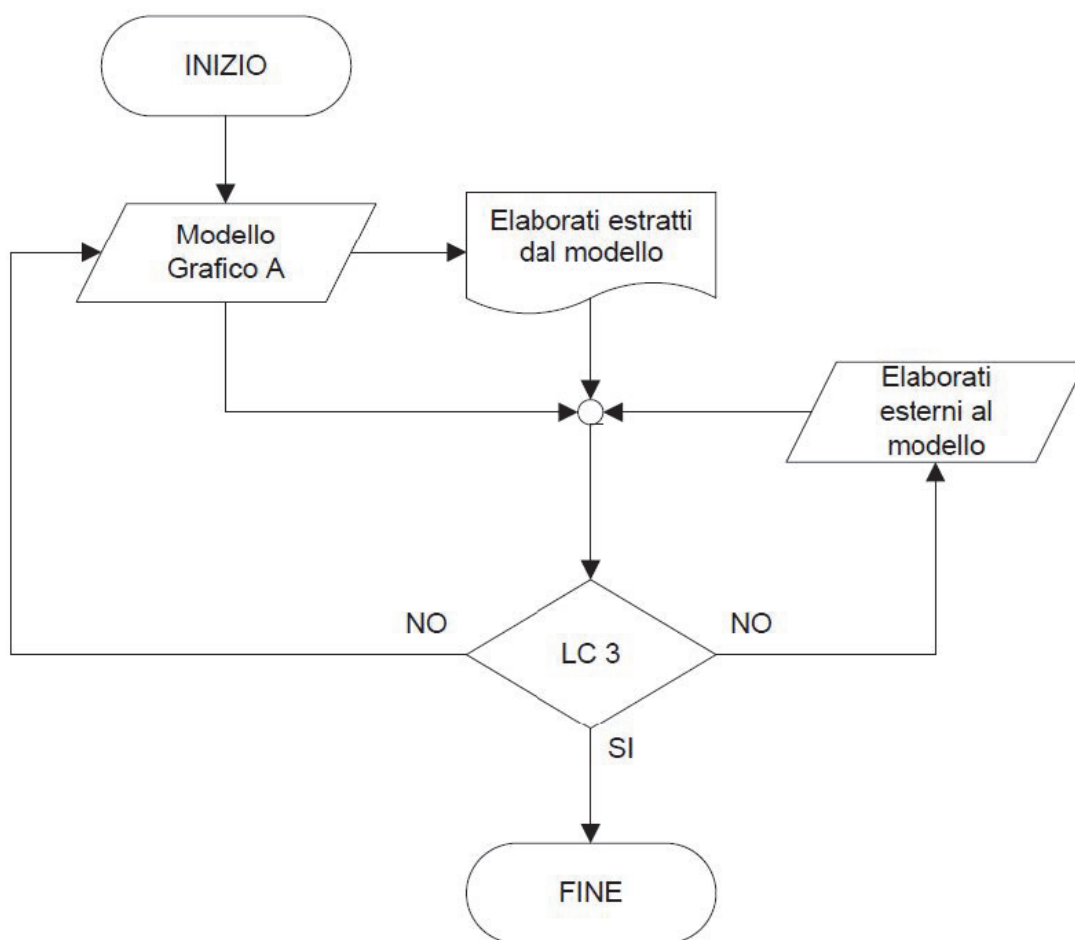


Figura 4.2 - Flusso di coordinamento di livello 3

Fonte: Progetto U87007275 (Progetto di norma UNI 11337-5)

La responsabilità di tali attività di coordinamento ricade sul responsabile dello specifico modello, nel caso di LC1, mentre nei restati due livelli, il soggetto responsabile del coordinamento dovrà essere individuato nel Capitolato Informativo.

Per quanto riguarda invece le verifiche di dati, informazioni e contenuti informativi del modello, che è l'argomento maggiormente trattato in questa parte di elaborato, per ciascuno stadio operativo e relativamente alla specifica fase del processo, sono previsti momenti di verifica delle informazioni veicolate.

La norma prevede tre livelli di verifica:

- LV1, è una verifica interna e formale, vale a dire una verifica della corretta modalità di produzione, consegna e gestione delle informazioni in relazione a quanto indicato nel Capitolato Informativo e nel pGI;
- LV2, è ancora una verifica interna ma di tipo sostanziale, volta ad accertare la leggibilità, tracciabilità e coerenza delle informazioni contenute nei vari modelli. Viene espletata effettuando, tra l'altro, una verifica del raggiungimento dell'evoluzione informativa dei modelli e elaborati e del livello di sviluppo dei relativi oggetti, richiesta nella specifica fase secondo quando prescritto nel Capitolato Informativo e nel pGI.

- LV3, è una verifica da effettuarsi a carico del committente, che potrà decidere di avvalersi anche di una figura terza indipendente rispetto a quelle coinvolte nel processo. Si tratta di una verifica di tipo sia formale che sostanziale che viene svolta su quanto depositato nell'ACDat (ambiente di condivisione dati) e/o ACDoc (archivio di condivisione documenti).

La figura 4.3 chiarisce sinteticamente i flussi informativi e i vari step di verifica e coordinamento (16).

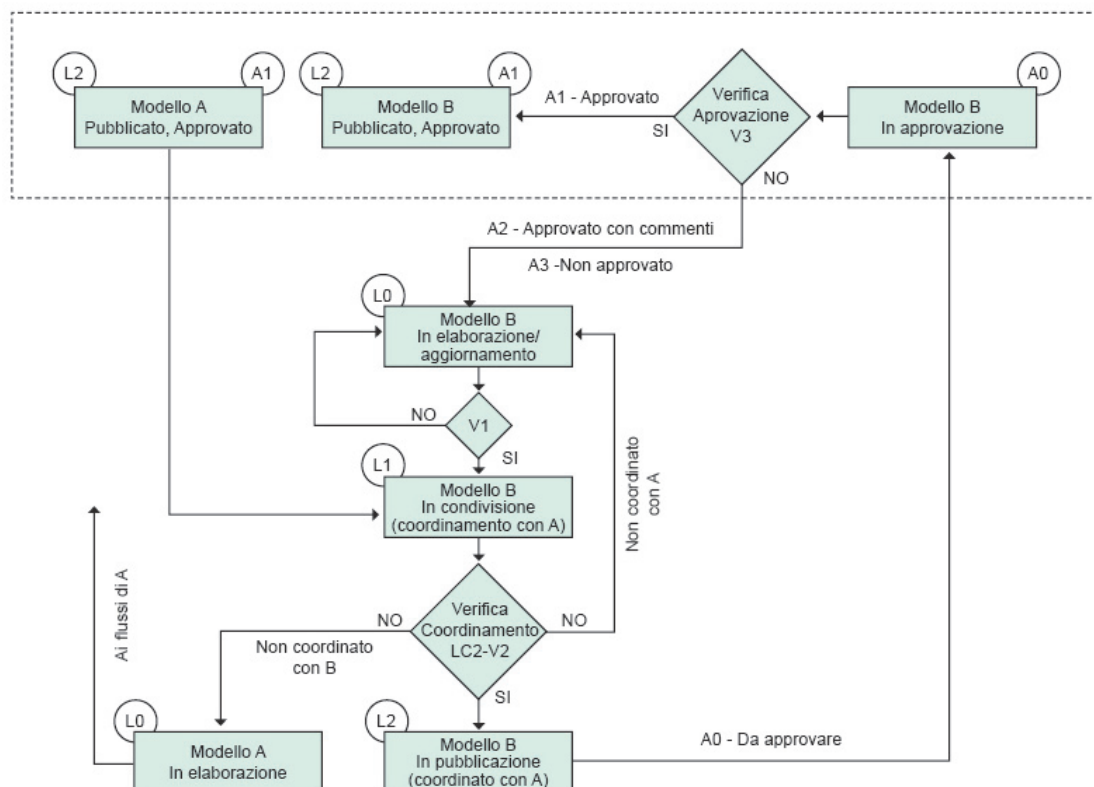


Figura 4.3 - Flusso di coordinamento, pubblicazione, verifica e approvazione

Fonte: ProgettoU87007274 (Progetto di norma UNI 11337-4)

4.2. L'applicazione della normativa al caso studio: l'utilizzo di Dynamo

L'applicazione della normativa al modello BIM del presente caso studio comporta problemi soprattutto legati alla grande quantità di dati che occorre analizzare.

In primis ci si è soffermati sul coordinamento e sulla verifica di primo livello del modello. Queste, seppur svolte da enti diversi e con scopi diversi, coordinare e verificare appunto, hanno molti punti in comune.

Innanzitutto, entrambe sono legate al singolo modello, non interagiscono con gli altri, cosa che invece avviene in un secondo/terzo livello e si concentrano principalmente sulla forma. Per questo motivo il coordinamento di primo livello non interferisce con le altre discipline né con altri modelli.

La verifica invece come già detto è sostanzialmente di tipo formale, per questo motivo si presta molta attenzione alla forma, alla nomenclatura, a tutti quegli aspetti che è fondamentale controllare ed unificare per la buona riuscita del progetto. Un'attenta codifica, evidenziata nel capitolo 3 – metodologia, è la base di partenza per poter effettuare una scorrevole verifica.

Per attuare questo controllo si è pensato in un primo momento all'esportazione tramite abaco.

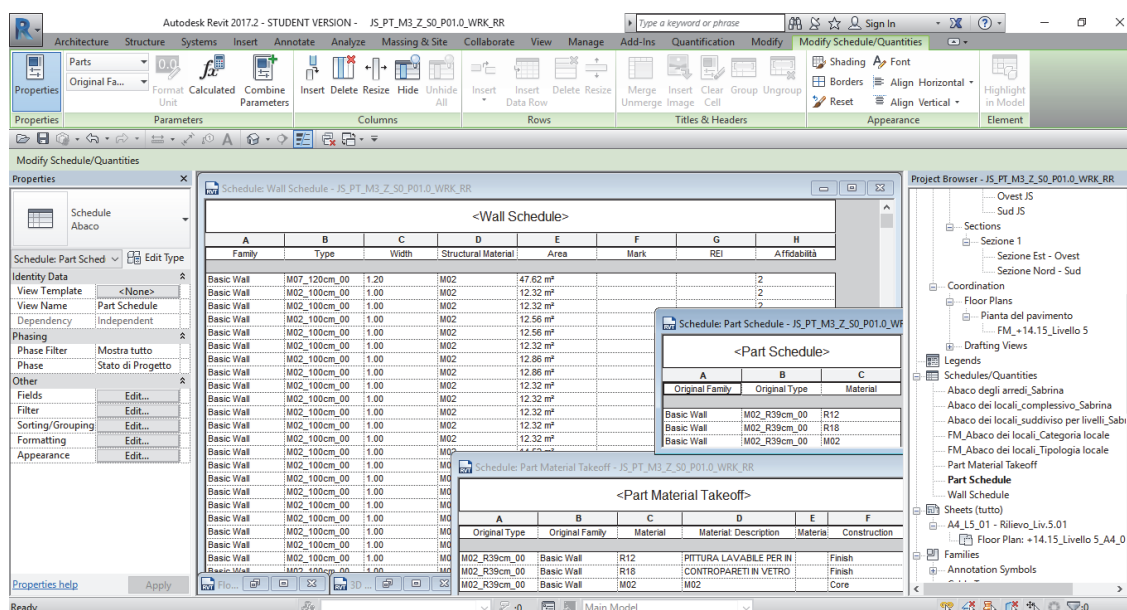


Figura 4.4 - Creazione di un abaco delle muraure

Questo provoca però non pochi problemi nella gestione dell'interoperabilità, causando la perdita di informazioni e rendendo macchinoso il processo.

Esportare infatti ogni abaco in Excel e analizzarlo in un software esterno provoca un rallentamento e difficoltà nella gestione interna. Bisognerebbe infatti, dopo aver esportato gli abachi, creare una macro in Excel capace di leggere una grande mole di dati, in continuo cambiamento, e analizzarli per poi ritornare delle informazioni da immettere nuovamente nel software.

Tutto ciò è parso sin da subito un'opzione poco praticabile e comunque poco funzionale all'idea di automatizzazione dell'analisi dati.

Per tutti questi motivi si è deciso di utilizzare delle estensioni che permettessero di rimanere all'interno del software Autodesk Revit, in particolare si è deciso di ricorrere al software Dynamo.



Figura 4.5 - Logo Dynamo

Fonte: <http://www.thepoint.com/bim-software-dynamo>

Dynamo è un'interfaccia di programmazione grafica, in inglese Visual Programming Process (VPP), che consente di personalizzare il flusso di lavoro relativo alle informazioni edilizie. L'applicazione può essere utilizzata autonomamente, ma è anche capace di interfacciarsi con Autodesk® Revit, essendo un modulo aggiuntivo open source, gratuito e di libero accesso, costantemente aggiornato e legato a community attive, che consente l'analisi dei dati, la modellazione geometrica, analizzare le differenti opzioni di progetto, automatizzare i processi, collegare più applicazioni ed organizzare la progettazione computazionale (17).

Il suo utilizzo si sta diffondendo velocemente, diventando mezzo indispensabile per la modellazione parametrica in quei paesi che maggiormente adottano il BIM. Infatti, Dynamo è pensata per interagire proprio con i database legati a questo standard.

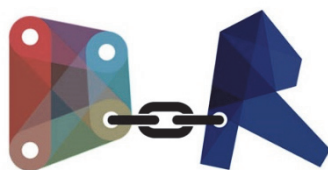


Figura 4.6 - Interoperabilità Dynamo – Revit

Fonte: http://dynamoprimer.com/en/08_Dynamo-for-Revit/8-1_The-Revit-Connection.html

La programmazione visuale, Visual Programming, permette di dare vita a elementi architettonici e/o strutturali senza la necessità di conoscere alcun linguaggio di programmazione. Questo grazie all'interfaccia grafica ad oggetti che, molto efficientemente, sostituisce le stringhe di codice, dando all'utente uno strumento potente ma contemporaneamente alla portata (18).

Nel seguente caso applicativo, il suo utilizzo non è legato alla realizzazione di elementi geometrici ma all'analisi dei dati.

Il programma di verifica di primo livello è stato pianificato in modo semi-automatico, sulla base dei dati inseriti nel modello informativo. L'algoritmo opera monodirezionalmente da Autodesk Revit a Microsoft Excel.

L'utilizzo di questo programma ha permesso di analizzare una grande quantità di dati senza il rischio di perdite di informazioni.

Per la realizzazione di alcuni nodi e/o per semplificare la visualizzazione del codice sono stati creati dei nodi annidati e scaricati dai Packages esterni (riportati qui di seguito per permettere l'apertura del file a terze parti):

- Archi-Lab;
- Springs;
- Clockwork;
- Rhythm;
- Steamnodes.

La struttura ed il funzionamento dell'algoritmo sono spiegati in dettaglio nei successivi sotto-capitoli. Tuttavia non viene fornita al lettore alcuna spiegazione sul funzionamento

dei singoli nodi logici, in quanto questi sono già definiti in modo chiaro e sintetico all'interno dello stesso Dynamo (7).

4.2.1. Verifica del modello architettonico

Una prima verifica è stata condotta sul modello architettonico realizzato. Il programma verrà lanciato su ogni singolo modello, quindi in questo caso sui singoli livelli.

Questo script è stato inizialmente realizzato su un edificio di piccole dimensioni avente però la medesima codifica del modello BIM dell'Allianz Stadium, al fine di definire in maniera corretta lo script stesso prima del relativo impiego su una grande quantità di dati.

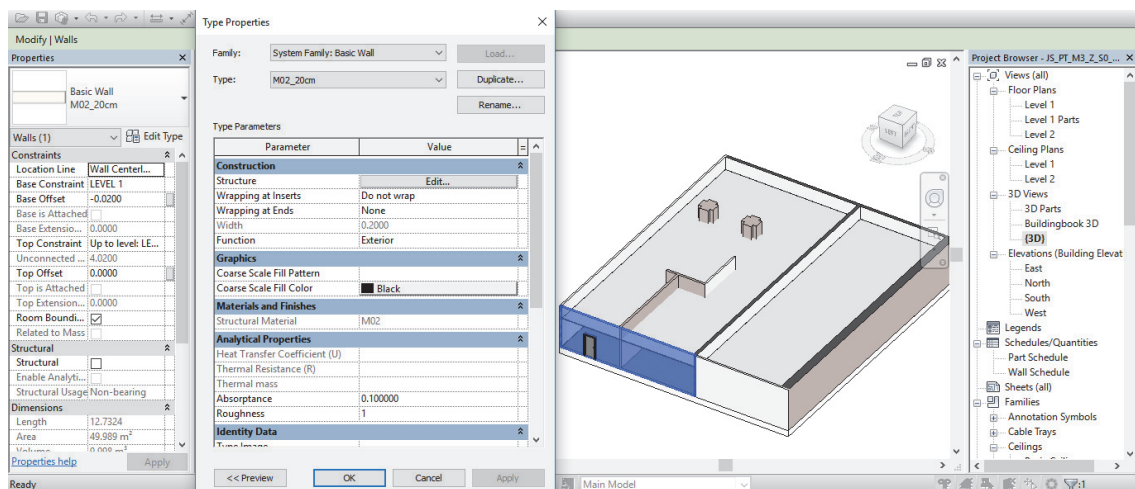


Figura 4.7 - Creazione di un modello per testare l'algoritmo Dynamo

Lavorare infatti su un modello di piccole dimensioni ha notevolmente diminuito i tempi di lancio del programma e ottimizzato lo script. In seguito è stato adattato all'intero edificio, apportando delle piccole modifiche.

Considerazioni iniziali

Uno strumento fondamentale per l'analisi di muri, pilastri, pavimenti e controsoffitti è il comando "Create Parts", che ci permette di spacchettare l'elemento ed analizzarne le caratteristiche singolarmente, conservandone comunque l'identità comune.

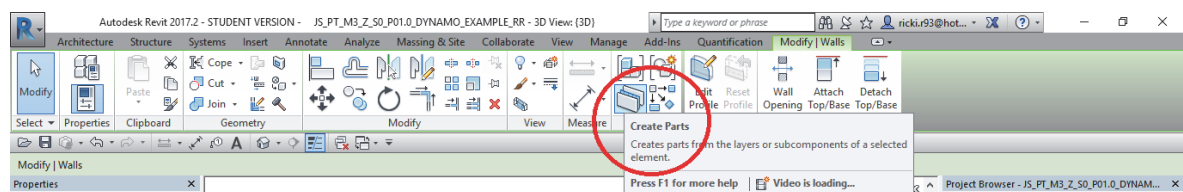


Figura 4.8 - Creazione delle parti

Attraverso la creazione delle parti si possono ricavare agevolmente alcuni parametri quali materiale e spessore delle finiture, diversamente non analizzabili sull'elemento muro come elemento intero.

Dopo aver creato le parti occorre duplicare la vista corrispondente e selezionare la modalità “Show parts”. In questo modo le parti saranno visibili solamente nella vista duplicata. Le viste da duplicare sono quelle corrispondenti al livello sul quale si sta lavorando e la vista 3D.

È consigliabile selezionare tutti gli elementi per la creazione delle parti dalla vista 3D dato che nella vista in pianta non vengono visualizzati i controsoffitti. Ripetere il processo di creazione delle parti ogni qual volta viene creato un nuovo elemento.

Occorre prestare attenzione durante la creazione delle parti, vengono spesso rilevati errori, occorre rilanciare la creazione delle parti e verificare quelle non create, piuttosto crearle singolarmente.

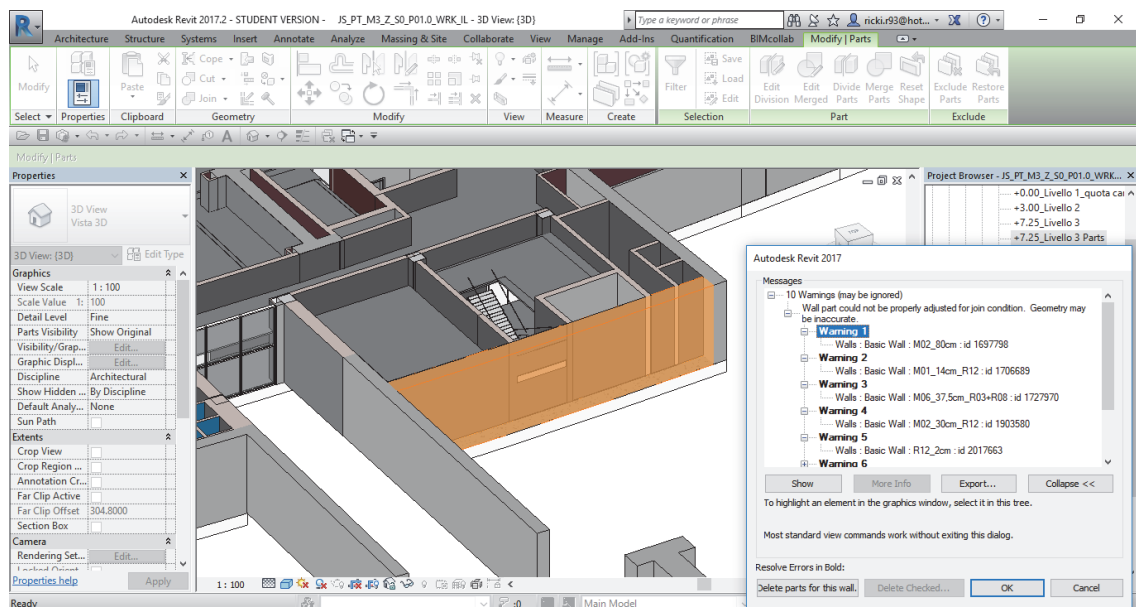


Figura 4.9 - Errori nella creazione delle parti

In seguito, a titolo di verifica della corretta creazione delle parti, selezionare tutti gli oggetti su Revit e, tramite il comando filtra, selezionare tutti gli elementi per i quali non sono state create le parti, analizzando i risultati.

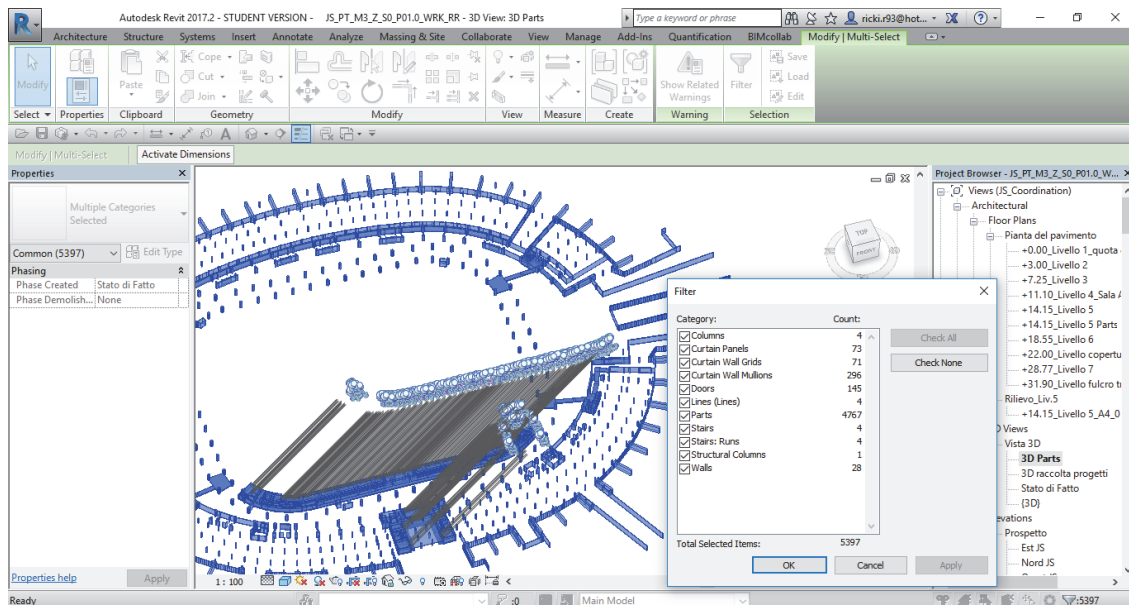


Figura 4.10 - Controllo degli elementi per i quali non sono state create le parti

È normale che non vengano create per le seguenti categorie:

- Scale;
- Porte;
- Facciate vetrate, qui classificate come muri, e sue componenti.

Occorre verificare inoltre che:

- I pilastri, architettonici e strutturali, non siano inglobati all'interno del muro, altrimenti non verranno create le parti;
- Se lo stesso muro ha due finiture diverse risulta necessario modellare due elementi differenti perché il software Dynamo altrimenti continua a riconoscerlo come unico elemento;
- I pavimenti e i controsoffitti staccati tra loro siano modellati separatamente, vedi figura 4.11, 4.12, altrimenti vengono conteggiati come elementi separati e lo spessore totale risulta essere lo spessore dei singoli elementi;

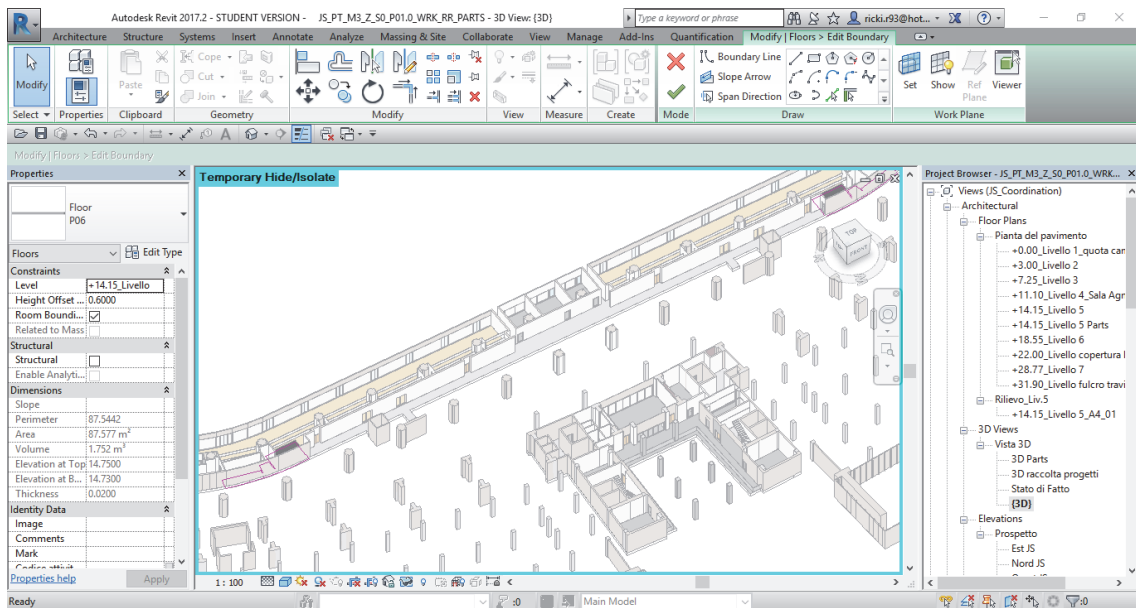


Figura 4.11 - Accorgimenti per la modellazione dei pavimenti

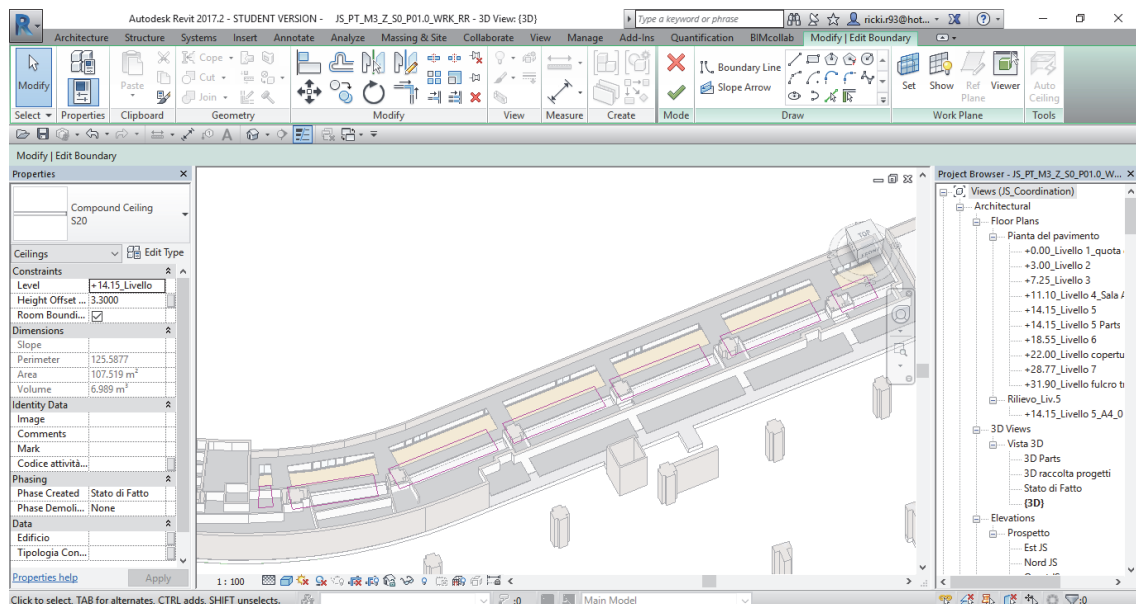


Figura 4.12 - Accorgimenti per la modellazione dei controsoffitti

- Le famiglie non utilizzate siano state cancellate;
- Non ci siano spazi non previsti nella nomenclatura, ad esempio il doppio nucleo del muro si scrive in questo modo: M01+M02, stessa cosa per le doppie finiture.

La nomenclatura dei pilastri al momento contempla solamente i pilastri tradizionali quadrati e rettangolari, quelli a T che hanno nomenclatura diversa) e quelli in acciaio, classificati come IPE ed H, per successive modifiche e/o integrazioni occorre apportare modifiche allo script. Attraverso l'esecuzione dello script sono state riscontrate delle problematiche che dovranno essere sistemate all'interno del modello

Attualmente occorre rivedere:

- La nomenclatura della famiglia pilastri strutturali e l'attribuzione del parametro width, larghezza, figura 4.13;

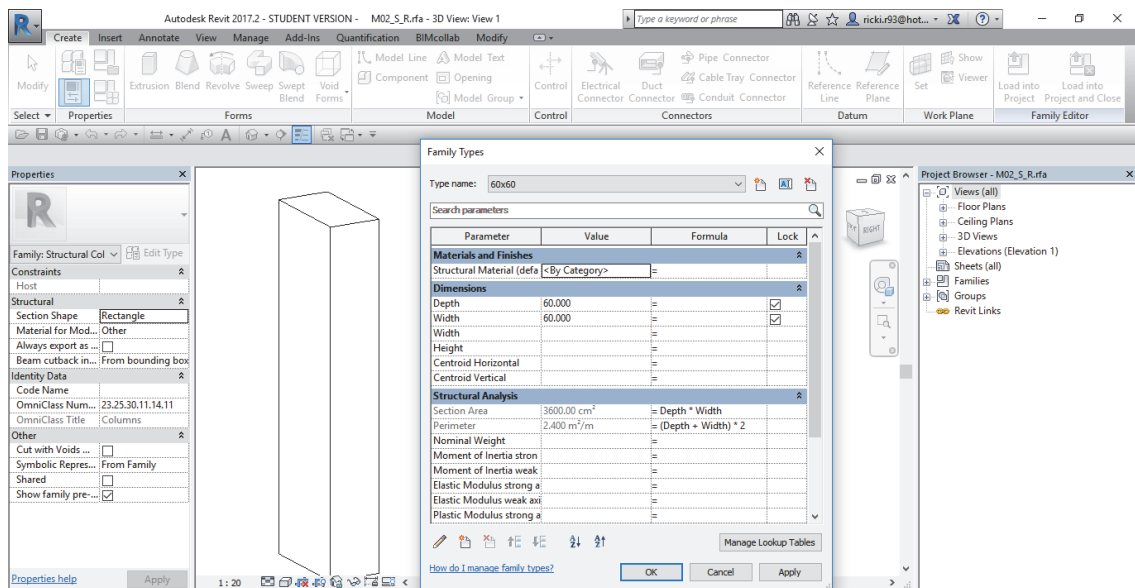


Figura 4.13 - Modellazione famiglia pilastro strutturale, errore nella creazione del parametro width

- La nomenclatura delle porte. Alcune sono indicate in cm, altre in mm, figura 4.14.

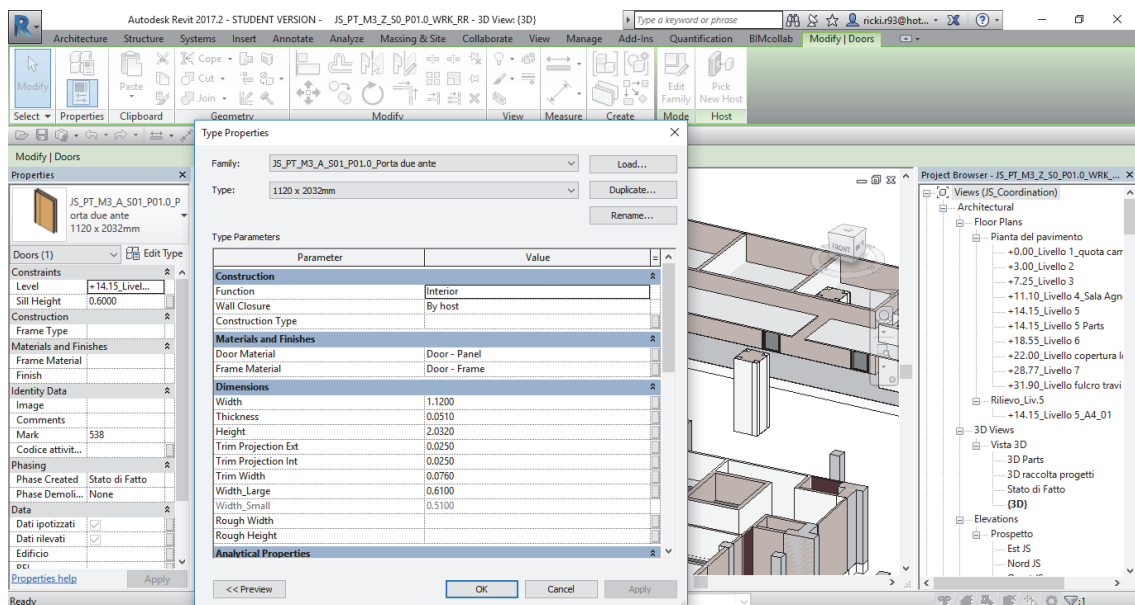


Figura 4.14 - Modellazione porta, errore nell'attribuzione della nomenclatura

È subito evidente come il file dove sono state create le parti risulta essere più pesante del file di partenza.












Nome	Ultima modifica	Tipo	Dimensione
 JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-Built	13/02/2018 16:21	Revit Project	39.188 KB
 JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-is	02/11/2017 17:04	Revit Project	24.792 KB
 JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-is_Agg JV	14/12/2017 19:16	Revit Project	73.652 KB
 JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-is_BP	02/11/2017 17:09	Revit Project	14.696 KB
 JS_PT_M2_A_S0_P01.0_As-is_Var	21/12/2017 18:17	Revit Project	37.000 KB
 JS_PT_M3_Z_S0_P01.0_Model Template_ARCH	02/11/2017 18:42	Revit Template	10.816 KB
 JS_PT_M3_Z_S0_P01.0_WRK_IL	03/01/2018 12:17	Revit Project	34.288 KB
 JS_PT_M3_Z_S0_P01.0_WRK_RR.0001	16/02/2018 15:08	Revit Project	32.052 KB
 JS_PT_M3_Z_S0_P01.0_WRK_RR	16/02/2018 15:09	Revit Project	52.032 KB
 JS_PT_M3_Z_S0_P03.0_WRK_SM	12/01/2018 18:57	Revit Project	18.488 KB
 JS_PT_M3_Z_S0_P04.0_Central Model_WRK_BA	10/01/2018 12:37	Revit Project	134.956 KB

Figura 4.15 - Differenza nelle dimensioni dei due file

Per assicurarsi la buona riuscita del programma e la corretta sovrascrittura occorre chiudere e rilanciare.

Input

Prima di lanciare il programma occorre definire i dati di input:

- Utilizzare, in Dynamo, il file Excel per la lettura e confronto dei dati dal nome “Codifica”, definendo il percorso in modo univoco. Tale file è già stato citato nella figura 3.18. Questo file Excel rappresenta la sorgente da cui attingere le regole di codifica da confrontare con le informazioni all'interno del modello- Ogni qual volta sarà cambiato il percorso occorrerà aggiornare tale campo all'interno dello script. Si consiglia di salvare il file in Cloud, con lo scopo di definire un percorso di cartella univoco e quindi consentire l'utilizzo dell'algoritmo su terminali differenti.

Pur ammettendo l'inserimento di nuovi e potenzialmente infiniti attributi non è possibile modificare la struttura dei campi già compilati. Si può valutare la modifica dei campi adiacenti non compilati;

- Selezionare, in Dynamo, il livello di riferimento;
- Selezionare, in Dynamo, la vista del livello di riferimento parts. Chiaramente, come già definito nelle considerazioni iniziali, occorre prima duplicare la vista;
- Selezionare, in Dynamo, la vista 3D parts. Anche in questo caso occorrerà prima creare tale vista, duplicando quella di riferimento;
- Definire, in Dynamo, il file Excel, utilizzato come output, che verrà sovrascritto, con nome “Report_errori_architettonico”. Anche in questo caso occorre definire il percorso e aggiornare tale campo dopo ogni variazione. Stessi consigli del file per la lettura dei dati sull'utilizzo di unità flash USB o Cloud;
- Compilare tutti i campi del modello parametrico per evitare la presenza di errori. Tali campi sono i parametri:
 - Affidabilità;
 - REI.

Per quanto riguarda il file Excel di input *Codifica*, se in futuro occorrerà apportare delle modifiche, occorrerà aggiungere un'intera riga, duplicando la precedente in modo tale che lo script non dia errori, vedi figura 4.16.

CODIFICA RIVESTIMENTI - MURI			
ARACO AS-BUILT	MODELLO BIM	SPessori [cm]	DESCRIZIONE AS-BUILT
R01	R01	2	INTONACO CEMENTIZIO SAINT-GOBAIN PRONTOCEM TOP, sp. 2 cm CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: A1
R01	R01	1.5	INTONACO CEMENTIZIO SAINT-GOBAIN PRONTOCEM TOP, sp. 2 cm CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: A1
R01	R01	3	INTONACO CEMENTIZIO SAINT-GOBAIN PRONTOCEM TOP, sp. 2 cm CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: A1
R03	R03	2	CERAMICA MONOCOTTURA DI IMOLA - mod. AQUA - colori: 300W+300G - dim. 30x30 cm - sp. 7,3 mm
R07	R07	2	TAPPEZZERIA AGENA - mod. JUVENTUS CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: -
R08 ** ***	R08	2	RIVESTIMENTO IN DOGHE DI LEGNO SU PANNELLO IN MDF IGNIFUGATI CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: B-s2,d0
R11	R11	2	TINTEGGIATURA PER ESTERNI
R12	R12	2	PITTURA LAVABILE PER INTERNI
R13	R13	2	SMALTO ACRILICO ALL'ACQUA CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: -
R18	R18	2	CONTROPARETI IN VETRO TEMPERATO E VERNICIATO CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: -
R1* **	R19	2	RIVESTIMENTO MURALE SOIE VP 620 40
R2* **	R20	2	RIVESTIMENTO MURALE SOIE VP 620 61
R3* **	R21	2	TINTEGGIATURA ACRILICA PER INTERNI
R4* **	R22	2	TINTEGGIATURA ACRILICA PER ESTERNI (RAL 7035)

Figura 4.16 - Metodo di lavoro per successive modifiche del file Excel *Codifica*

Organizzazione dello script

Si è partiti dalla verifica di primo livello sul modello architettonico, per organizzarlo in modo che possa essere leggibile e utilizzabile da terze persone si è organizzato in settori, vedi figura 4.17:

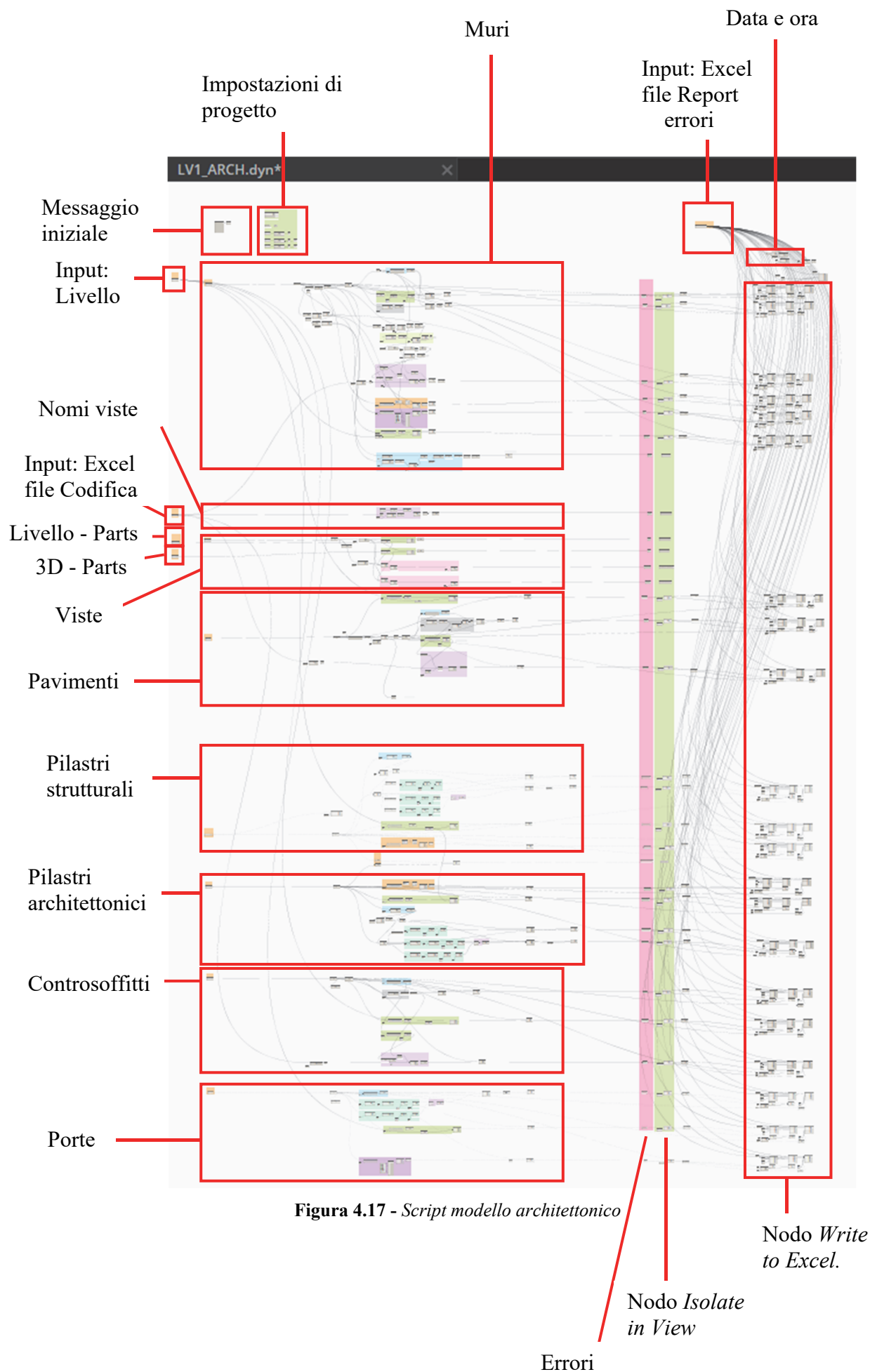
- Muri;
- Pavimenti;
- Controsoffitti;
- Pilastri;
- Porte;
- Viste;
- Informazioni generali.

Ciascun settore è suddiviso in ulteriori gruppi che analizzano uno specifico campo. Come ad esempio:

- Spessore;
- Materiale;
- Spessore finitura (confronto con file Excel);
- Affidabilità;
- REI;
- Appartenenza al livello.

Essendo, come già detto, una verifica formale ci si è concentrati principalmente sulla corrispondenza tra nomenclatura e proprietà effettivamente riportate dall'elemento e modellate.

L'algoritmo è così sviluppato:



Una volta lanciato il programma compare il messaggio, che ricorda di compilare i campi, e le impostazioni del progetto, quali unità di misura e coordinate, vedi figura 4.18.

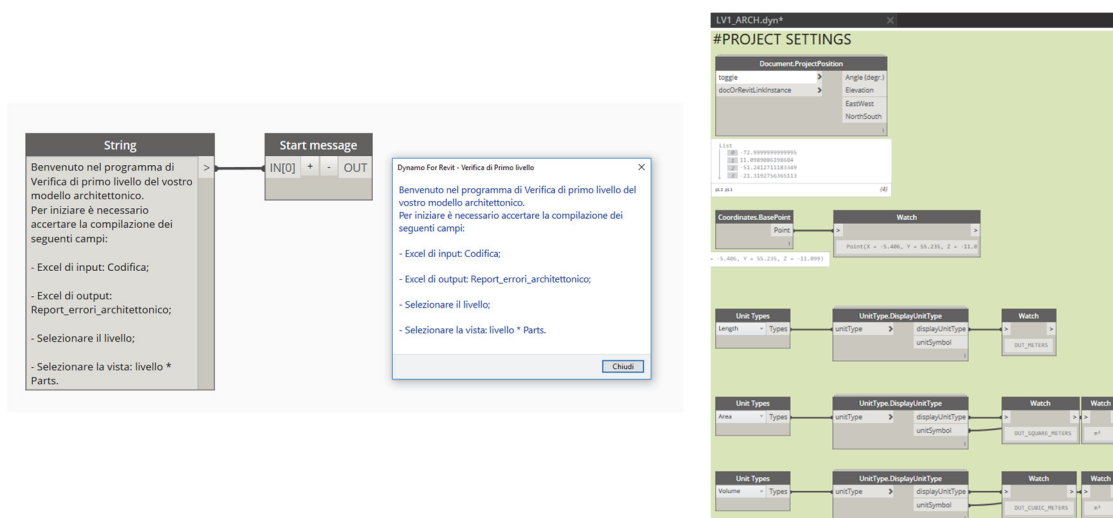


Figura 4.18 - Dynamo: messaggio iniziale ed impostazioni di progetto

I primi elementi ad essere analizzati sono i muri. Nello script seguente, figura 4.19, viene fornita all'utente una visione d'insieme che verrà spiegata nel dettaglio subito dopo.

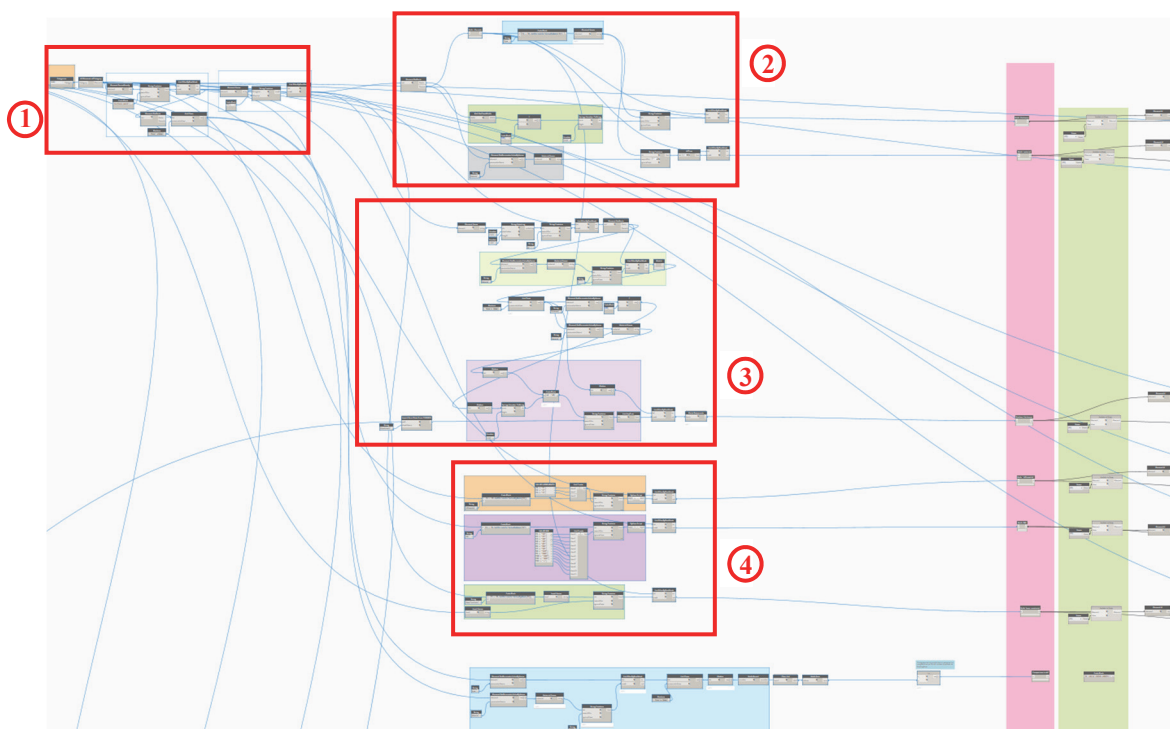


Figura 4.19 - Dynamo: parte di algoritmo relativo alla verifica dei muri

Partendo dalla categoria è possibile selezionare tutti gli elementi che ne fanno parte, questi vengono filtrati per tipologia. Vengono quindi separati in muri generici, controsoffitti verticali modellati come muri (S) e facciate vetrate (Curtain Wall) in base

al loro nome. In figura 4.20, che fa riferimento alla figura 4.19 parte 1, viene mostrata l'operazione di filtraggio.

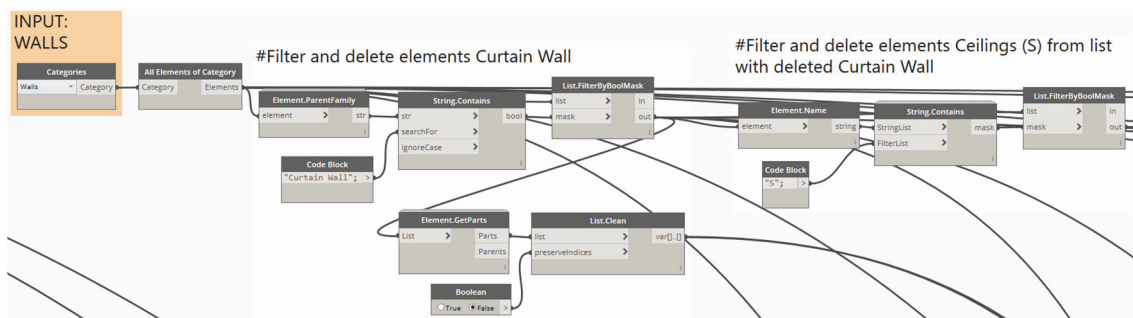


Figura 4.20 - Dynamo: filtraggio muri

Dagli elementi muri generici viene quindi ricavato il nome, questo sarà sempre confrontato con i parametri quali spessore totale, finiture, materiale, per verificare la corretta compilazione.

Viene quindi calcolato lo spessore totale e, attraverso la creazione delle parti e l'utilizzo del nodo *ElementGetParts* che mantiene il collegamento tra le parti e l'elemento, si ricava il materiale delle parti; si esegue quindi il controllo. La parte di script qui di seguito fa riferimento alla parte 2 della figura 4.19.

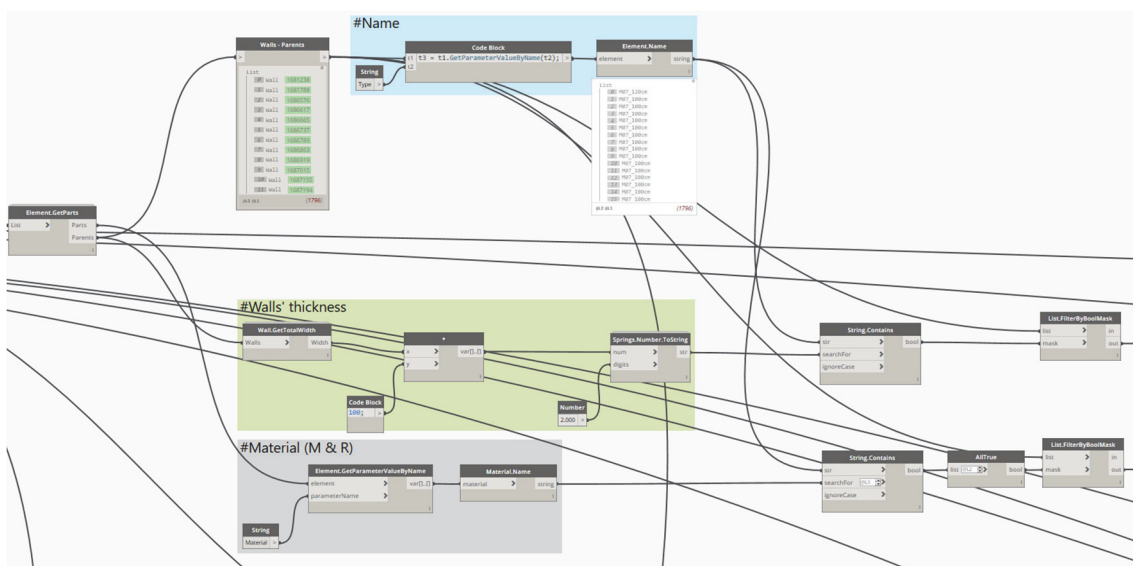


Figura 4.21 - Dynamo: confronto nome, spessore e materiale

L'eventuale presenza di errori viene quindi filtrata e riportata nella colonna Errors, vedi figura 4.22. Gli errori vengono anche raccolti in una *List* che viene esportata nel file Excel, Report_errori_architettonico, insieme al corrispondente ID. Questo passaggio permette quindi all'utente che consulta il report finale di individuare gli elementi che presentano un errore.

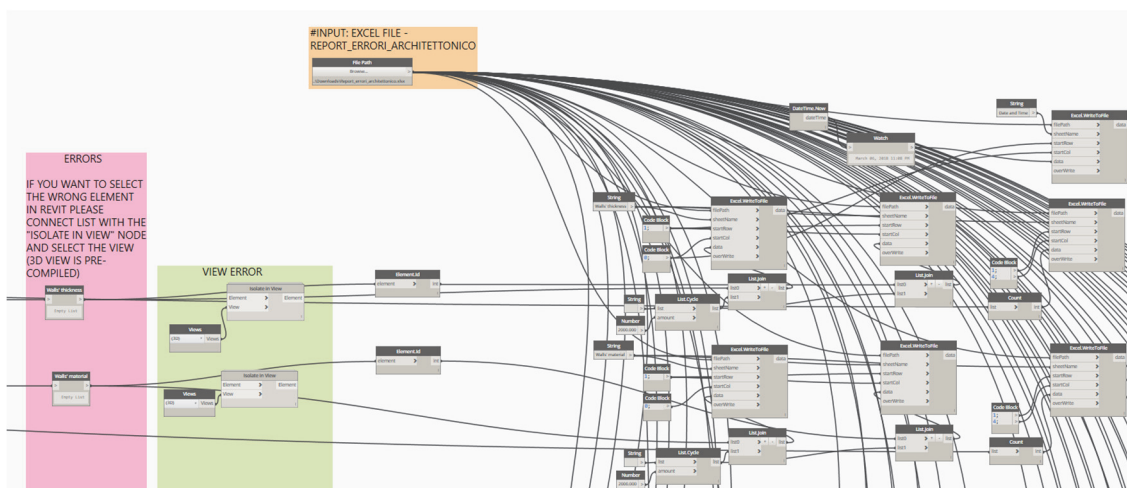


Figura 4.22 - *Dynamo: visualizzazione errori e scrittura nel file Excel di output*

Altro aspetto importante da verificare in questa fase è il corretto spessore delle finiture (R). Attraverso un'operazione di filtraggio si isolano le sole parti finitura e il corrispondente spessore che viene confrontato con il file Excel di input Codifica. Se tale coppia, finitura e spessore, non viene trovata nel file Excel si riporta l'errore. Tale parte di script fa riferimento alla figura 4.19, parte 3. L'eventuale errore viene riportato nel file Excel, nel corrispondente foglio di lavoro.

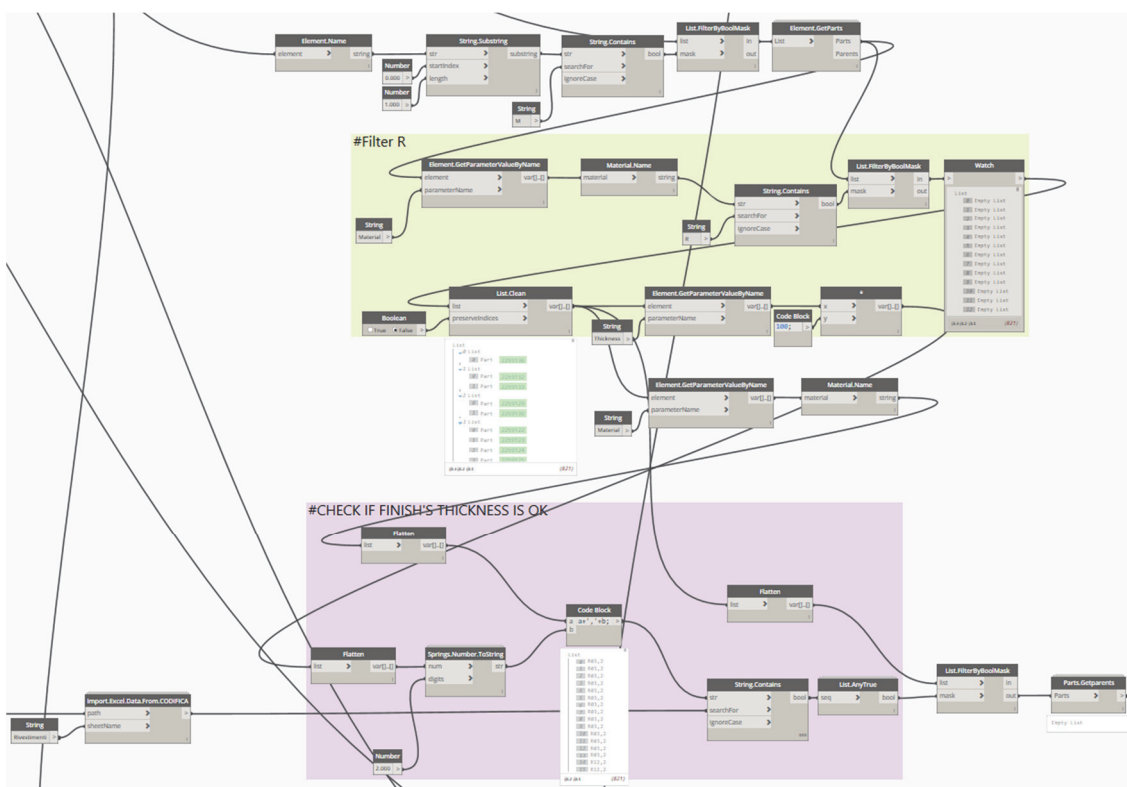


Figura 4.23 - *Dynamo: confronto spessore finiture da modello e da file Excel di input*

Viene poi verificata la corretta compilazione dei parametri Affidabilità, REI e l'appartenenza al livello corretto. Tale verifica sui muri si inquadra nella figura 4.19, parte 4. L'eventuale errore viene quindi filtrato e scritto nel file di output.

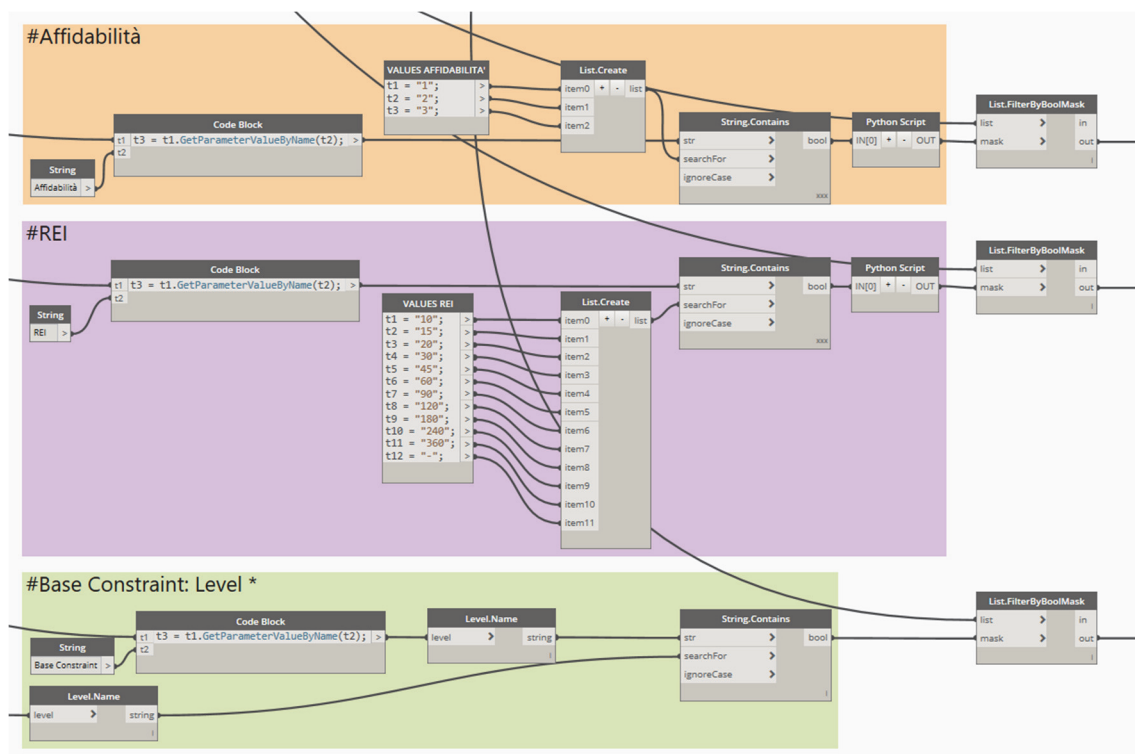


Figura 4.24 - Dynamo: verifica corretto inserimento dei parametri affidabilità, REI ed appartenenza al livello

Si passa quindi all'analisi dei livelli, verificando che tutti quelli stabiliti, scritti nel file Excel di input Codifica nel corrispondente foglio di lavoro, siano realmente presenti nel modello BIM.

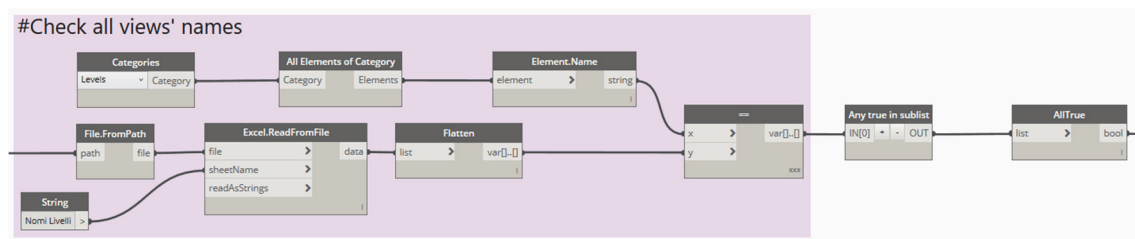


Figura 4.25 - Dynamo: controllo nomi livelli tra modello e file Excel di input

Analizzando le viste si verifica l'effettiva presenza dei livelli duplicati con le parti. Se si riporta un errore nella colonna Errors viene visualizzato *False*.

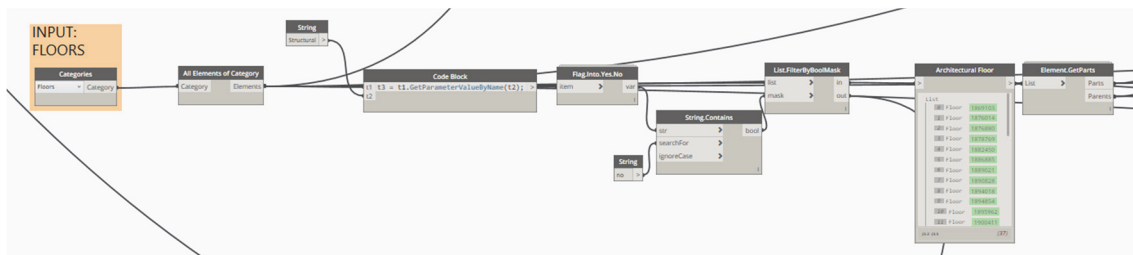


Figura 4.28 - Dynamo: filtro pavimento architettonico

A questo punto vengono effettuate le stesse verifiche svolte per i muri, viene confrontato il nome con il materiale e lo spessore, vedi figura 4.29 che si inquadra nella figura 4.27 parte 2. In particolare, lo spessore viene confrontato con quello dei vari tipi di pavimento risultanti dal file Excel Codifica. Se tale coppia, tipo di pavimentazione e spessore, non risulta in entrambi i file viene riscontrato un errore. I nodi finali di filtro vengono poi collegati con l'Excel di output.

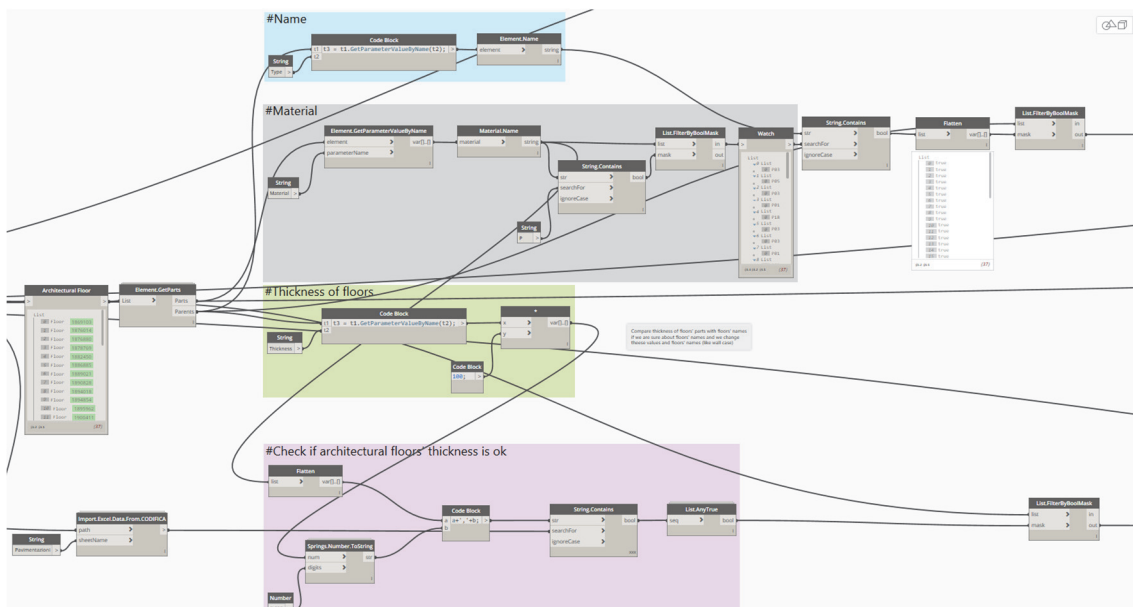


Figura 4.29 - Dynamo: controllo errori pavimentazione

I pilastri, essendo stati modellati come architettonici e strutturali, vengono analizzati separatamente ma con la stessa identica procedura, per questo motivo si analizza solo la parte di script relativa ai pilastri strutturali. In figura 4.30 viene fornita all'utente una visione d'insieme.

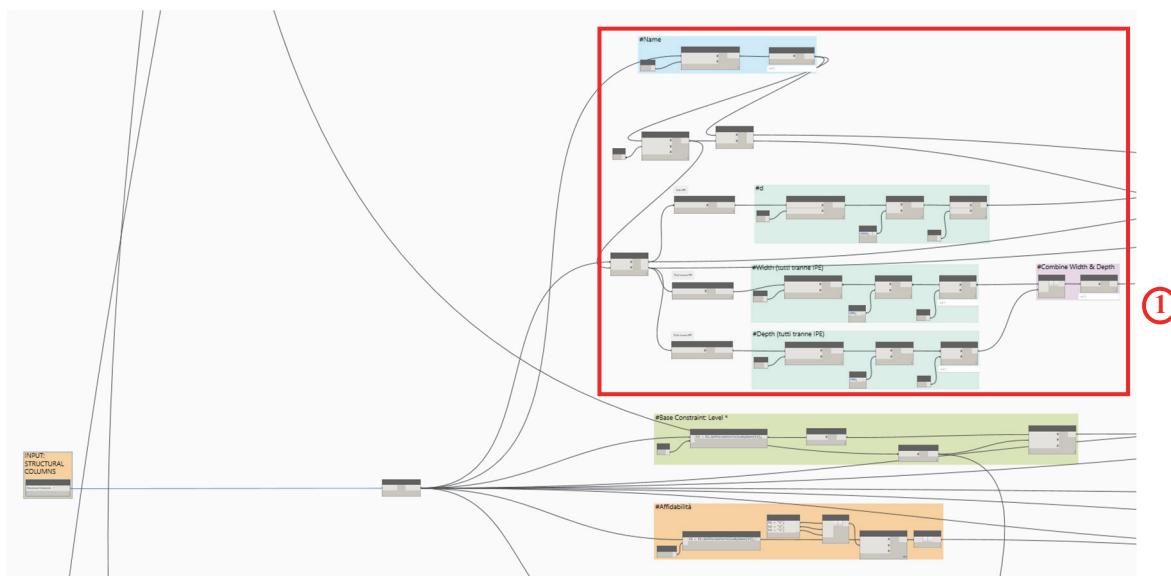


Figura 4.30 - Dynamo: verifica dei pilastri strutturali

Si confronta il nome con le dimensioni effettive dei pilastri. In particolare, come visibile in figura 4.31, che si inquadra nella figura 4.30 parte 1, questi vengono prima filtrati e divisi tra IPE ed H e tutto il resto, quadrati, rettangolari, a T e a croce; questo avviene perché i pilastri IPE ed H, quelli in acciaio presenti nella zona est dello stadio, hanno parametri dimensioni diversi dai comuni pilastri. La presenza di errori viene filtrata e visualizzata nella colonna degli errori e riportata nel report degli errori.

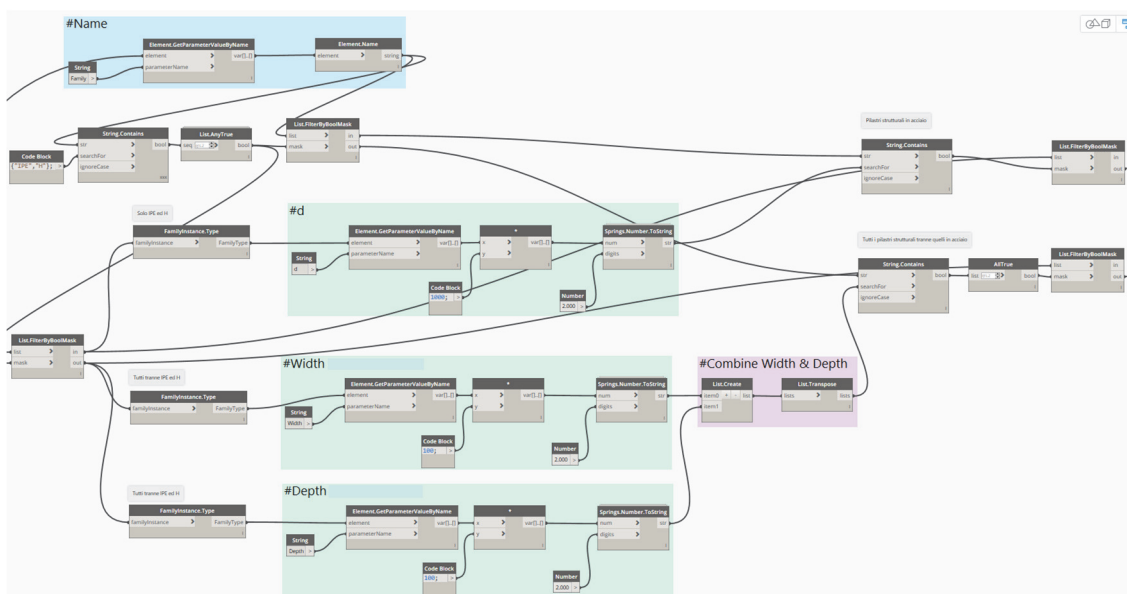


Figura 4.31 - Dynamo: filtro pilastri strutturali in base al materiale

Sui pilastri vengono effettuate anche delle verifiche sulla corretta appartenenza al livello e sull'affidabilità con la stessa procedura utilizzata per i muri.

Infine, a titolo di verifica, viene effettuato un controllo incrociato tra pilastri architettonici e strutturali per verificare che siano uguali in numero.

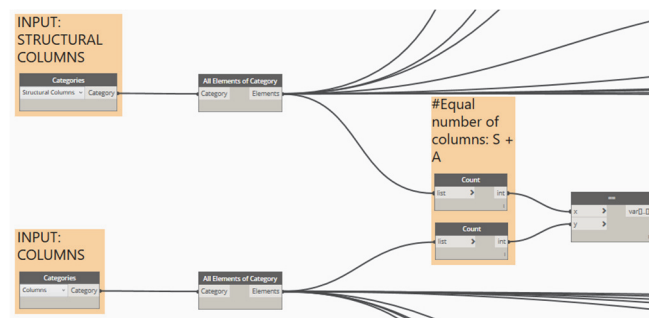


Figura 4.32 - Dynamo: controllo numero corretto dei pilastri

La correttezza dei controsoffitti viene verificata tramite il medesimo algoritmo dei già citati muri e pavimenti, andando a confrontare il nome con materiale e dimensioni. Anche in questo caso i valori degli spessori sono ricavati dal file Excel di input. In seguito, in figura 4.33, viene fornita all'utente una visione d'insieme di questa porzione di script.

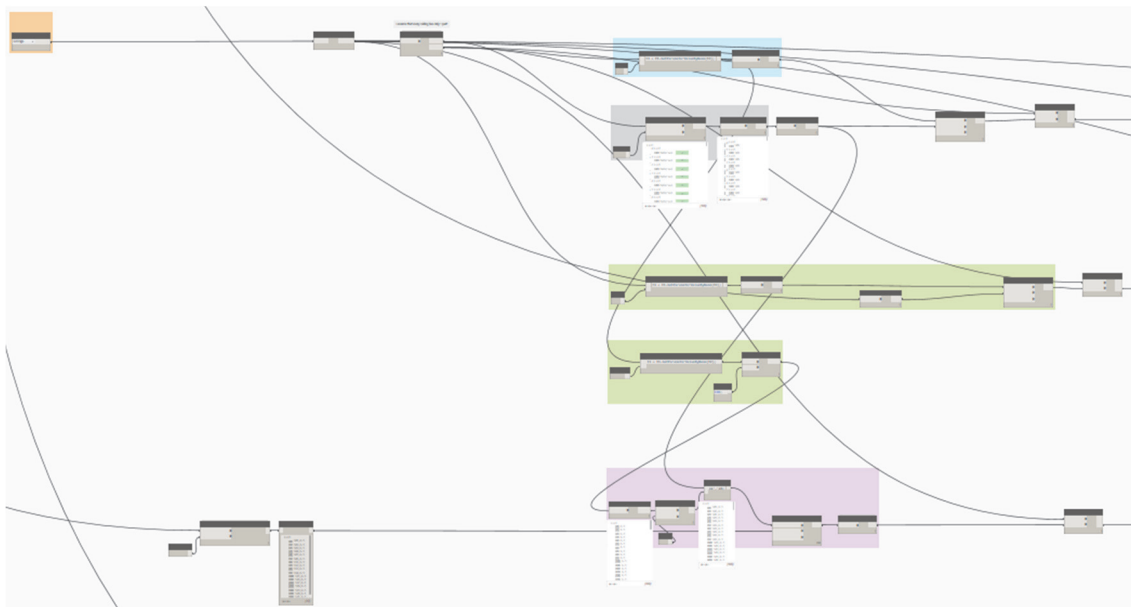


Figura 4.33 - Dynamo: verifica controsoffitti, visione d'insieme

Dell'elemento porta si verifica la corrispondenza tra nome e dimensioni, la corretta appartenenza al livello e il corretto inserimento del valore REI. In particolare le informazioni si ricavano con lo stesso metodo esplicitato in figura 4.31, nel caso relativo ai pilastri. Gli errori vengono poi filtrati e riportati nel file di output.

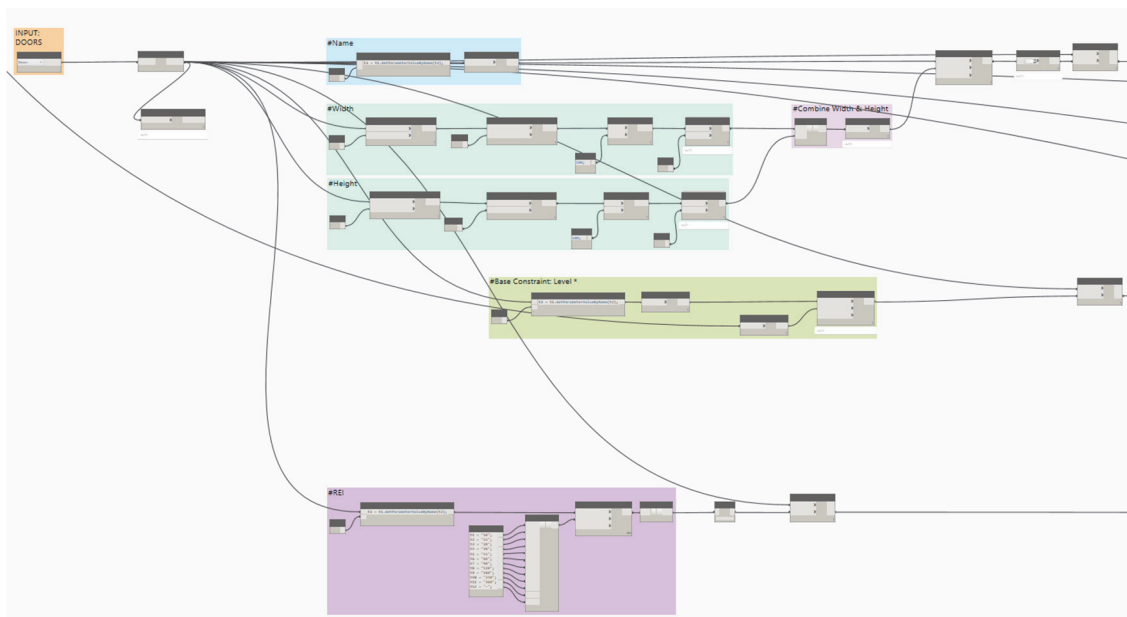


Figura 4.34 - Dynamo: verifica porte, visione d'insieme

Output

Con riferimento al modello ed alle modifiche apportate il file Excel di output sarà il Report_errori_architettonico.

NB: Il file, essendo in sovrascrittura, deve essere duplicato e salvato con un altro nome per la perdita dello stesso in seguito ad un successivo lancio. Tale operazione dovrà essere condotta nel momento in cui si desidera creare uno storico delle attività di verifica condotte.

Qui di seguito, in figura 4.35, viene riportato un estratto semplificato di tale report.

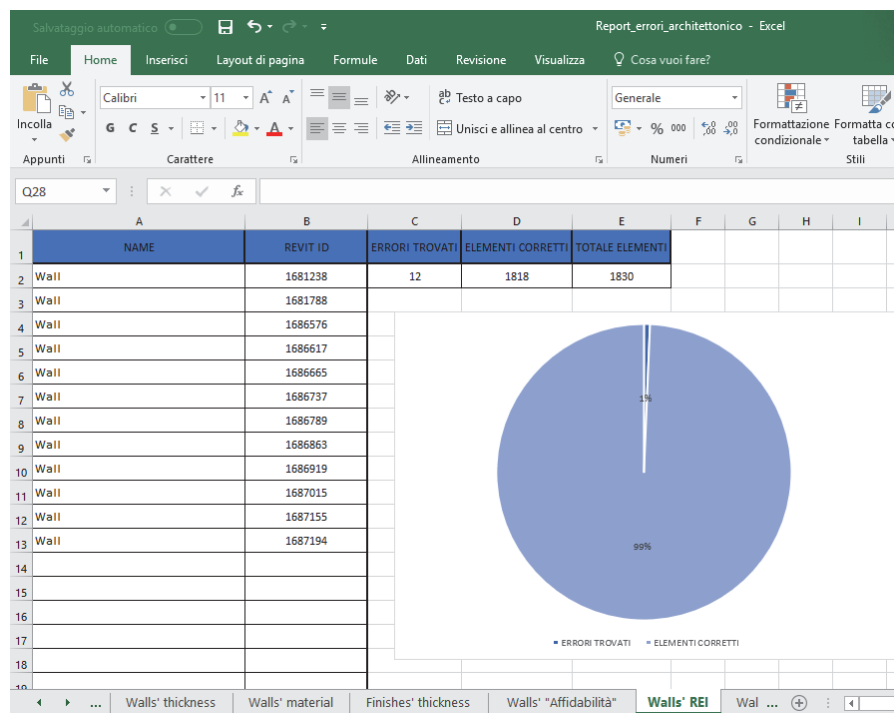


Figura 4.35 - Estratto Report errori del modello architettonico

Tale file è organizzato per fogli. Questi saranno:

- Date and Time: contiene la data e l'ora del lancio del programma. Prima di salvare il file dovranno essere compilati i campi Cognome e Nome operatore;
- Walls'thickness: riporta quegli elementi che hanno uno spessore non corretto o comunque non coerente con la nomenclatura assegnata;
- Walls'material: riporta quegli elementi che hanno un materiale non corretto o comunque non coerente con la nomenclatura assegnata;
- Finishes'thickness: indica se lo spessore delle finiture è corretto tramite confronto con il file Excel di input *Codifica*;
- Walls'"Affidabilità": riporta quegli elementi il cui campo Affidabilità non è stato correttamente compilato;
- Walls'REI: riporta quegli elementi il cui campo REI non è stato correttamente compilato;
- Walls'base constraint: evidenzia gli elementi che appartengono ad un livello errato;
- Floors'base constraint: evidenzia i pavimenti che appartengono ad un livello errato;
- Floors'material: riporta quei pavimenti che hanno un materiale non corretto o comunque non coerente con la nomenclatura assegnata;
- Arch floors'thickness: riporta i pavimenti architettonici che hanno uno spessore non corretto o comunque non coerente con la nomenclatura assegnata;
- Struct columns'dimensions: contiene i pilastri strutturali con dimensioni errate;

- Struct columns'base constraint: contiene i pilastri strutturali che appartengono ad un livello errato;
- Struct columns'"Affidabilità": contiene quei pilastri strutturali il cui campo Affidabilità non è stato correttamente compilato;
- Arch columns'"Affidabilità": contiene i pilastri il cui campo Affidabilità non è stato correttamente compilato;
- Arch columns'base constraint: contiene i pilastri che appartengono ad un livello errato;
- Arch columns'dimensions: contiene quei pilastri con dimensioni errate;
- Ceilings'material: riporta i controsoffitti con materiale non corretto o comunque non coerente con la nomenclatura assegnata;
- Ceilings'base constraint: riporta i controsoffitti che appartengono ad un livello errato;
- Ceilings'thickness: riporta quei controsoffitti che hanno uno spessore non corretto o comunque non coerente con la nomenclatura assegnata;
- Doors'dimensions: riporta le porte con dimensioni errate;
- Doors'base constraint: riporta le porte che appartengono ad un livello errato;
- Doors'REI: riporta le porte il cui campo REI non è stato compilato correttamente.

In ogni foglio, ad eccezione logicamente del primo, è presente l'elemento errato con il corrispondente ID. Viene inoltre visualizzato il totale di:

- Errori trovati;
- Elementi corretti;
- Totale elementi.

I risultati ottenuti sono stati riportati all'interno di un diagramma riepilogativo, come quello contenuto nella figura 4.35.

In alternativa per la visualizzazione degli errori direttamente in Revit tramite Dynamo è possibile utilizzare il comando *Isolate in View*, che permette la visualizzazione direttamente dell'elemento da correggere.

Per utilizzare tale comando è sufficiente, all'interno dell'algoritmo sviluppato, collegare la corrispondente freccia, che di default non è collegata, vedi figura 4.36.

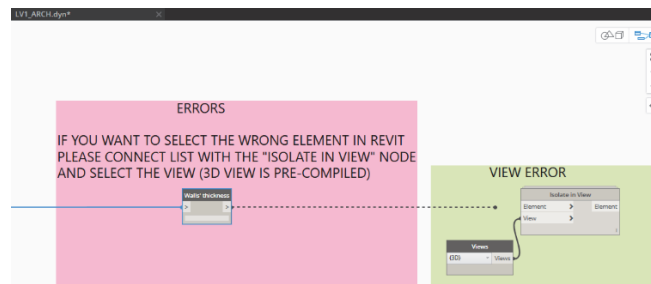


Figura 4.36 - *Dynamo: visualizzazione dell'errore in modalità isolata in Revit*

La vista di default per isolare l'errore è la vista 3D.

Calcolo delle finiture: RoomBook

Un dato di output interessante ai fini del Facility Management è il calcolo delle superfici di finiture. Queste informazioni saranno utili alla committenza per le future attività manutentive.

In un primo momento, dato che il software non è in grado di leggere i diversi tipi di finitura che risultano associati ad un singolo locale, si è pensato di utilizzare il VPP come strumento per tale verifica per avere un'analisi completa ma soprattutto un output interno al nostro modello.

Lo script sviluppato è riportato qui di seguito in figura 4.37.

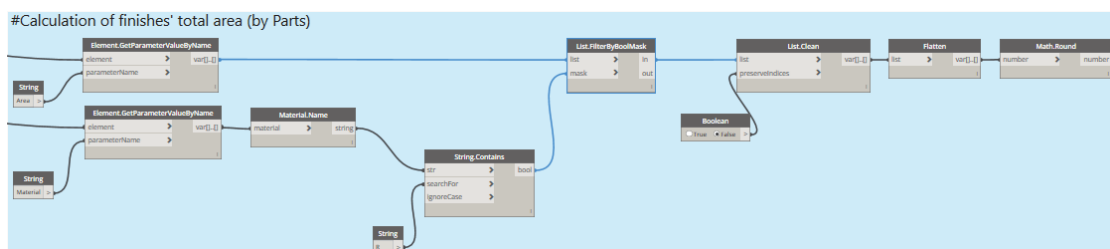


Figura 4.37 - *Dynamo: calcolo delle aree di finiture*

Nel modello BIM le finiture presentano la medesima altezza dei muri. Per questo motivo la quota va cambiata giungendo fino a quella dei controsoffitti. Quindi per calcolare l'effettiva superficie occorrerebbe, posizionandosi nella vista 3D Parts, ovvero quella dove è settata la visibilità delle parti, riposizionare le finiture portando giù il singolo strato alla quota del controsoffitto. Questa operazione, oltre a richiede molto tempo, è oggetto di facile errore in quanto deve essere svolta muro per muro e manualmente.

Per i motivi appena citati tale operazione è stata momentaneamente scartata.

Un'ipotesi presa in considerazione è l'utilizzo di Roombook Areabook Buildingbook Revit 2017, un'estensione di Autodesk Revit 2017 che permette il calcolo delle finiture delle varie superfici presenti all'interno del nostro progetto.

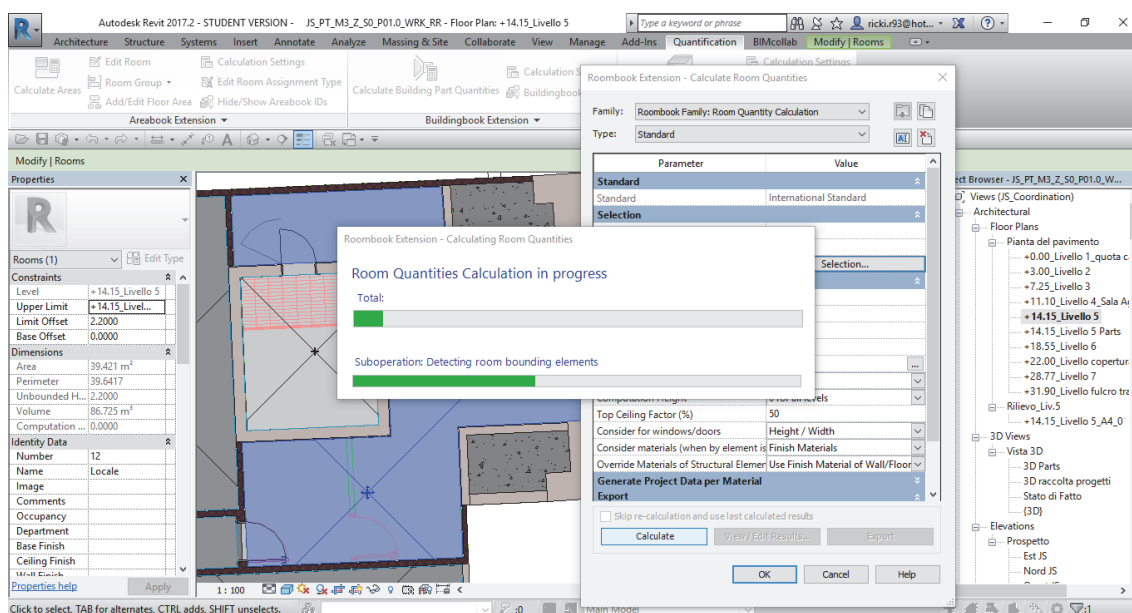


Figura 4.38 - Schermata di calcolo dell'area delle finiture tramite RoomBook Revit 2017

Il programma restituisce un foglio Excel con tutte le informazioni che sono state settate inizialmente. Non si avrà quindi un abaco all'interno di Revit, ma un foglio di calcolo esterno. Questa soluzione, a differenza della soluzione precedentemente proposta, non è un risultato ottimale, tuttavia è sicuramente la più precisa possibile.

A titolo d'esempio viene riportato di seguito, in figura 4.40, il calcolo delle finiture per un singolo locale del livello 5.

ROOMBOOK - WALL SURFACES														
Room / Group Number	Room / Group Name	Element Name	Element Surface Name	Sub Area Name	Sub Area Surface Name	Count	ID	Room ID	Surface Material	+/-	Length / Width	Area		
12	Locale	Wall1: Basic Wall: M06_12cm_R12	Wall Face1	Main	---	1	12	---	R12	+	3.8	4.4	16.93	
		Wall2: Basic Wall: M01_15cm_R12	Wall Face1	Main	---	1	15	---	R12	+	4.8	4.4	21.19	
		Wall3: Basic Wall: M06_27cm_R12	Wall Face1	Main	---	1	16	---	R12	+	3.4	4.4	15.00	
		Door1: JS_PT_M3_A_S01_PDDoor1	---	---	---	---	1	14	---	R12	-	0.8	2.1	-1.68
		Wall4: Basic Wall: M06_27cm_R12	Wall Face2	Main	---	---	1	16	---	R12	+	0.0	4.4	1.19
		Wall5: Basic Wall: M01_15cm_R12+R12	Wall Face1	Main	---	---	1	17	---	R12	+	3.8	4.4	16.81
		Wall6: Basic Wall: M06_27cm_R12	Wall Face2	Main	---	---	1	16	---	R12	+	0.0	4.4	1.19
		Wall7: Basic Wall: M01_17cm_R12+R12	Wall Face1	Main	---	---	1	19	---	R12	+	3.1	4.4	13.79
		Wall8: Basic Wall: M06_20cm_R12	Wall Face1	Main	---	---	1	10	---	R12	+	1.6	4.4	7.03
		Wall9: Basic Wall: M06_20cm_R12	Wall Face1	Main	---	---	1	11	---	R12	+	0.2	4.4	0.75
		Wall10: Basic Wall: M06_20cm_R12	Wall Face2	Main	---	---	1	12	---	R12	+	2.5	4.4	11.07
		Wall11: Basic Wall: M06_20cm_R12	Wall Face2	Main	---	---	1	13	---	R12	+	0.0	4.4	0.88
		Wall12: Basic Wall: M01_16.5cm_R12+R12	Wall Face1	Main	---	---	1	14	---	R12	+	1.5	4.4	6.56
		Wall13: Basic Wall: M01_15cm_R12+R12	Wall Face1	Main	---	---	1	15	---	R12	+	1.6	4.4	7.04
		Wall14: Basic Wall: M01_22cm_R12+R12	Wall Face1	Main	---	---	1	16	---	R12	+	0.0	4.4	0.88
		Door1: JS_PT_M3_A_S01_PDDoor1	---	---	---	---	1	17	---	R12	+	2.3	4.4	10.17
		Wall15: Basic Wall: R12_0.1cm	Wall Face1	Main	---	---	1	18	---	R12	+	4.9	4.4	21.69
		Wall16: Basic Wall: R12_0.1cm	Wall Face1	Main	---	---	1	19	---	R12	+	1.5	4.4	6.64
		Wall17: Basic Wall: M01_12cm_R12	Wall Face1	Main	---	---	1	21	---	R12	+	1.2	4.4	5.09
		Wall18: Basic Wall: R12_0.1cm	Wall Face1	Main	---	---	1	20	---	R12	-	0.9	2.1	-1.89
		Wall19: Basic Wall: R12_0.1cm	Wall Face1	Main	---	---	1	22	---	R12	+	0.5	4.4	2.31
		Wall20: Basic Wall: R12_0.1cm	Wall Face1	Main	---	---	1	23	---	R12	+	0.5	4.4	2.30
		Wall21: Basic Wall: R12_0.1cm	Wall Face1	Main	---	---	1	24	---	R12	+	1.2	4.4	5.23
Total of all wall surfaces of the room												169.97		
Total of all wall surfaces of all rooms												169.97		
Total of all wall surfaces of all rooms												169.97		
Room / Group Number Room / Group Name Element Name Element Surface Name Sub Area Name Sub Area Surface Name Count ID Room ID Surface Material +/- Length / Width Area														
Wall Surfaces Floor Surfaces Room Circumferences all Room Quantities														

Figura 4.39 - Esempio di foglio di output di RoomBook

Dunque, riassumendo i pro e i contro delle due diverse metodologie per il calcolo delle finiture, possiamo riassumere quanto segue in tabella 4.1.

	Dynamo	RoomBook
Precisione	X	V
Accuratezza	X	V
Velocità di esecuzione	V	X
Possibilità di rimanere all'interno di Revit	V	X
Completezza modello	X	V

Tabella 4.1 – Confronto tra Dynamo e RoomBook Revit 2017 per il calcolo delle aree delle finiture

Considerazioni finali

La mole dei dati analizzati, la pesantezza del file Revit e la complessità dello script causano problemi e rallentano l'esecuzione del programma.

I continui crash del programma dovuti alla grande quantità di dati da analizzare sono sicuramente un problema, per questo motivo è consigliabile effettuare frequenti salvataggi e tenere una copia del file per evitare la perdita dei dati.

4.2.2. Verifica del modello meccanico

In seguito, si è deciso di realizzare uno script per la verifica del modello meccanico. Questo è stato pensato per il singolo modello, non è ancora chiaro se conterrà uno o più rami verticali. Se eventualmente in seguito il modello conterrà più di un ramo occorrerà applicare delle modifiche allo script.

Considerazioni iniziali

Occorre verificare che:

- Le famiglie non utilizzate siano state cancellate;
- Tutti gli elementi siano ben collegati ed appartengano allo stesso sistema;
- Ogni terminale possieda il proprio foro per poi utilizzare il comando *Copia e Controlla*.

Per assicurarsi la buona riuscita del programma e la corretta sovrascrittura occorre chiudere e rilanciare.

Input

Prima di lanciare il programma occorre definire i dati di input:

- Compilare i due campi sul numero di sistemi. Tale numero è fondamentale per individuare l'eventuale errore nel collegamento e quindi la creazione sistemi non previsti;
- Definire, in Dynamo, il file Excel, utilizzato come output, che verrà sovrascritto, con nome "Report_errori_mechanico". Ogni qual volta sarà cambiato il percorso occorrerà aggiornare tale campo all'interno dello script. Si consiglia di salvare il file in Cloud, con lo scopo di definire un percorso di cartella univoco e quindi consentire l'utilizzo dell'algoritmo su terminali differenti;
- Compilare tutti i campi del modello parametrico per evitare la presenza di errori. Tali campi sono i parametri:
 - Affidabilità.

Organizzazione dello script

Il programma di verifica di primo livello sul modello meccanico è organizzato in modo che possa essere leggibile e utilizzabile da terze persone e si è organizzato in settori, vedi figura 4.40:

- Condotti;

- Raccordi;
- Condotti flessibili;
- Terminali d'aria.

Ciascun settore è suddiviso in ulteriori gruppi che analizzano uno specifico campo. Come ad esempio:

- Nome;
- Sistema;
- Affidabilità.

Essendo, come già detto, una verifica formale ci si è concentrati principalmente sulla corrispondenza tra nomenclatura e proprietà effettivamente riportate dall'elemento e modellate.

L'algoritmo è così sviluppato:

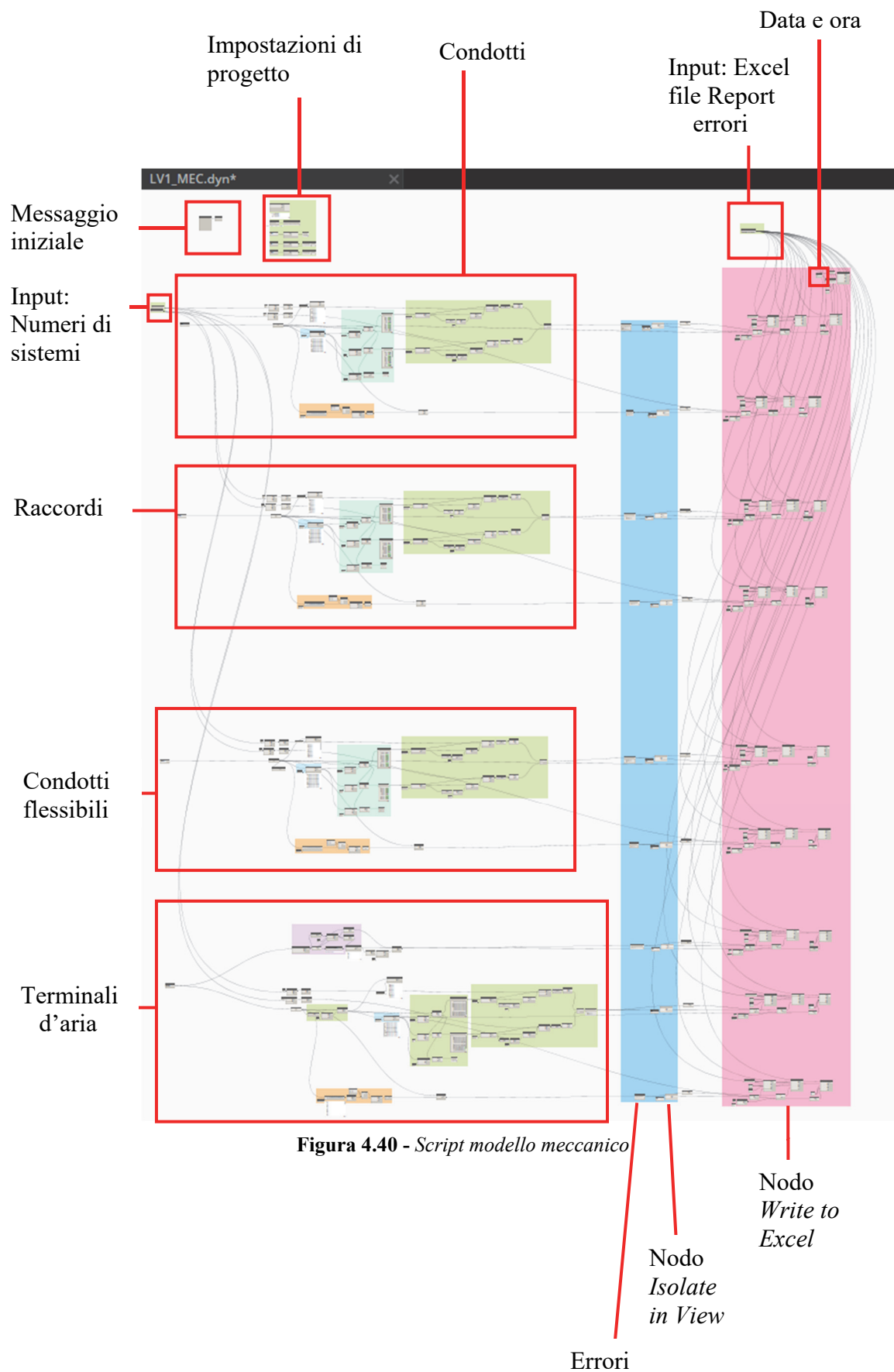


Figura 4.40 - Script modello meccanico

Una volta lanciato il programma compare il messaggio, come nel caso dello script architettonico, che ricorda di compilare i campi, e le impostazioni del progetto, quali unità di misura e coordinate, vedi figura 4.41.

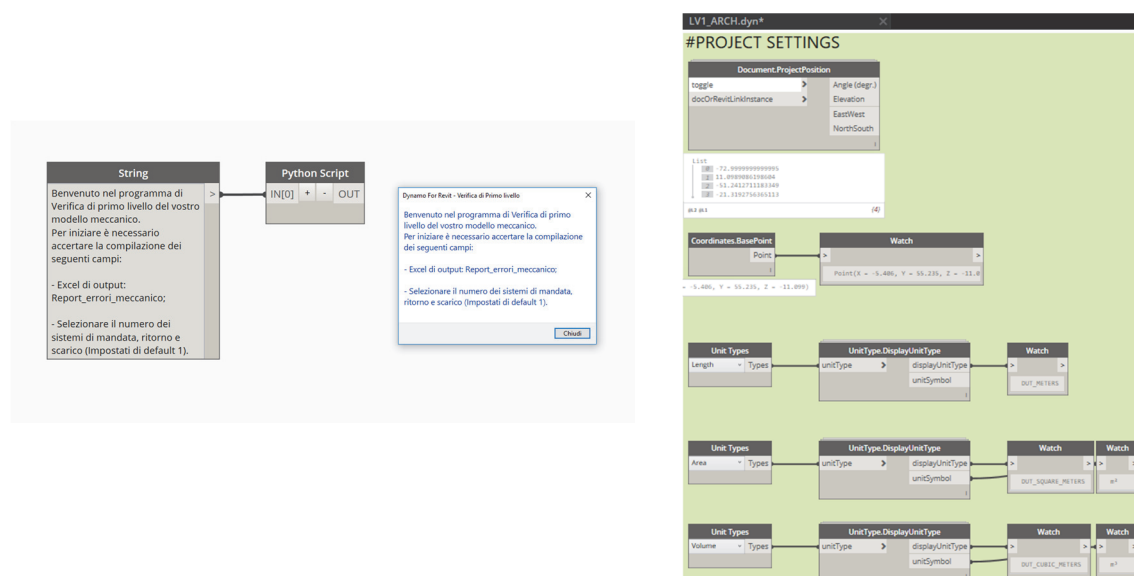


Figura 4.41 - Dynamo: messaggio iniziale ed impostazioni di progetto

I primi elementi ad essere analizzati sono i condotti. Nello script seguente, figura 4.42, viene fornita all'utente una visione d'insieme che verrà spiegata nel dettaglio subito dopo.

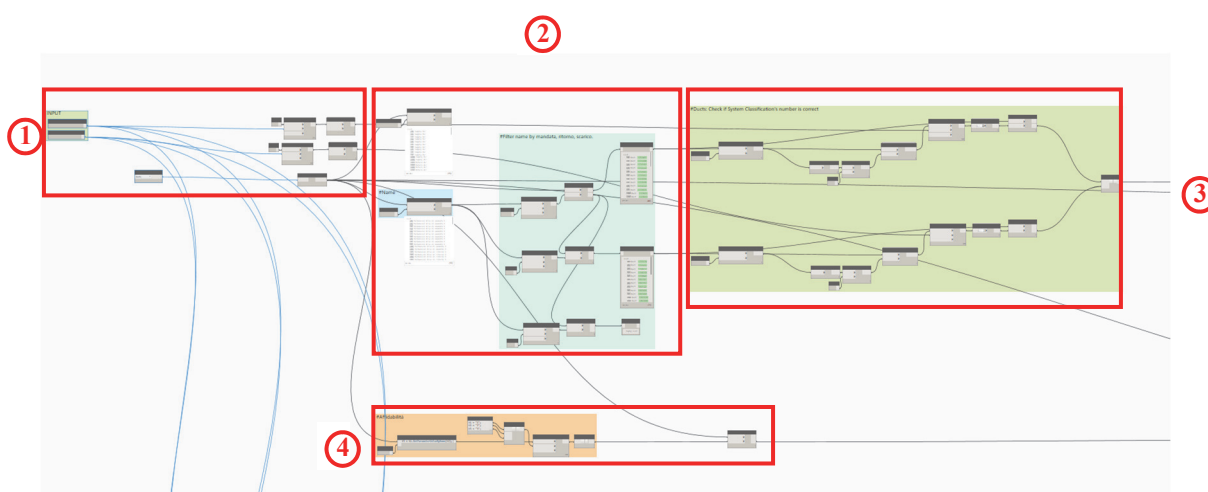


Figura 4.42 - Dynamo: verifica dei condotti, visione d'insieme

Uno dei campi da compilare come input del programma è il numero di sistemi di mandata e ritorno, occorre aggiungere anche scarico se in futuro si modellerà tale ramo, questo è visibile nella seguente immagine, figura 4.43, che si inquadra nella figura 4.42 parte 1. Questi numeri ci permettono di controllare eventuali errori sul numero di sistemi presenti nel modello BIM.

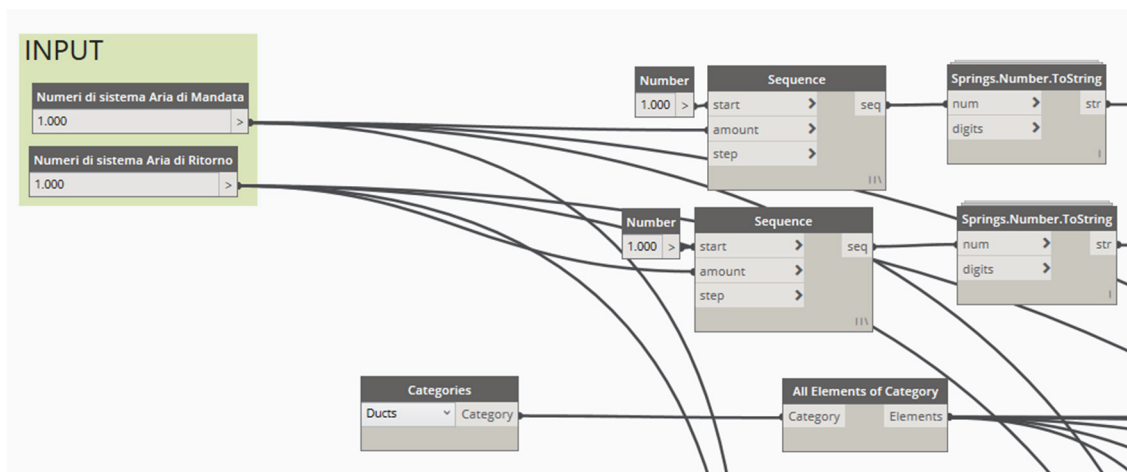


Figura 4.43 - *Dynamo: definizione del numero di sistemi nel progetto*

Si ricava il nome del sistema di ogni singolo condotto e si confronta con il numero precedentemente inserito come input per verificarne la correttezza, vedi figura 4.44 e 4.45 che si inquadrano rispettivamente in figura 4.42 parte 2 e parte 3.

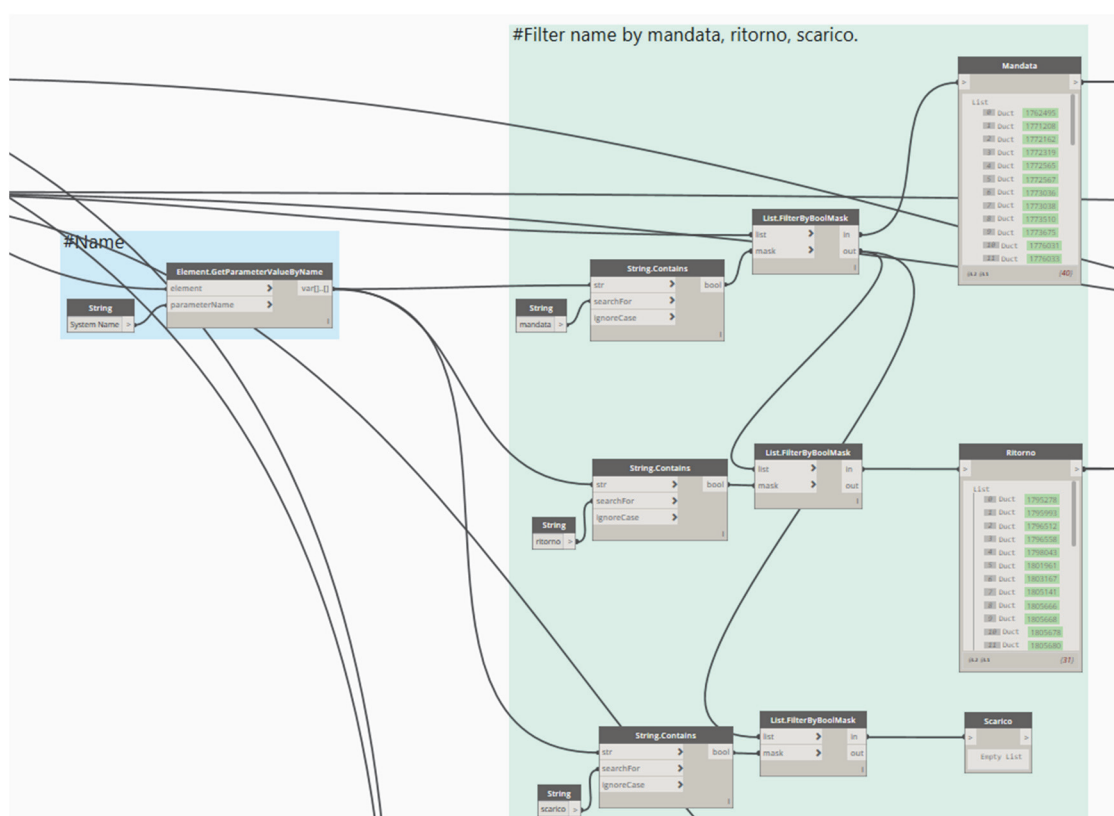


Figura 4.44 - *Dynamo: filtro del nome in base al tipo di sistema*

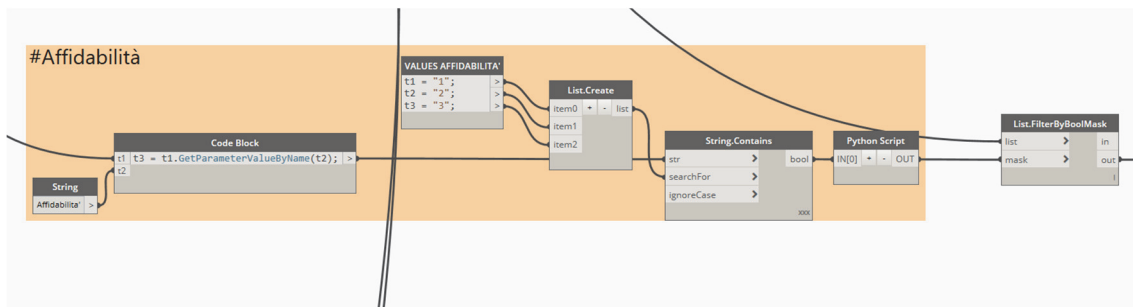


Figura 4.47 - Dynamo: controllo corretta compilazione parametro affidabilità

Lo stesso procedimento viene ripetuto con le medesime considerazioni per:

- Raccordi, vedi figura 4.48;
- Condotti flessibili, vedi figura 4.49.

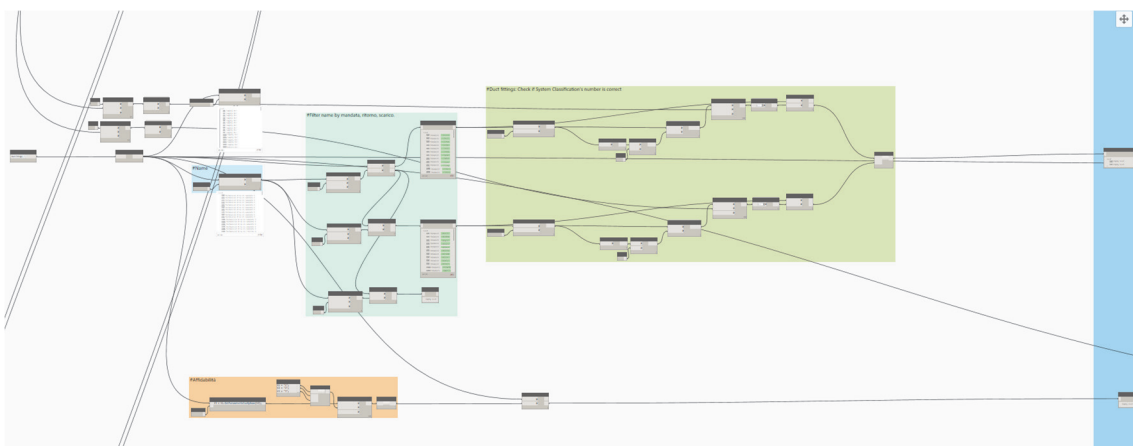


Figura 4.48 - Dynamo: verifica dei raccordi

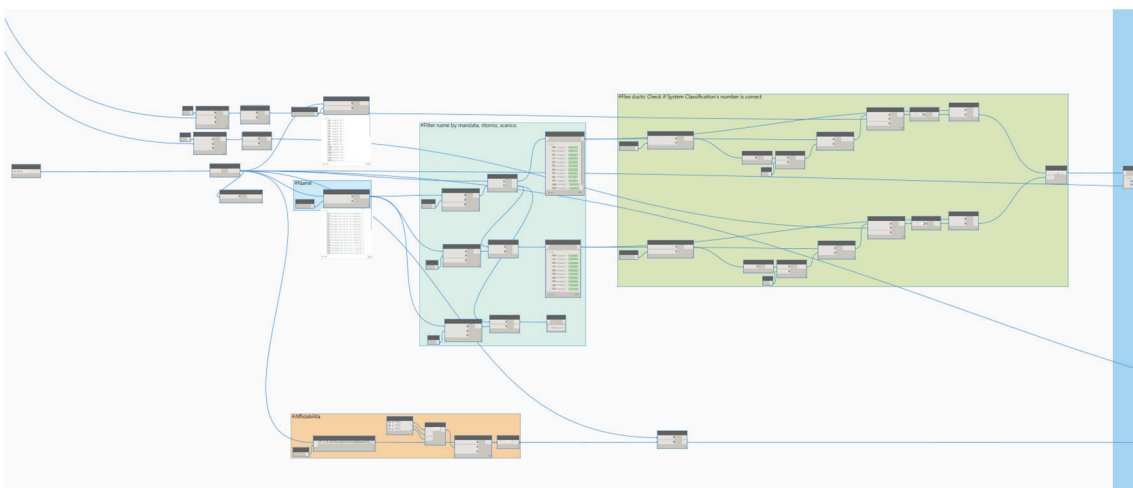


Figura 4.49 - Dynamo: verifica dei condotti flessibili

Per i terminali d'aria è stata utilizzata una struttura simile a quella appena citata, vedi figura 4.50, dove viene fornita una visione d'insieme.

The diagram illustrates a network topology with several interconnected components. A red box highlights a specific section of the network, which includes a purple-shaded area at the top and a green-shaded area below it. The purple area contains a cluster of nodes connected to a central hub. The green area contains a cluster of nodes connected to a central hub. The orange area at the bottom contains a cluster of nodes connected to a central hub. The blue area on the right contains a cluster of nodes connected to a central hub. The network is highly interconnected, with many lines representing connections between nodes. The red box highlights a specific section of the network, which includes the purple and green shaded areas.

Figura 4.50 - *Dynamo: verifica terminali d'aria*

Si esaminano le famiglie dei terminali d'aria presenti nel modello per verificare l'effettiva presenza del parametro *Room Calculation Point*, altrimenti viene riportato l'errore.

Gli elementi terminale d'aria vengono filtrati in quanto della suddetta categoria fanno parte anche i corrispondenti fori, modellati come terminali d'aria per mantenere la connessione tra i due. Queste considerazioni sono visibili in figura 4.51 che fa riferimento alla figura 4.50 parte 1.

Una volta filtrati questi elementi sono oggetto di verifica riguardo a nome e numero di sistema e affidabilità, come visto anche nei casi precedenti.

L'eventuale presenza di errori viene quindi filtrata e riportata nel file Excel di output avente nome Report errori meccanico.

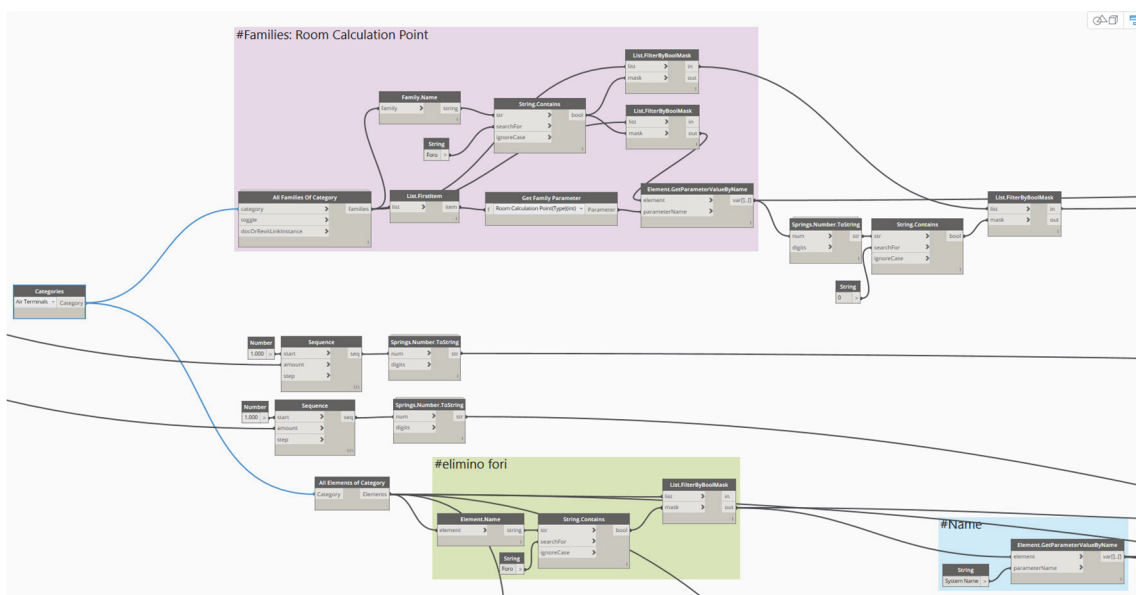


Figura 4.51 - *Dynamo: controllo corretta compilazione del parametro Room Calculation Point e filtro la presenza dei fori*

Output

Con riferimento al modello ed alle modifiche apportate il file Excel di output sarà il Report_errori_meccanico.

NB: Il file, essendo in sovrascrittura, deve essere duplicato e salvato con un altro nome per la perdita dello stesso in seguito ad un successivo lancio.

Qui di seguito, in figura 4.52, viene riportato un estratto semplificato di tale report, in allegato a fondo tesi invece le tabelle complete.

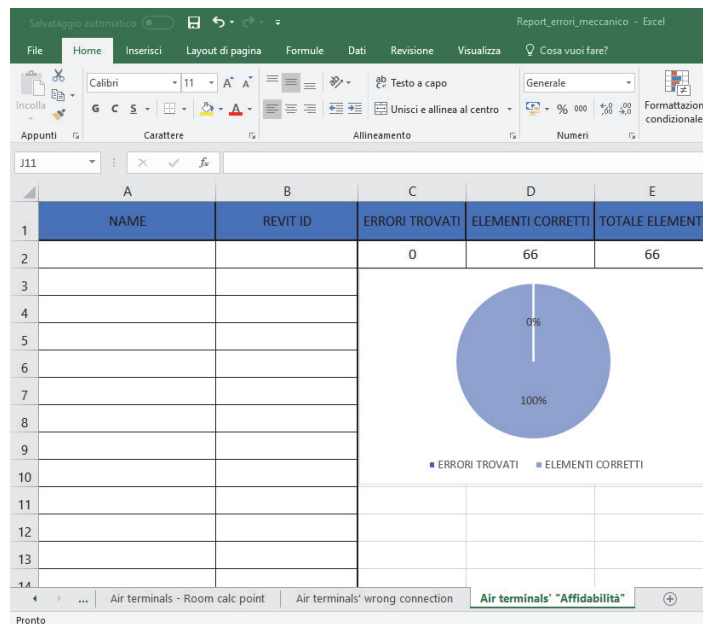


Figura 4.52 - Estratto Report errori del modello meccanico

Tale file è organizzato per fogli. Questi saranno:

- Date and Time: contiene la data e l'ora del lancio del programma. Prima di salvare il file dovranno essere compilati i campi Cognome e Nome operatore;
- Ducts'wrong connection: contiene i condotti mal collegati che generano quindi un errore nel numero del sistema;
- Ducts'"Affidabilità": riporta i condotti il cui campo Affidabilità non è stato correttamente compilato;
- Duct fittings'wrong connection: contiene i raccordi mal collegati che generano quindi un errore nel numero del sistema;
- Duct fittings'"Affidabilità": riporta i raccordi il cui campo Affidabilità non è stato correttamente compilato;
- Flex ducts'wrong connection: contiene i condotti flessibili mal collegati che generano quindi un errore nel numero del sistema;
- Flex ducts'"Affidabilità": riporta i condotti flessibili il cui campo Affidabilità non è stato correttamente compilato;

- Air terminals – Room calc point: indica se tutte le famiglie esistenti nel modello abbiano effettivamente tale parametro, altrimenti viene riportato l'errore;
- Air terminals'wrong connection: contiene i terminali mal collegati che generano quindi un errore nel numero del sistema;
- Air terminals'Affidabilità': riporta i terminali il cui campo Affidabilità non è stato correttamente compilato.

In ogni foglio, ad eccezione logicamente del primo, è presente l'elemento errato con il corrispondente ID. Viene inoltre visualizzato il totale di:

- Errori trovati;
- Elementi corretti;
- Totale elementi.

È possibile riportare questi valori in un diagramma a torta di facile lettura, vedi figura 4.52.

In alternativa per la visualizzazione degli errori direttamente in Revit tramite Dynamo è possibile utilizzare il comando *Isolate in View*, che permette la visualizzazione diretta dell'elemento da correggere.

Per utilizzare tale comando è sufficiente, all'interno dell'algoritmo sviluppato, collegare la corrispondente freccia, che di default non è collegata. A titolo d'esempio viene riportato in figura 4.53 tale nodo.

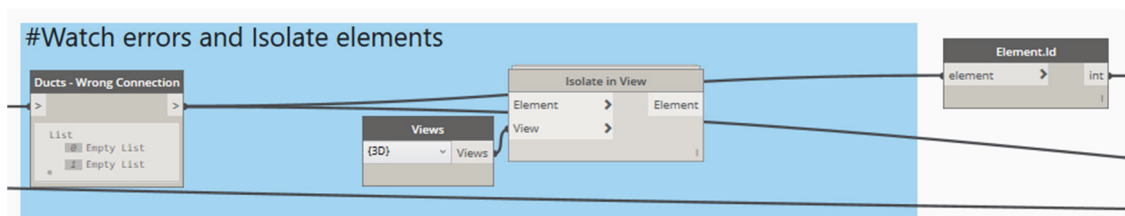


Figura 4.53 - *Dynamo: Visualizzazione dell'errore in modalità isolata in Revit*

La vista di default per isolare l'errore è la vista 3D.

5. Conclusioni e sviluppi futuri

L'aspetto più apprezzabile del lavoro svolto è sicuramente l'interazione tra i vari modelli. Nonostante la struttura molto complessa del progetto a causa di differenti modelli, è stato sviluppato un metodo di lavoro molto semplice e schematico e al contempo utile per la futura attività di gestione.

Attualmente l'unico difetto è la ripetitività delle operazioni di aggiornamento del modello di coordinamento dato che, modificando i file su cui si modella, bisogna ricaricarli sul coordinamento disciplinare. Occorrerà sicuramente automatizzare questa operazione per il futuro in modo da garantire un'ottimizzazione della strutturazione dei modelli.

La gestione dei modelli federati e la perdita di informazioni è sicuramente uno dei problemi maggiori che devono essere risolti in quanto potrebbero compromettere tutto il lavoro fin qui eseguito. Al momento la metodologia adottata non risulta in discussione, dovranno però essere effettuati altri approfondimenti.

I risultati fin qui ottenuti hanno sicuramente sviluppato ed approfondito le mie capacità di modellazione parametrica e l'utilizzo del software Autodesk Revit, ma anche migliorato la metodologia di approccio ai problemi, soprattutto considerando la vastità del progetto e tutto ciò che questo comporta.

Si è ragionato sul flusso di lavoro e sulla gestione ed organizzazione di un caso reale che può essere adoperato in altre circostanze e da terze parti. Il continuo confronto sulle strategie e i problemi affrontati hanno sicuramente contribuito in maniera decisiva alla buona riuscita di questo lavoro ed arricchito le mie conoscenze.

È stato interessante esaminare le normative sul BIM, in particolare quella italiana, la UNI 11337:2017, nuova e ricca di spunti di riflessione, così come la britannica PAS 1192, cogliendo così anche la varietà di pensiero di paesi che stanno sviluppando sempre di più la metodologia BIM. Naturalmente il lavoro è stato improntato sulla normativa italiana, anche se non sono mancati gli spunti e i richiami offerti da altre realtà, ampliando così il punto di vista iniziale.

La parte di verifica di primo livello del modello è stata sviluppata tramite l'uso di Dynamo, interfacciandosi per la prima volta con un linguaggio di programmazione visuale; il risultato è da considerarsi soddisfacente poiché, tramite alcuni accorgimenti e modifiche, il lavoro svolto può essere implementato e migliorato per il caso studio ma anche adattato ad altri progetti.

Una possibile criticità da analizzare in futuro è se, data la quantità di dati da analizzare, questo sarà lo strumento giusto per affrontare il problema. Infatti, la mole dei dati analizzati, la pesantezza del file Revit e la complessità dello script causano problemi e rallentano l'esecuzione del programma. Sicuramente l'utilizzo dei modelli federati e dei link genera file più leggeri e facilmente utilizzabili rispetto al modello centrale.

È quindi da prendere in considerazione l'ipotesi di dividere il singolo script, lavorando in parallelo sulla stessa disciplina ma con elementi diversi. In questa tesi l'algoritmo è stato pensato e diviso solamente per disciplina. Se si deciderà di ampliare il raggio d'azione dello script, come ad esempio per una verifica di secondo livello e con l'aumentare dei dati da analizzare, l'idea di dividerlo ulteriormente per favorire la buona riuscita dell'esecuzione appare oltremodo giustificata.

Proprio la verifica ed il coordinamento di secondo livello potrebbero essere uno sviluppo futuro di questo elaborato. In particolare, l'utilizzo di Dynamo anche per questo tipo di verifica, si potrebbe adattare al caso studio in quanto il programma presenta dei nodi in grado di leggere i modelli linkati.

Un interessante sviluppo futuro potrebbe essere riuscire ad effettuare un'analisi delle incoerenze ed un'analisi delle interferenze tra modelli linkati utilizzando il programma Dynamo, esportando un report degli errori non più diviso per discipline ma unico. Da questo report, oltre che gli errori, si potrebbe ricavare, ad esempio per il caso dei modelli meccanici ed architettonici, un abaco dove poter elencare tutti i locali attraversati dal singolo condotto e viceversa, cioè in uno specifico locale quanti e quali condotti passano.

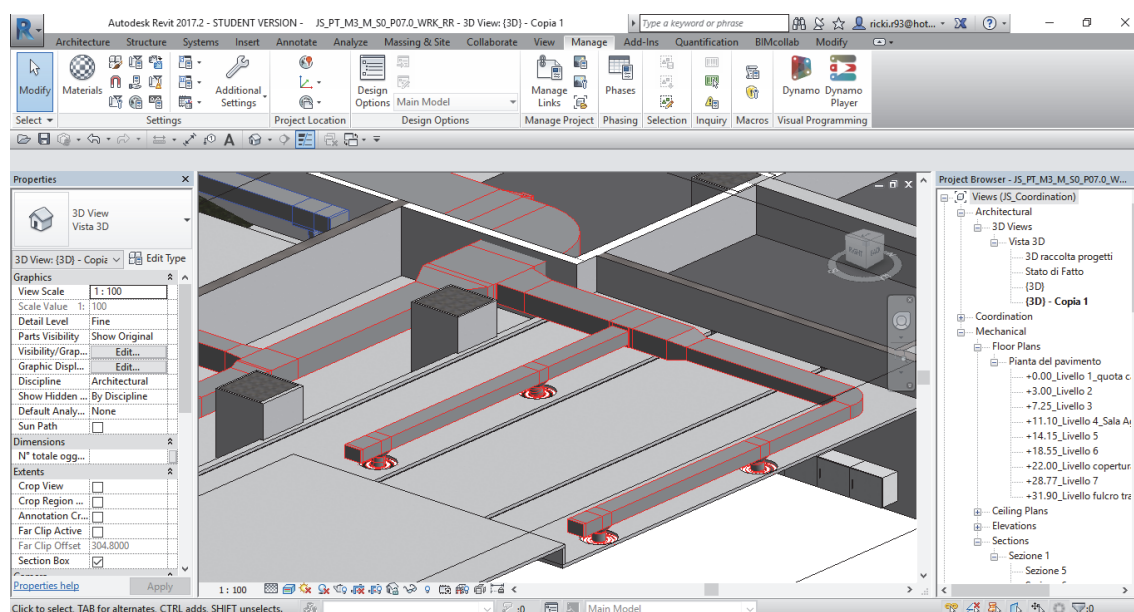


Figura 5.1 - Esempio di possibile interazione tra modello meccanico ed architettonico per la futura verifica di secondo livello

Inoltre, come per la modellazione architettonica si è deciso di lavorare per livelli, sarebbe stato interessante verificare ed approfondire l'idea attuata di lavorare per singoli rami per la modellazione meccanica del sistema di ventilazione. In questo caso, come evidente, non è possibile lavorare per livelli, dato che ad esempio il ramo dell'UTA 1, trattato in questa tesi, passa per tutti quelli presenti. Bisognerà quindi poi procedere con la modellazione di altri rami e verificare la loro coesistenza ed organizzare tale divisione. Un possibile sviluppo futuro, sempre legato a Dynamo, potrebbe essere la creazione di un abaco/tavola/report interno a Revit che evidenzii i risultati derivanti dallo script.

Un altro aspetto sicuramente interessante e che può essere affrontato in modo dettagliato è il calcolo delle aree delle finiture nel modello architettonico; questo viene affidato al plug-in di Revit RoomBook. In questo modo però, nonostante la grande precisione nell'elaborazione, si presenta il problema dell'esportazione in Excel non interna al software Revit. Per questo motivo un importante sviluppo futuro potrebbe essere la lettura, tramite script di Dynamo, del file Excel di output di RoomBook e l'acquisizione di suddetti valori all'interno del software.

Sarebbe inoltre stato interessante monitorare l'interazione tra il software di facility management e la sua lettura dei locali nel modello architettonico. Il tracciamento di questi

ha infatti creato dei problemi e bisognerà valutare se la soluzione proposta è funzionale e non renda macchinoso tale processo. Dati i dislivelli all'intero del singolo livello sarà necessario, come già detto, duplicarlo e posizionarlo alla sua quota più alta per poter tracciare i locali che vengono letti solo dalla quota verso il basso.

In conclusione è possibile dire che, in relazione al tempo e ai software disponibili, gli obiettivi preposti siano stati perseguiti e sviluppati in modo ottimale. È altrettanto vero tuttavia che il lavoro non possa dirsi completamente concluso in quanto sono presenti ancora molti punti da sviluppare al meglio con l'avanzamento della modellazione

In definitiva il modello creato necessita di un continuo aggiornamento ed evoluzione, in modo da permettere una sempre più ottimale gestione dell'edificio e delle attività ad esso associate.

Bibliografia

1. **Osello, Anna e Ugliotti, Francesca Maria.** *BIM verso il catasto del futuro - Conoscere, digitalizzare, condividere. Il caso studio della Città di Torino.* s.l. : Gangemi editore, 2017.
2. **Acquaviva, A et all.** *Building Information Modelling Geographic Information System Augmented Reality per il Facility Management.* [a cura di] Anna Osello. s.l. : Dario Flaccovio editore, 2015.
3. **Kensek, Karen.** *BIM Guidelines Inform Facilities Management Databases: A Case Study over Time.*
4. **Barbero, Andrea.** *BIM 4D – pianificazione e gestione della manutenzione: il caso studio dello Juventus Stadium, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino.* Torino : s.n., 2016.
5. **Bertona, Sabrina Antonella.** *Utilizzo da realtà Virtuale ad aumentata dello Juventus Stadium, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino.* Torino : s.n., 2016.
6. **Serra, Massimiliano.** *Metodologia BIM: pianificazione, gestione e linee guida per il Facility Management dell'Allianz Stadium, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino.* Torino : s.n., 2017.
7. **Re, Nicholas.** *La pianificazione del Facility Management attraverso la metodologia BIM, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino.* Torino : s.n., 2017.
8. **Lauro, Gioele.** *BIM: Analisi del formato IFC e ottimizzazione della gestione dei dati al fine del code checking strutturale, Caso studio: Palazzo della Regione Piemonte, Torino, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino.* Torino : s.n., 2017.

Sitografia

9. [Riportato: 23 Febbraio 2018.] <https://www.ediltecnico.it/51786/bim-obbligatorio-2019-decreto/>.
10. [Riportato: 23 Febbraio 2018.] <http://biblus.acca.it/nuove-uni-11337-bim-codice-appalti-la-situazione-attuale-possibili-scenari-futuri/>.
11. [Riportato: 12 Febbraio 2018.] <https://www.bimportale.com/norma-uni-11337-pubblicate-le-parti-1-4-5/>.
12. [Riportato: 29 Dicembre 2017.] [https://it.wikipedia.org/wiki/Allianz_Stadium_\(Torino\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Allianz_Stadium_(Torino)).
13. [Riportato: 20 Febbraio 2018.] <https://www.ingenio-web.it/6334-ribaltamento-di-costi-e-responsabilita-del-common-data-environment-cde-su-progettisti-e-imprese-e-corretto>.
14. [Riportato: 28 Dicembre 2017.] <http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/ITA/?guid=GUID-E7D12B71-C50D-46D8-886B-8E0C2B285988>.
15. [Riportato: 5 Marzo 2018.] <https://www.bimportale.com/bim-approvata-la-nuova-norma-uni-11337/>.
16. [Riportato: 13 Gennaio 2018.] <http://biblus.acca.it/la-uni-11337-5-la-quinta-parte-della-normativa-tecnica-italiana-sul-bim/>.
17. [Riportato: 28 Gennaio 2018.] <http://dynamoprimer.com/en/>.
18. [Riportato: 5 Marzo 2018.] <https://sintesiforma.it/dynamo-il-plug/>.
19. Infobuild. [Riportato: 18 12 2017.] <http://www.infobuild.it/approfondimenti/bim-orientato-facility-management/>.
20. Hagerman&Company. [Riportato: 22 01 2018.] <https://blog.hagerman.com/2013/10/23/revit-model-management-workset-management-and-large-model-split/>.
21. [Riportato: 20 Febbario 2018.] <https://forum.dynamobim.com/t/prevent-excel-write-to-recreate-the-sheet/8352>.
22. [Riportato: 18 Febbraio 2018.] <https://forum.dynamobim.com/t/how-to-change-the-element-system-type-using-dynamo/12341/3>.
23. [Riportato: 4 Febbraio 2018.] <http://dynamobim.org/forums/topic/how-extract-information-about-walls-from-its-parts/>.
24. [Riportato: 28 Gennaio 2018.] http://dynamoprimer.com/en/04_The-Building-Blocks-of-Programs/4-4_strings.html.
25. [Riportato: 18 Febbraio 2018.] <https://forum.dynamobim.com/t/using-multiple-search-for-items-in-string-contains/7588>.
26. [Riportato: 18 Febbraio 2018.] <http://dynamobim.org/forums/topic/multiply-items-at-indeces-in-list/>.
27. [Riportato: 28 Gennaio 2018.] <http://plevit1.blogspot.it/2015/01/examples-for-all-list-actions-in-dynamo.html>.
28. [Riportato: 23 Febbraio 2018.] <http://www.gisinfrastutture.it/2017/06/italian-bim-report-2016/>.
29. [Riportato: 2 Marzo 2018.] <https://bimdictionary.com/>.
30. [Riportato: 23 Febbraio 2018.] http://www.edilportale.com/news/2017/10/progettazione/bim-lo-stato-dell-arte-in-italia-e-in-europa_60616_17.html.
31. [Riportato: 23 Febbraio 2018.] <https://www.pentaformazione.it/news/le-tappe-del-bim-in-italia-dal-2019-obbligatorio-point-point-point~65.html>.

32. [Riportato: 23 Febbraio 2018.] <https://www.bimportale.com/uni-punto-sul-bim/>.

33. [Riportato: 23 Febbraio 2018.]

https://www.archibus.com/ai/abizfiles/v21.3_help/archibus_help/Subsystems/smart_client_cad/Content/revit/bim_manager_tasks/prepare_revit_model_for_fm.htm.

Allegati