

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile



**Politecnico  
di Torino**

## **Metodologia BIM e interoperabilità per il Model Checking in ambito MEP con l'utilizzo di Dynamo**

Caso studio: Interrati Torre Regione Piemonte

**Relatore**

Prof.ssa Anna Osello (DISEG)

**Correlatore**

Ing. Matteo Del Giudice (DISEG)

**Candidato**

Giuseppe Parrinello

Novembre 2021



# Ringraziamenti

Prima di iniziare è doveroso ringraziare tutti coloro che hanno permesso la realizzazione di questo elaborato e il conseguimento della laurea, anche se le sole parole non bastano mai.

Alla *prof.ssa Anna Osello*, l'*ing. Matteo Del Giudice*, il dott. *Emanuele Bussi* e a tutto il laboratorio *Drawing To The Future*, per tutto l'aiuto fornito, senza i quali la realizzazione di questo progetto non sarebbe stato possibile, sempre disponibili e pronti a rallegrare l'ambiente di lavoro...

Alla mia *famiglia*, *Papà*, *Mamma* e *Chiara*, che hanno sempre appoggiato le mie scelte, sostenendomi e facendo sacrifici per permettere tutto ciò, che mi hanno dato la forza per raggiungere i miei obiettivi...

Alla mia *ragazza*, *Rebecca*, che da due anni a questa parte c'è sempre stata e giorno dopo giorno mi ha cambiato la vita, e ai suoi *genitori*, *Giorgio* e *Daniela*, che mi hanno accolto a casa loro...

Al mio *gatto*, *Marple*, che mi ha aiutato nella stesura della tesi, sempre pronta a saltare sulla tastiera...

A tutti i miei *amici* e *colleghi* quelli di sempre e quelli conosciuti durante questi anni di università a Torino, per i traguardi raggiunti assieme e le nottate passate su esami e lavori di gruppo.





# Abstract IT

Oggi stiamo vivendo nel periodo della Quarta Rivoluzione Industriale, quel momento storico in cui si cerca una connessione tra ciò che fisicamente siamo in grado di produrre e gli strumenti digitali che abbiamo a disposizione. La progettazione è cambiata grazie all'arrivo di una nuova metodologia di lavoro: il Building Information Modeling, meglio noto come BIM, un'esperienza complessa che prevede l'uso di diversi strumenti e la necessità di scambiare informazioni senza che queste vadano perse, secondo il principio dell'interoperabilità. In un processo BIM è essenziale coordinare i dati e le informazioni contenute nei diversi modelli. Il controllo dei modelli è parte integrante ed elemento chiave nella modellazione delle informazioni e gestione.

Il presente elaborato di tesi pone il focus sulla modellazione MEP dell'impianto di climatizzazione del caso studio reale, gli Interrati della Torre Regione Piemonte, proponendo un metodo di coordinamento interoperabile basato sull'utilizzo di Dynamo, alternativo al formato BCF (il BIM Collaboration Format), per gestire e condividere le informazioni di comunicazione durante il processo di coordinamento. L'uso di Dynamo per contrassegnare le posizioni delle interferenze 3D nei modelli Revit è un'alternativa più semplice ed economica rispetto all'utilizzo di Navisworks Manage o plugin a pagamento.



# Abstract EN

Today we are living in the period of the Fourth Industrial Revolution, that historical moment in which we seek a connection between what we are physically able to produce and the digital tools we have available. Design has changed thanks to the arrival of a new working methodology: Building Information Modeling, better known as BIM, a complex experience that involves the use of different tools and the need to exchange information without losing them, according to the principle of interoperability. In a BIM process, it is essential to coordinate the data and information contained in different models. Model control is an integral part and key element in information modeling and management.

This thesis paper focuses on the MEP modeling of the air conditioning system of the real case study, the Piedmont Region Tower Undergrounds, proposing an interoperable coordination method based on the use of Dynamo, an alternative to the BCF format (the BIM Collaboration Format), to manage and share communication information during the coordination process. Using Dynamo to mark 3D interference locations in Revit models is a simpler and cheaper alternative to using Navisworks Manage or paid plugins



# Indice

<b>1. Introduzione alla metodologia BIM.....</b>	<b>17</b>
1.1. Definizioni.....	19
1.2. Interoperabilità.....	20
1.3. Dimensioni.....	21
1.4. Normativa.....	22
1.4.1. D.lgs. n.50/2016.....	22
1.4.2. Decreto Baratonno .....	23
1.4.3. UNI 11337.....	23
1.4.4. UNI EN ISO 19650 .....	28
1.5. Model Checking .....	36
<b>2. Caso Studio: Torre Regione Piemonte .....</b>	<b>41</b>
2.1. Inquadramento generale .....	43
2.2. Interrati Torre .....	46
<b>3. Sviluppo del modello informativo .....</b>	<b>49</b>
3.1. Workflow operativo.....	51
3.2. Applicazione delle Linee guida.....	53
3.3. Acquisizione dati.....	53
3.4. Modellazione Impianto Meccanico.....	55
3.4.1. Definizione file template .....	55
3.4.2. Gestione collegamenti .....	56
3.4.3. Acquisizione delle coordinate condivise .....	57
3.4.4. Creazione viste .....	57
3.4.5. Creazione sistemi .....	58
3.4.6. Creazione libreria di famiglie parametriche.....	59
3.4.7. Modellazione operativa dell'impianto meccanico.....	63
3.5. Gerarchizzazione sistemi .....	67
3.6. Denominazione Famiglie e Tipi .....	68
3.7. Assegnazione e compilazione dei parametri condivisi.....	70
3.7.1. Assegnazione Parametri Condivisi .....	70
3.7.2. Creazione Abachi categoria .....	72
3.7.3. Compilazione Parametri Condivisi.....	72
3.8. Restituzione Dati .....	81
<b>4. Controllo Interferenze .....</b>	<b>85</b>

4.1.	Definizioni.....	87
4.1.1.	<i>Clash Detection</i> .....	87
4.1.2.	<i>BIM Coordinator</i> .....	88
4.2.	Clash Detection su Navisworks Manage .....	90
4.2.1.	<i>Navisworks Manage</i> .....	90
4.2.2.	<i>Level 1 validation – Verifica duplicati</i> .....	91
4.2.3.	<i>Level 2 validation – Clash Detection per intersezione</i> .....	91
4.3.	BIM Collaboration Format (BCF) .....	94
4.3.1.	<i>BIM Collab</i> .....	95
4.4.	Clash Detection su Revit con l'utilizzo di Dynamo .....	97
4.4.1.	<i>Dynamo</i> .....	97
4.4.2.	<i>Script Clash Detection su Revit</i> .....	100
4.5.	Modello della Clash su Revit.....	115
4.5.1.	<i>Creazione e applicazione filtri</i> .....	115
<b>5.</b>	<b>Conclusioni .....</b>	<b>121</b>
5.1.	Risultati.....	123
5.2.	Sviluppi futuri .....	125
<b>6.</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>127</b>
	<b>Allegati .....</b>	<b>131</b>

# Indice acronimi

ACDat	Ambiente di Condivisione Dati
AIM	Asset Information Model
AIR	Asset Information Requirements
ARC	Modello Architettonico
BIM	Building Information Modeling
Bsi.	British Standards Institution
CDE	Common Data Environment
CI	Capitolato Informativo
EIR	Employer Information Requirement
FM	Facility Management
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Standard Organization
LOD	Level Of Detail
LOG	Level Of Geometry
LOI	Level Of Information
MEC	Modello Meccanico
NIBS	National Institutes of Building Science
oGI	offerta Gestione Informativa
OIR	Organization Information Requirements
pGI	piano Gestione Informativa
PIM	Project Information Model
PIR	Project Information Requirements
STR	Modello Strutturale
TIDP	Task Information Delivery Plan

# Indice figure

- 1.1. <https://www.archiexpo.it/prod/autodesk/product-1773-948140.html>
- 1.2. A. Osello, slide corso “Disegno Edile”, 2020
- 1.3. <https://docs.dicatechpoliba.it/filemanager/25/a,a,%2020/BIM%20Dimension.pdf>
- 1.4. <https://bim.acca.it/bim-e-interoperabilita-dei-software>
- 1.5. UNI 11337-5
- 1.6. UNI 11337-4
- 1.7. UNI/EN/ISO 19650-1
- 1.8. <https://blog.archicad.it/bim/tutto-sulla-iso-19650-concetti-e-principi>
- 1.9. <https://blog.archicad.it/bim/tutto-sulla-iso-19650-concetti-e-principi>
- 1.10. <https://blog.archicad.it/bim/tutto-sulla-iso-19650-concetti-e-principi>
- 1.11. UNI/EN/ISO 19650-1
- 1.12. UNI 11337-4
- 1.13. UNI/EN/ISO 19650-2
- 1.14. UNI/EN/ISO 19650-2
- 1.15. <https://adbox.it/model-checking-modelli-bim/>
- 1.16. UNI 11337-5
- 1.17. UNI 11337-5
- 2.1. <https://fuksas.com/new-headquarters-regione-piemonte/>
- 2.2. *PR\_3\_C\_M\_R\_T001\_01*, Relazione di calcolo, Impianto di climatizzazione torre
- 2.3. Studio Fuksas
- 2.4. Accordo di Programma, Progetto Definitivo, Elaborato PR3DUR0010 - 27/02/2009
- 3.1. Riproduzione dell'autore
- 3.2. *PR\_3\_C\_M\_P\_I\_009,039-047\_10.dwg*, CAD fornito dalla Regione Piemonte
- 3.3. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 3.4. Software Autodesk Revit 2019
- 3.5. Software Autodesk Revit 2019
- 3.6. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 3.7. Software Autodesk Revit 2019
- 3.8. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 3.9. Riproduzione dell'autore
- 3.10. Riproduzione dell'autore
- 3.11. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 3.12. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 3.13. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 3.14. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*



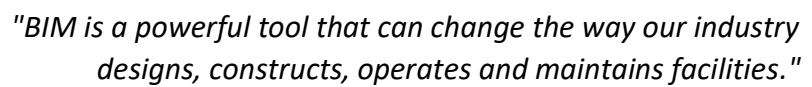
- 3.15. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 3.16. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 3.17. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 3.18. File Excel: *TRP\_Codifica\_Famiglie.xlsx*
- 3.19. Software Autodesk Revit 2019
- 3.20. File Word: *Linee Guida, BIM per il Facility Management.doc*
- 3.21. Software Autodesk Revit 2019
- 3.22. Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 3.23. Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 3.24. Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 3.25. Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 3.26. Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 3.27. Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 3.28. Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 3.29. Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 3.30. Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 3.31. Software Autodesk Viewer
- 3.32. Software Autodesk Revit 2019
- 4.1 <https://www.shelidon.it/?p=2741>
- 4.2 <https://www.shelidon.it/?p=2741>
- 4.3 Riproduzione dell'autore
- 4.4 Software Autodesk Navisworks Manage 2019
- 4.5 Software Autodesk Navisworks Manage 2019
- 4.6 Software Autodesk Navisworks Manage 2019
- 4.7 Software Autodesk Navisworks Manage 2019
- 4.8 File Excel: *Report Intersezione ARC-MEP.xlsx*
- 4.9 Software Autodesk Navisworks Manage 2019
- 4.10 <https://www.bimcollab.com/en/products/bcf-managers>
- 4.11 Software Autodesk Navisworks Manage 2019
- 4.12 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.13 Riproduzione dell'autore
- 4.14 Riproduzione dell'autore
- 4.15 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.16 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.17 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.18 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.19 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.20 Dynamo Revit 2.0.4.12685

- 4.21 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 4.22 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.23 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.24 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.25 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 4.26 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 4.27 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 4.28 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 4.29 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.30 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.31 Dynamo Revit 2.0.4.12685
- 4.32 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 4.33 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 4.34 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 4.35 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 4.36 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 4.37 Software Autodesk Revit 2019: File *TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00.rvt*
- 5.1. File Excel: *Diagramma radar edificio\_MEP.xlsx*





# Introduzione alla metodologia BIM



Jeffrey W. Ouellette



## 1.1. Definizioni

Il **BIM**, acronimo di Building Information Model/Modeling, secondo il National Institutes of Building Science (NIBS) è la rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto, ovvero una procedura per ottimizzare tutte le fasi della realizzazione di un edificio, raccogliendo digitalmente tutte le informazioni relative ad esso. Innanzitutto, occorre chiarire che il BIM non è uno strumento ma una **metodologia** immaginandolo come un processo di programmazione, progettazione, realizzazione e manutenzione di una costruzione che utilizza un **modello informativo** che contiene tutte le informazioni che riguardano il suo ciclo di vita, dalla progettazione fino alla demolizione. È composto dall'insieme dei processi applicati per creare, gestire, derivare e comunicare informazioni tra le parti interessate a vari livelli, utilizzando il modello creato da tutti i partecipanti al processo di costruzione, in momenti diversi e per scopi diversi, per garantire la qualità e l'efficienza durante l'intero ciclo di vita dell'edificio. La possibilità di utilizzo di questi modelli risulta essere ancor di più incrementata grazie all'**interoperabilità** tra i vari software.



Figura 1.1. Immagine sponsorizzata dalla Autodesk per il software Naviswork manage

## 1.2. Interoperabilità

Ad oggi la parole chiave della metodologia BIM è l'**interoperabilità**, ossia la capacità di condividere e scambiare informazioni tra i diversi attori coinvolti nel processo edilizio senza alcuna perdita di dati, in modo tale da ottimizzare il processo stesso grazie a diversi software e formati standard di scambio accessibili a tutti. L'interoperabilità non è solo lo scambio di dati ma anche lo scambio di significato. I dati trasferiti sono più che dati grafici come per esempio caratteristiche geometriche, diagrammi di energia, design strutturale, quantità, materiale e tabelle dei costi. Tale strumento permette di utilizzare quello che abbiamo definito come modello 3D parametrico (BIM come Building Information Model) come metodologia di modellazione (BIM come Building Information Modeling). Esistono due differenti tipologie di interoperabilità: verticale, quando il passaggio delle informazioni contenute nel modello avviene tra software complementari tra loro; orizzontale, quando il passaggio delle informazioni contenute nel modello avviene tra due software parametrici analoghi. Grazie all'avvento del BIM il concetto di interoperabilità è entrato a far parte del mondo delle costruzioni ottimizzando e velocizzando il processo progettuale per mezzo dello scambio diretto e accurato dei dati mediante formati standard in grado di preservare i dati originali senza alcun rischio di perdita o quasi. Il più comune ed utilizzato di questi formati in ambito BIM è il formato IFC, acronimo di Industry Foundation Classes.

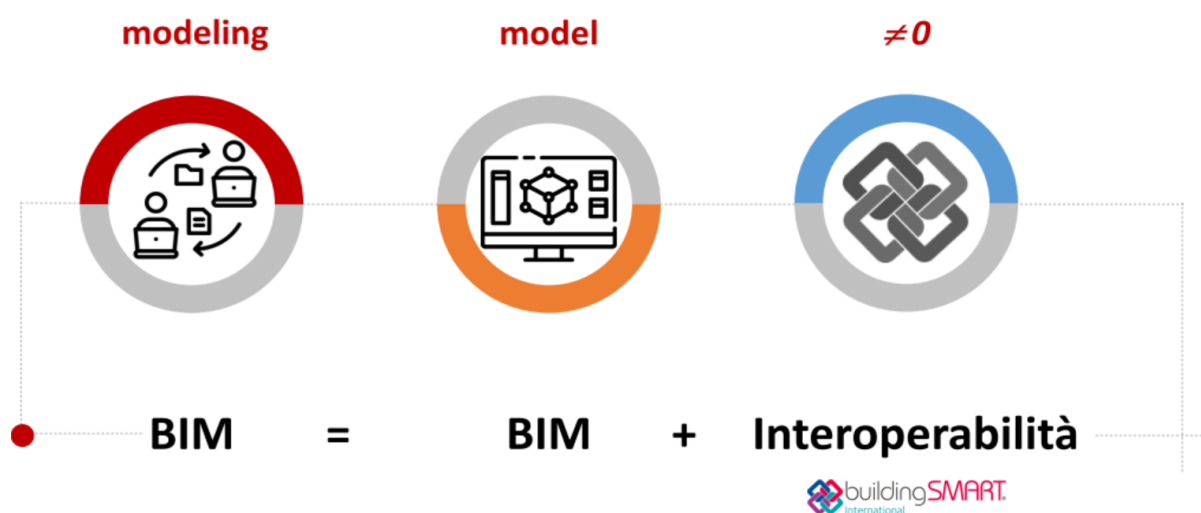


Figura 1.2. BIM e concetto di interoperabilità



### 1.3. Dimensioni

Lo sviluppo del contenuto dei modelli informativi, sempre più ricchi di informazioni, ha implicato un'estensione dimensionale del progetto oltre le classiche 3 dimensioni.

La terza dimensione 3D rappresenta la realizzazione digitale tridimensionale della costruzione. Questo **modello 3D** ci consente di anticipare alla fase di progettazione molte delle analisi di verifica che, con metodi di progettazione tradizionale, erano demandati alla fase esecutiva. Infatti, è possibile effettuare analisi sulla correttezza del modello (BIM validation) e analisi specifiche basate appunto sulla geometria del modello, come la Clash Detection (analisi delle interferenze).

La quarta dimensione 4D ingloba in sé, partendo dal modello 3D, il programma lavori, ovvero il parametro **tempo** al fine di visualizzare la sequenza costruttiva dell'opera. Il modello 4D può essere usato per esempio in cantiere per confrontare as-built con l'as-planned.

La quinta dimensione 5D, strettamente connessa alla quarta, riguarda la gestione dei **costi**. Una delle attività più dispendiose in termini di tempo è quella della computazione che in un processo progettuale tradizionale viene svolta manualmente con l'utilizzo di software. L'introduzione di software BIM e del concetto dell'interoperabilità ha permesso di creare una correlazione diretta tra elementi del modello digitale, il computo delle quantità e la stima dei costi.

La sesta dimensione 6D concerne invece il tema della **sostenibilità** ambientale e sociale di un progetto. La metodologia BIM offre infatti la possibilità di effettuare calcoli energetici, in un'ottica di miglioramento dell'efficienza energetica e di riduzione di sostanze inquinanti e quindi nel miglioramento della qualità della vita.

La settima dimensione 7D rappresenta la dimensione del **Facility Management (FM)** inteso come gestione e manutenzione dell'edificio.

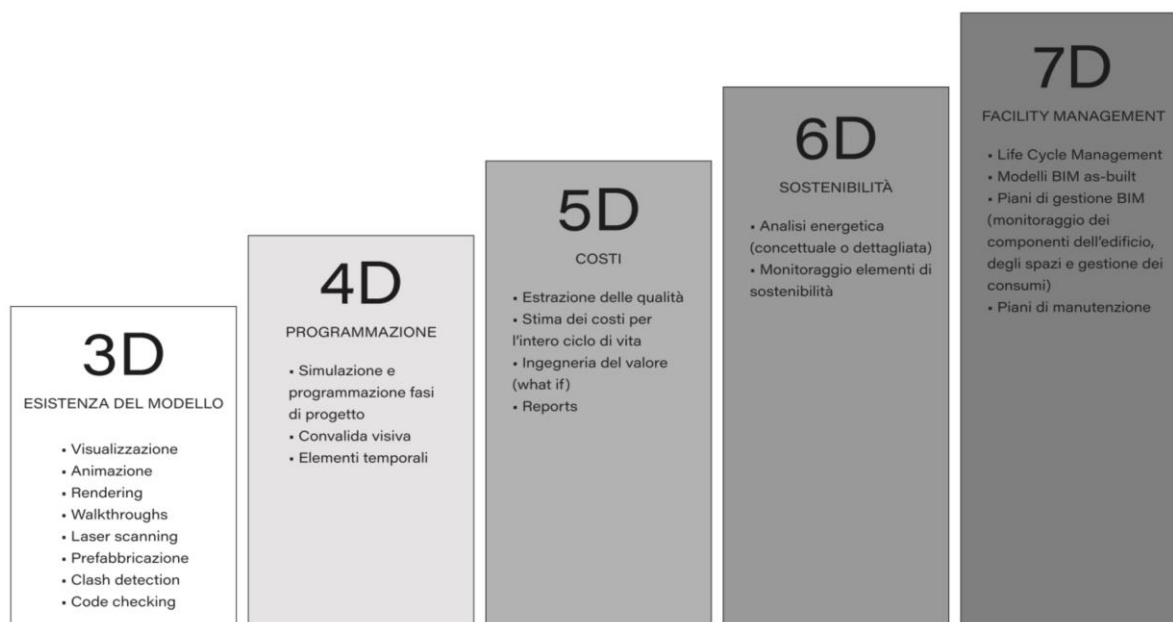


Figura 1.3. Modello BIM a 7 dimensioni

## 1.4. Normativa

### 1.4.1. D.lgs. n.50/2016

Nell'ultimo decennio è stato avviato e in parte portato a termine un processo di normazione a livello nazionale e internazionale. In Italia la normativa di riferimento che ha disciplinato gli appalti pubblici definendo la modalità e i tempi dell'introduzione del graduale obbligo dei metodi e strumenti di modellazione BIM è stato il **D.lgs. n. 50/2016**, comunemente noto come "Codice dei Contratti Pubblici", applicazione delle direttive europee 2014/23-24-25. In particolare, è l'**art. 23** del D.lgs. n. 50 che tratta di BIM, paradossalmente senza mai citare il termine. Come afferma l'art. 23 comma 13: *"Le stazioni appaltanti possono richiedere per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, l'uso dei metodi e strumenti elettronici specifici di cui al comma 1, lettera h). Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L'uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente formato..."*. In continuità con quanto scritto riguardo il concetto di interoperabilità, questo decreto pone i formati non proprietari al centro

della gestione dei bandi di gara, richiedendo l'uso di tali da parte dei progettisti. Dopo l'entrata in vigore del nuovo Codice e del relativo decreto correttivo sono stati adottati e pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale otto decreti attuativi e redatte sette linee guida.

### 1.4.2. Decreto Baratonò

Nel 2017 quello che era stato espresso nel D. lgs 50/2016 è stato poi recepito dal D.M. 560/2017, il cosiddetto **Decreto Baratonò**, dal nome del Presidente della Commissione, che introduce progressivamente l'obbligo dell'uso del BIM all'interno dei bandi di gara. Tale decreto stabilisce le modalità e i tempi di introduzione dell'obbligatorietà dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e l'infrastruttura nelle varie fasi di progettazione, costruzione e gestione dell'opera. Il Decreto prevede l'obbligo da parte delle stazione appaltanti dell'utilizzo delle procedure digitali previste in relazione all'importo dei lavori dell'opera da realizzare in questo modo:

- Dal 1° gennaio 2019 per opere di importo pari o superiore a 100 mln €;
- Dal 1° gennaio 2020 per opere di importo pari o superiore a 50 mln €;
- Dal 1° gennaio 2021 per opere di importo pari o superiore a 15 mln €;
- Dal 1° gennaio 2022 per opere di importo pari o superiore a 5.225.000 €;
- Dal 1° gennaio 2023 per opere di importo pari o superiore a 1 mln €;
- Dal 1° gennaio 2025 per opere di importo inferiore a 1 mln €;

### 1.4.3. UNI 11337

Dal punto di vista tecnico, nell'ultimo biennio l'Italia ha notevolmente sviluppato la **UNI 11337** che per prima approfondisce le figure professionali coinvolte nella metodologia BIM e costituisce l'unico riferimento nazionale alla ISO 19650 parte 1-2:2019, oltre alle normative britanniche PAS 1192. La UNI 11337 aggiornata al 2020 si divide in 10 parti:

Parte 1 | Annex ITA 19650-1

Parte 2 | Denominazione e classificazione

Parte 3 | Schede informative, LOI e LOG

Parte 4 | LOIN e oggetti

Parte 5 | Gestione modelli ed elaborati

Parte 6 | Capitolato informativo OIR, AIR, PIR

Parte 7 | Qualificazione figure

Parte 8 | Annex ITA 19650-2

Parte 9 | Fascicolo del costruito

Parte 10 | Verifica amministrativa

Parte 11 | Security, block-chain

Parte 12 | PdR sistema di gestione BIM

La parte 1 della norma interessa gli aspetti generali sulla gestione digitale del processo informativo nel settore dell'edilizia e tratta anche i **livelli di maturità** digitale del processo delle informazione. Essi sono:

- Livello 0, non digitale
- Livello 1, base
- Livello 2, elementare
- Livello 3, avanzato
- Livello 4, ottimale

La classificazione risulta diversa da quella data dalla normativa inglese per l'aggiunta di un quinto livello, che divide l'ultima fase in due sottolivelli.

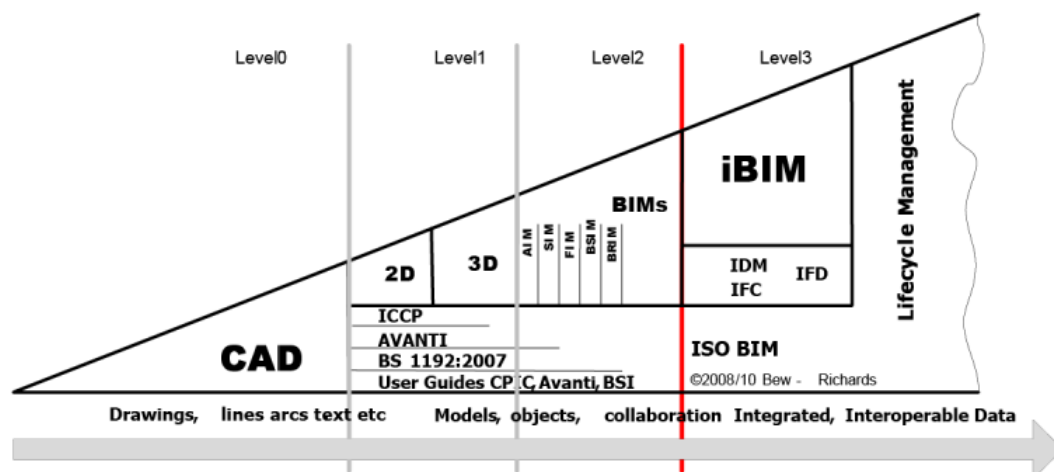


Figura 1.4. I livelli di maturità del BIM, triangolo di Bew-Richards

La parte 2 fa riferimento a diversi sistemi di classificazione e denominazione di opere, oggetti ed attività.

La parte 3 definisce le caratteristiche e gli attributi dei modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica dei prodotti da costruire con la suddivisione in **LOG** (Level of Geometry), il livello di sviluppo degli oggetti intesi come attributi geometrici e **LOI** (Level of Information), il livello di sviluppo degli oggetti intesi come degli attributi informativi.

La parte 4 è interamente dedicata al **LOD**, definito come il livello di sviluppo degli oggetti digitali che contengono i modelli ed è funzionale agli obiettivi e gli usi prefissati, alle fasi del modello. Il LOD viene deciso dal committente attraverso il CI oppure concordato con l'affidatario attraverso il pGI. I livelli di sviluppo secondo la normativa italiana UNI 11337-4 sono classificati secondo una scala generale nel seguente modo:

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

Successivamente viene mostrato lo stato lavoro del contenuto informativo all'interno del **flusso di coordinamento** e una **matrice di definizione degli usi del modello**. Infine, seguono una serie di schede esemplificative di elementi caratterizzanti le varie discipline architettoniche, strutturali e impiantistiche.

La parte 5 è dedicata ai flussi informativi nei processi digitalizzati e specifica i ruoli e i requisiti necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati. La norma, dopo aver specificato i singoli contenuti delle varie parti, tratta la gestione dei modelli grafici e il loro coordinamento, suddiviso in 3 livelli (LC1, LC2, LC3). Questa parte verrà approfondita al paragrafo successivo 1.5.

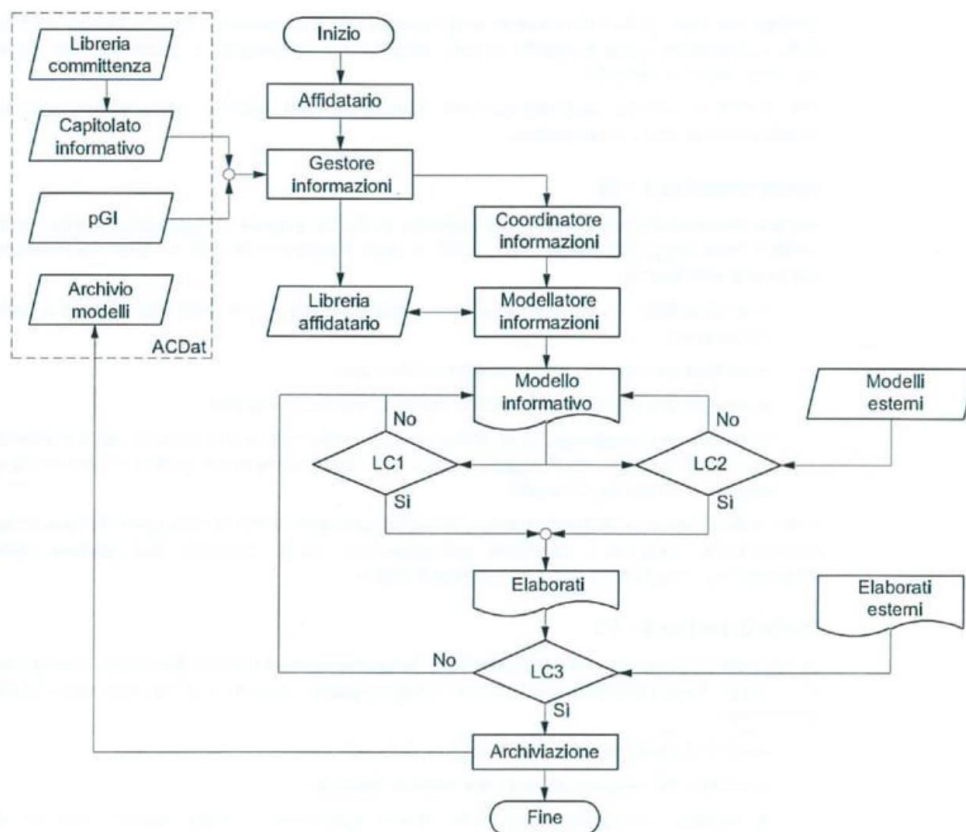


Figura 1.5. Flusso di coordinamento in un processo digitalizzato

La parte 6 dà delle indicazioni procedurali per la redazione del Capitolato Informativo, sulla struttura in generale e le caratteristiche che deve possedere.

La parte 7 descrive le varie figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa: il BIM manager, il CDE Manager, il BIM Coordinator e il BIM Specialist. Successivamente prescrive i requisiti di conoscenza, abilità e competenza che devono avere queste figure professionali.

La parte 8 descrive i processi di integrazione tra attività e figure informative e attività e figure tradizionali del settore costruzioni.

Le parti 10 e 11 sono state aggiunte solo nel gennaio 2020 e si trovano ancora in fase di redazione, mentre la parte 12 deve ancora essere sviluppata. In particolare, la parte 10 della norma affronta le nuove tematiche del BIM verso gli aspetti di gestione amministrativa, ovvero la pratica che prende il nome di E-permit BIM.

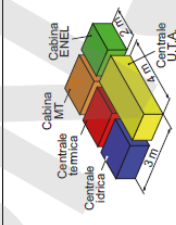

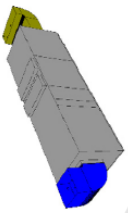
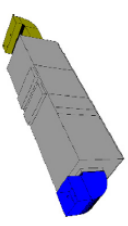
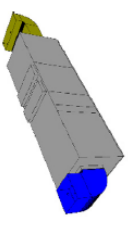
Esempio di LOD unità di trattamento aria - U.T.A.						
prospetto C.28	LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F
						
<b>Geometria</b>	<b>Geometria</b> Rappresentazione dei locali tecnici.	<b>Geometria</b> Forma, dimensioni e posizione approssimate.	<b>Geometria</b> Forma, dimensioni, posizione, ingombri ed allacciamenti effettivi. Margini ed ingombri per manutenzione, supporti, ancoraggi, per controllo vibrazioni e consolidamento antisismico effettivi.	<b>Geometria</b> Componenti supplementari per la fabbricazione e l'installazione in cantiere.	<b>Geometria</b> Come LOD E (rilievo di quanto eseguito).	<b>Geometria</b> Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su elementi esistenti: Come LOD C o D (a partire da).
<b>Oggetto</b>	<b>Oggetto</b>	<b>Oggetto</b> Solido 3D	<b>Oggetto</b> Solido 3D	<b>Oggetto</b> Solido 3D	<b>Oggetto</b> Solido 3D	<b>Oggetto</b> Solido 3D
<b>Caratteristiche</b>	<b>Caratteristiche</b> - Indicazione delle dimensioni e delle caratteristiche tecniche dei locali (posizione, accessi, ventilazioni, ecc.)	<b>Caratteristiche</b> - Definizione dei parametri di performance (portata e peso su unità di superficie)	<b>Caratteristiche</b> - Definizione effettiva di parametri di performance (portata, perdita di carico, pressioni, allacciamenti, massa, impatto acustico, ecc.)	<b>Caratteristiche</b> - Nome prodotti, nome produttori - Modalità di installazione	<b>Caratteristiche</b> - Manuale d'uso - Manuale di manutenzione - Certificazione prodotto - Dichiarazione di conformità - Certificato di collaudo	<b>Caratteristiche</b> - Data di manutenzione/sostituzione - Soggetto manutentore - Storico delle manutenzioni

Figura 1.6. Esempio scheda LOD di un'unità di trattamento aria

#### 1.4.4. UNI EN ISO 19650

Nell'ambito della progettazione BIM, il recepimento italiano delle ISO è costituito dalle norme **UNI EN ISO 19650-1:2019** e **UNI EN ISO 19650-2:2019** le quali vengono applicate congiuntamente alla UNI 11337, che si pone come norma complementare. La prima parte nella norma UNI/EN/ISO 19650 definisce i concetti e i principi fondamentali per la gestione delle informazioni, dei metodi di consegna e della struttura produttiva. Tale norma è applicabile all'intero ciclo di vita dell'opera, dalla pianificazione strategica/progettazione iniziale fino alla fine del ciclo di vita. Inoltre, può essere adattata a costruzioni di qualsiasi dimensione e complessità.

Si articola in 13 capitoli:

1. Scopo e campo d'applicazione;
2. Riferimenti normativi;
3. Termini e Definizioni;
4. Informazioni sul Cespite immobile e sulla commessa: ripropone il concetto di maturità del BIM con uno schema simile al triangolo di Bew-Richards. Andando avanti con le fasi, si nota una sempre maggiore implementazione e integrazione di dati sia a livello informativo che tecnologico: ad esempio, nella fase 2 i dati vengono condivisi basandosi sullo scambio di modelli e file, mentre nella fase 3 troviamo un'interrogazione diretta dei metadati che saranno sempre più disaggregati e linkati fra loro secondo la logica dei BIG DATA;

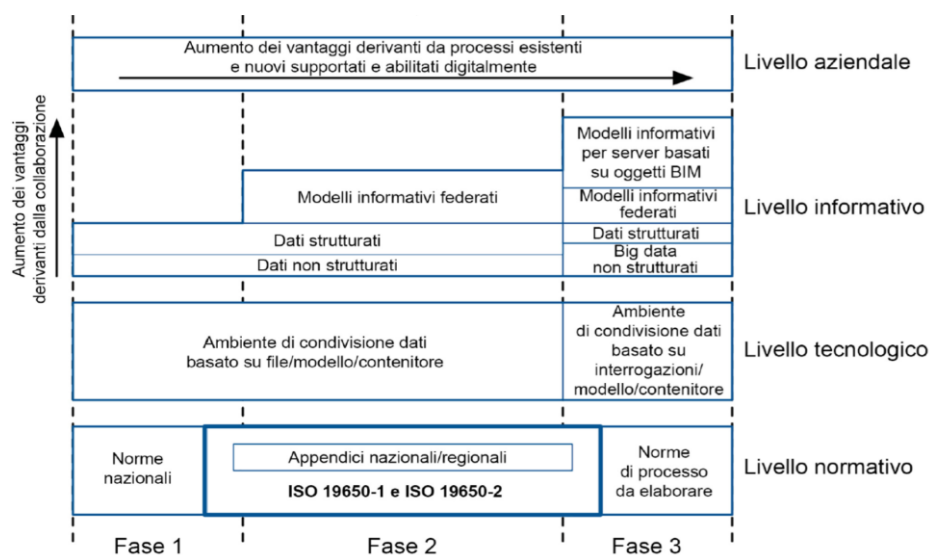


Figura 1.7. Livelli di maturità della gestione di informazioni analogiche e digitali



5. Definizione dei **requisiti informativi** e dei **modelli informativi** risultanti: il Committente o la figura da questo incaricata, elabora la documentazione necessaria a rendere più espliciti e comunicare i requisiti in modo tale che siano poi presi in consegna ed elaborati dagli incaricati. Questa parte corrisponde all'elaborazione del EIR (Employer Information Requirement) della PAS 1192-2 o del CI della UNI 11337-5-6. La novità risiede nel fatto che nella ISO non vengono soltanto concordati e condivisi i termini dell'interscambio fra i professionisti (punto d'origine del progetto, coordinate, unità di misura, etc.) ma vengono sviluppati i contenuti partendo dagli obiettivi del Committente e del progetto, fino alle specifiche tecniche stabilendo una continuità fra i vari passaggi;

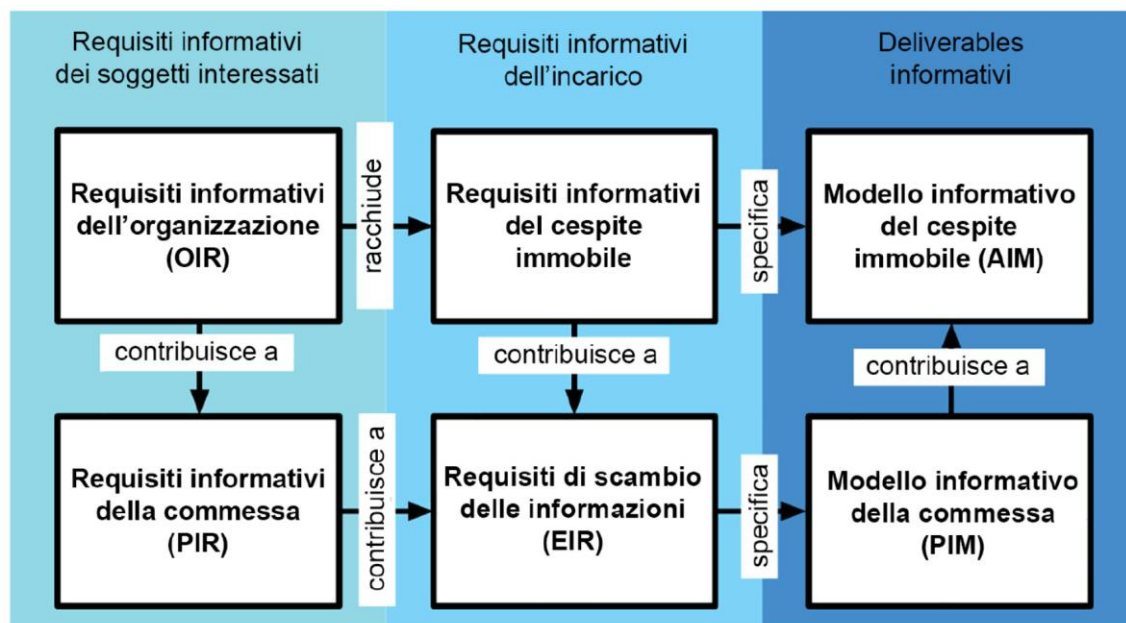


Figura 1.8. Gerarchia dei requisiti informativi

Essi vengono catalogati come segue:

- Requisiti informativi dell'organizzazione (OIR)
- Requisiti informativi del cespite immobile (AIR)
- Requisiti informativi della commessa (PIR)
- Requisiti di scambio delle informazioni (EIR)
- Modello informativo del cespite immobile (AIM)
- Modello informativo di commessa (PIM)

6. Il ciclo di **consegna delle informazioni**: viene pianificato antecedentemente alla fase della stipula dei contratti e assegnazione incarichi;

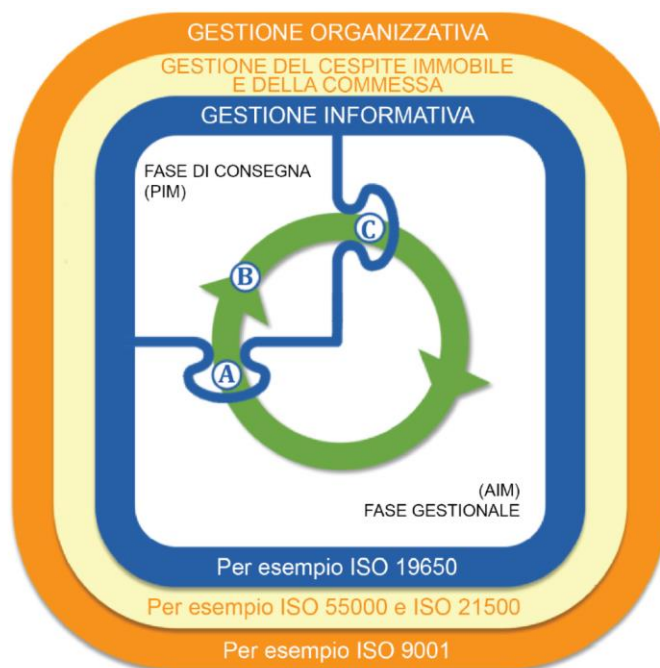


Figura 1.9. Ciclo di vita della gestione delle informazioni inerenti alla commessa e al cespite immobile

La Figura 1.8. mostra il ciclo di vita generale della gestione delle informazioni, illustrando i passaggi dalla fase gestionale, a quella di consegna e nuovamente quella gestionale. Sono presenti 3 punti: A, l'inizio della fase di consegna che si riferisce al trasferimento delle informazioni dall'AIM al PIM; B lo sviluppo progressivo del modello informativo di intento progettuale in un modello virtuale per la costruzione; infine C, la fine della fase di consegna, un ponte tra il processo di costruzione e la fase operativa, il trasferimento delle informazioni dal PIM all'AIM.

Il ciclo informativo (figura 1.9.) si attiva per ogni "evento scatenante (**trigger event**), ovvero un "evento pianificato o non pianificato che modifica un cespite immobile o il suo stato durante il suo ciclo di vita, dando luogo a uno scambio d'informazioni". Ad ogni trigger event corrisponde un diverso uso del modello: analisi strutturale, analisi energetica, ma anche documenti approvativi, ecc. Gli eventi scatenanti vengono esplicitati nel PIR per la fase di produzione e dell'OIR per la fase di gestione. Per ogni trigger event viene individuato un soggetto o un gruppo incaricato.

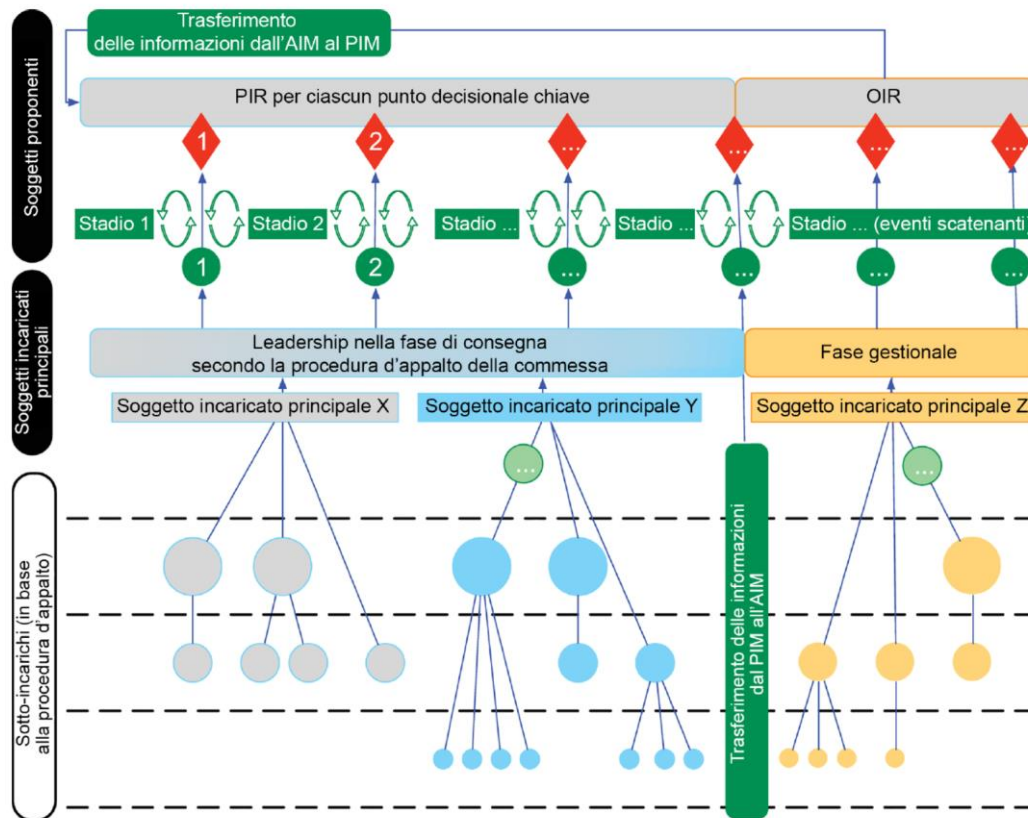


Figura 1.10. Esempio di consegna informativa attraverso scambi di informazioni

Per ogni scambio di informazioni vengono scelti e definiti:

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

7. Funzioni della gestione informativa del cespite immobile e della commessa;
8. Capacità e risorse del gruppo di consegna;
9. Lavoro collaborativo basato sui contenuti informativi;

10. **Pianificazione della consegna delle informazioni:** il soggetto incaricato, al momento dell'affidamento, stabilisce chi è il destinatario delle informazioni e il responsabile della consegna, quando, quali e in che modo consegnare le informazioni e la verifica di requisiti informativi dell'AIR e dell'EIR. In questa fase vengono prodotti il piano di consegna, la matrice delle responsabilità e la strategia di aggregazione della struttura;
11. **Gestione e Produzione collaborativa delle informazioni:** in questo capitolo si introduce il concetto di **interferenza informativa** o Clash Detection e di **incongruenza informativa** o Model Checking, indicando i due livelli di interferenza, hard e soft. Questa parte verrà approfondita nel paragrafo successivo 1.5;
12. **Soluzione e flusso di lavoro dell'ACDat:** tutte le informazioni devono essere gestite all'interno di un ambiente di condivisione dati applicando i principi già visti precedentemente;

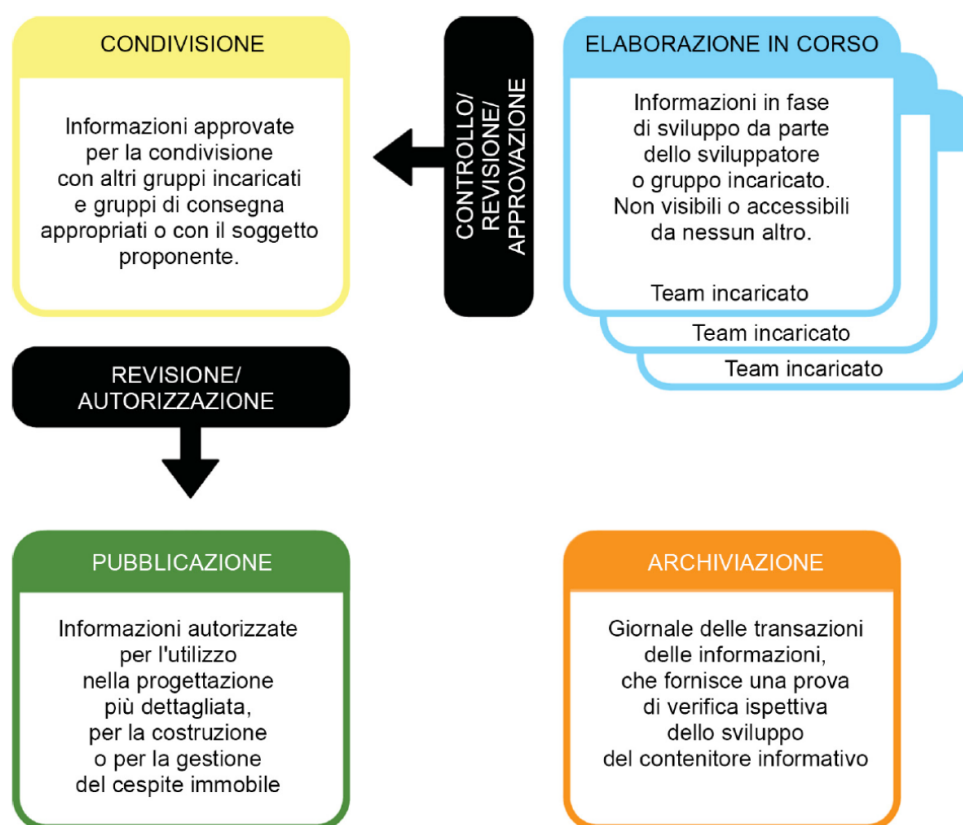


Figura 1.11. Principio dell'ambiente di condivisione dati

Ogni modello e informazione presi in carico possono trovarsi in quattro stadi diversi: stato di elaborazione, di condivisione, di pubblicazione o di archiviazione. Il trasferimento delle informazioni da uno stadio e l'altro deve avvenire attraverso **controlli** e **verifiche**. Dopo tali controlli e verifiche, viene assegnato uno stato di approvazione che consentirà di definire uno stato di lavorazione, con l'accesso alla relativa area dell'ACDat.

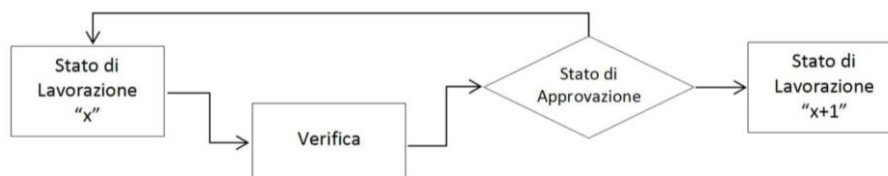


Figura 1.12. Flow Chart

13. Stabilisce che la gestione dell'informazione è distinta dalla produzione di elaborati e documenti;

La seconda parte della norma UNI/EN/ISO 19650 spiega i requisiti per la gestione e lo scambio delle informazioni durante la fase di consegna dell'opera e viene applicata a tutti i tipi di costruzione, indipendentemente dalla strategia di appalto scelta. La norma individua 8 **fasi di gestione**:

- 1 Valutazione (di fattibilità) e formulazione delle esigenze
  - 2 Invito a presentare offerte
  - 3 Offerte
  - 4 Incarico
  - 5 Mobilitazione
  - 6 Produzione collaborativa di informazioni
  - 7 Consegna del modello informativo
  - 8 Chiusura della commessa (fine della fase di consegna)
- A Modello informativo con lo stato di avanzamento del(i) successivo(i) gruppo di fornitura per ogni incarico
- B Attività svolte per la commessa
- C Attività svolte per l'incarico
- D Attività svolte durante la fase di aggiudicazione e di affidamento (di ogni incarico)
- E Attività svolte durante la fase di pianificazione e di programmazione delle informazioni (di ogni incarico)
- F Attività svolte durante la fase della produzione delle informazioni (di ogni incarico)

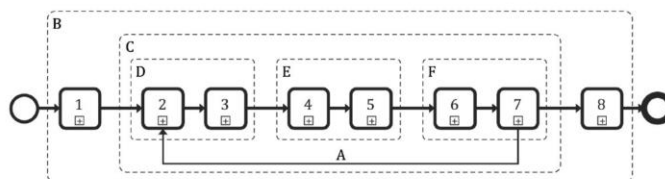


Figura 1.13. Processo di gestione delle informazioni durante la fase di consegna dei cespiti immobili

Prima di presentare le fasi facciamo chiarezza sui Soggetti e i Gruppi coinvolti. A tal proposito l'immagine sottostante risulta esaustiva. Lo schema (Figura 1.12) mostra i soggetti e i gruppi nelle loro relazioni reciproche: mentre risulta chiaro che il Gruppo di Fornitura comprende il Soggetto Incaricato principale e tutti i soggetti di cui è responsabile e le rispettive attività, la definizione di Gruppo Incaricato dipende dalla natura dell'incarico stesso.

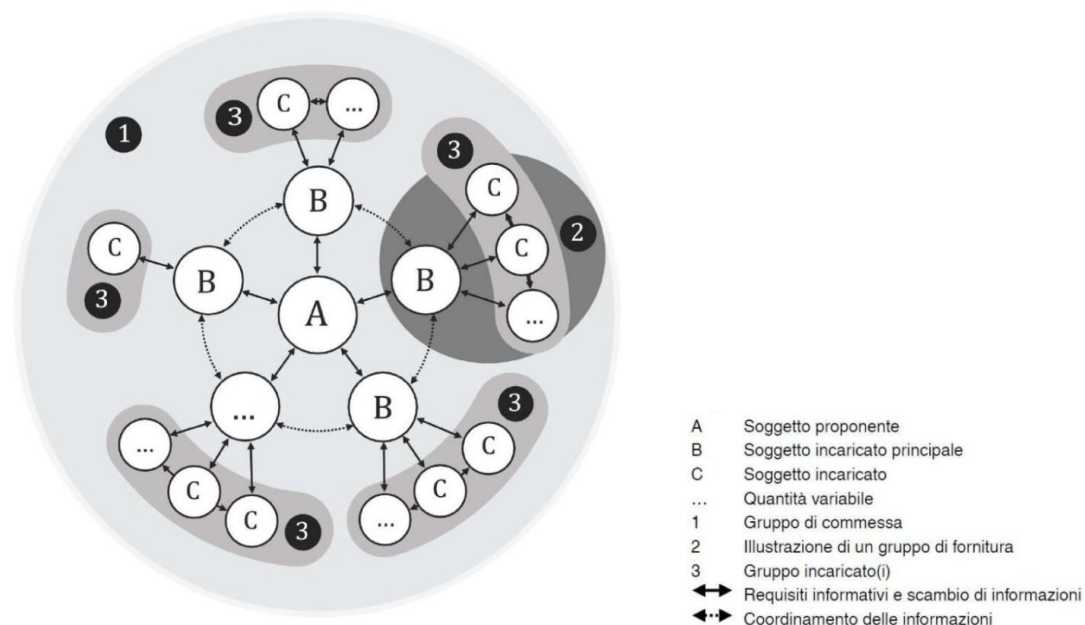


Figura 1.14. Interfacce tra soggetti e gruppi ai fini della gestione delle informazioni

La prima fase inizia con l'incarico del Gestore delle Informazioni, ovvero il BIM Manager, per poi procedere con la definizione dei requisiti informativi della commessa e le scadenze. Poi vengono definiti i flussi di produzione delle informazioni di cui costituiscono il momento di controllo secondo i requisiti del Soggetto Proponente. Infine, viene chiesto di definire l'ACDat: la norma raccomanda che *"l'ACDat debba essere operativo prima della pubblicazione del bando di gara"*: cioè c'è la necessità di suddividere l'ACDat in due parti, l'ACDat diffuso, contenente i documenti di gara, e l'ACDat di commessa, specifico per la commessa e il progetto.

Nella seconda fase il Soggetto Proponente definisce i propri Requisiti di Scambio delle Informazioni, ovvero il CI o l'EIR (Exchange Information Requirements).

Durante la terza fase ogni Gruppo di fornitura incarica un proprio responsabile e presenta la propria oGI, contenente il CV delle persone della squadra, la strategia di

consegna delle informazioni contenenti l'insieme di obiettivi per la produzione informativa e uno schema sulla struttura del Gruppo di Fornitura, la strategia per l'aggregazione dei modelli, la matrice di responsabilità e le proposte di aggiunta o modifica dei metodi di produzione e gestione delle informazioni. Il Gruppo di Fornitura dovrà a sua volta valutare le capacità di ogni Gruppo Incaricato.

Una volta valutato l'Ogi di tutti i partecipanti da parte del Gruppo di Fornitura e nominato il vincente, i documenti vengono aggiornati e inizia la fase di produzione dei Task Information Delivery Plan (T.I.D.P), ovvero tabelle di elenchi di consegna con le relative tempistiche e nomi dei responsabili.

La quinta fase è quella della Mobilitazione in cui vengono testate la disponibilità di risorse, le procedure d'interscambio e le piattaforme informatiche. Anche qui viene data conferma a documentazione fornita precedentemente in fase di Offerta da parte dei Gruppi di Fornitura.

A questo punto inizia la sesta fase, quella della produzione collaborativa delle informazioni. Dopo aver verificato la disponibilità di informazioni, ogni Gruppo Incaricato inizia a produrre informazioni. Una volta prodotte, le informazioni vengono controllate e verificate: in un primo momento direttamente dal Gruppo Incaricato e successivamente dal Gruppo di Fornitura. Se il secondo controllo non va a buon fine, il Gruppo Incaricato deve correggere il contenitore informativo.

Una volta che il modello informativo è autorizzato dal Soggetto Incaricato Principale e rispetta le scadenze del MDPI, i requisiti richiesti dal Soggetto Proponente (PIR), i requisiti del Soggetto Incaricato Principale e il Livello di Fabbisogno Informativo, avviene la settima fase, ovvero la consegna.

L'ultima fase è la chiusura della commessa e riguarda tutte le attività svolte per la commessa: si ha l'archiviazione del modello e la registrazione delle lezioni apprese per commesse future.



## 1.5. Model Checking

Nello sviluppo di un flusso digitale per la realizzazione di un modello BIM federato (modello digitale risultante dall'unione di più modelli realizzati ad opera dei BIM Specialist), attività fondamentali per una corretta integrazione dei vari modelli sono la **verifica** e la **gestione delle interferenze e delle incoerenze**. Tali attività vengono definite, come accennato al paragrafo precedente, dalla norma UNI 11337-5:2017.

Le analisi delle *interferenze geometriche* sono descritte come le analisi delle possibili interferenze geometriche tra oggetti, modelli ed elaborati rispetto ad altri, e con il corrispettivo noto termine inglese è **Clash Detection**; le analisi delle *incoerenze* sono descritte come le analisi delle possibili incoerenze informative di oggetti, modelli ed elaborati rispetto a regole e regolamenti, e con il corrispettivo nome di **Model and Code Checking**.

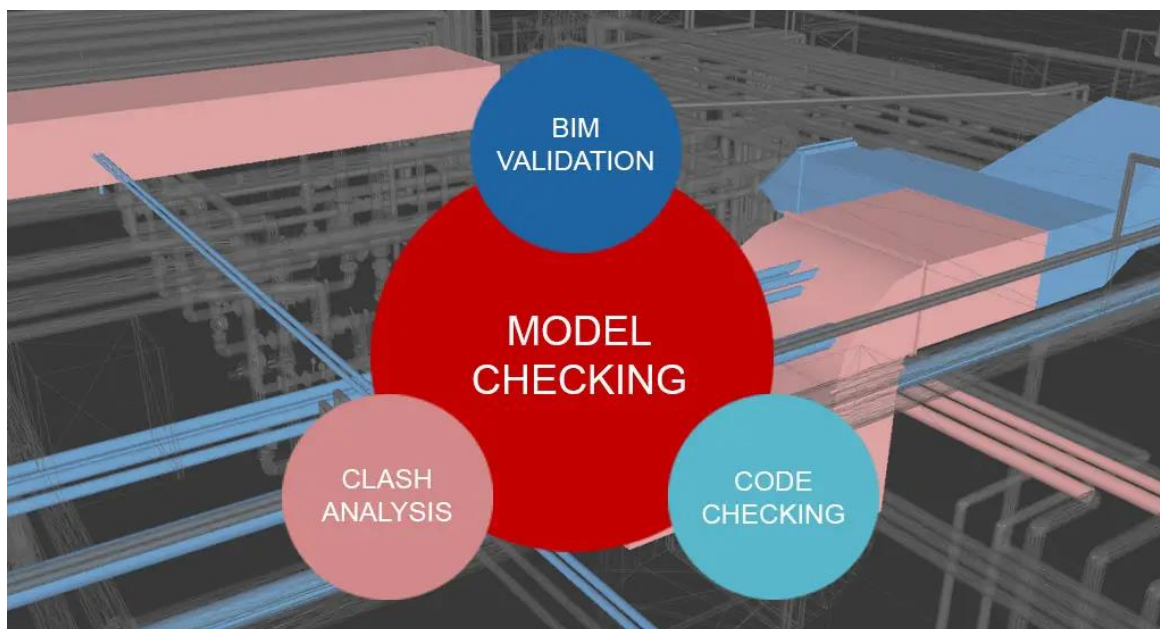


Figura 1.15. Analisi delle interferenze e delle incoerenze secondo il Model Checking

Come descritto ai paragrafi precedenti delle norme UNI 11337 e UNI/EN/ISO 19650, tra le varie fasi del processo costruttivo esistono delle procedure di approvazione che hanno l'obiettivo di conseguire il corretto fluire delle informazioni lungo lo sviluppo della commessa, garantendone la completezza, trasmissibilità e congruenza. In che cosa consistono queste approvazioni? È evidente che ciascun committente potrebbe



intervenire sui contenuti i metodi di validazione dei contenuti informativi, anche in relazione alla tipologia dell'intervento preso in considerazione.

La norma UNI 11337-5 definisce questi momenti di consegna e verifica, veri e propri milestone progettuali, come **livelli di coordinamento e verifica** e ne identifica tre differenti livelli:

- LC1, il coordinamento di primo livello, ovvero il coordinamento di dati e informazioni all'interno di un solo modello digitale. Questa fase ha la finalità di constatare la correttezza del modello in termini di realizzazione.
- LC2, il coordinamento di secondo livello, ovvero il coordinamento tra differenti modelli digitali. Viene effettuato in seguito alla creazione del modello federato di coordinamento tra le varie discipline. Prevede la validazione finale della progettazione e il controllo di eventuali interferenze tra i singoli modelli disciplinari. Quest'ultimo passaggio avviene per mezzo di tools per il controllo delle interferenze, le Clash Detection affrontate al paragrafo 4.1.

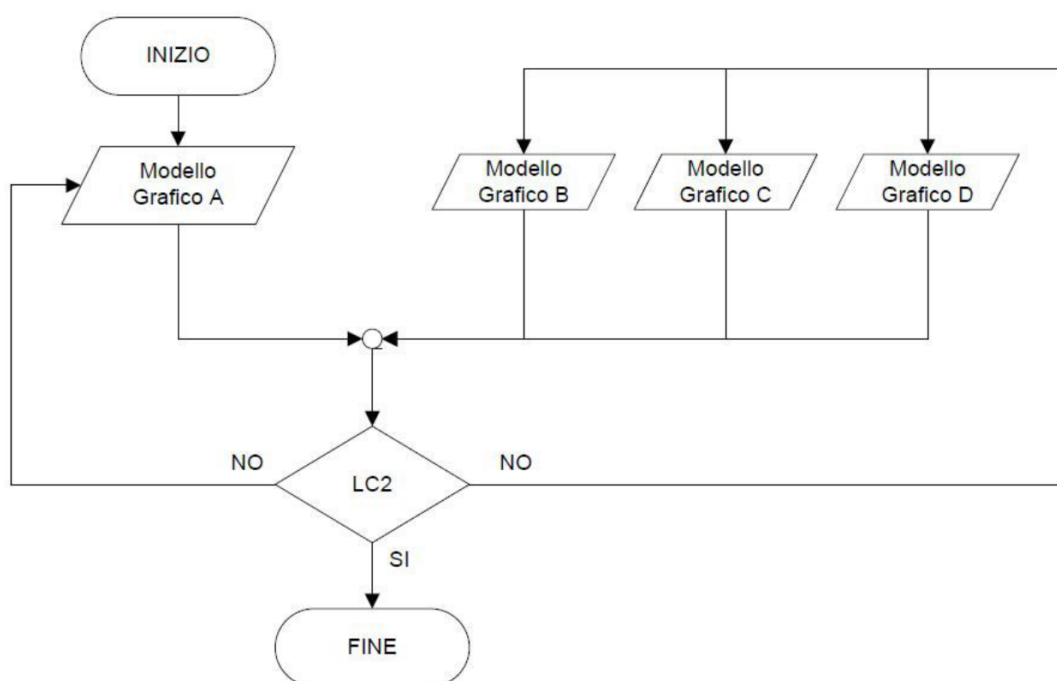


Figura 1.16. Flusso di coordinamento livello 2

- LC3, il coordinamento di terzo livello, ovvero il controllo e risoluzione da effettuarsi tra i contenuti informativi generati da modelli grafici e quelli non derivati da modelli grafici, a livello di gestione. Prevede la verifica delle conformità del prodotto in base alle normative.

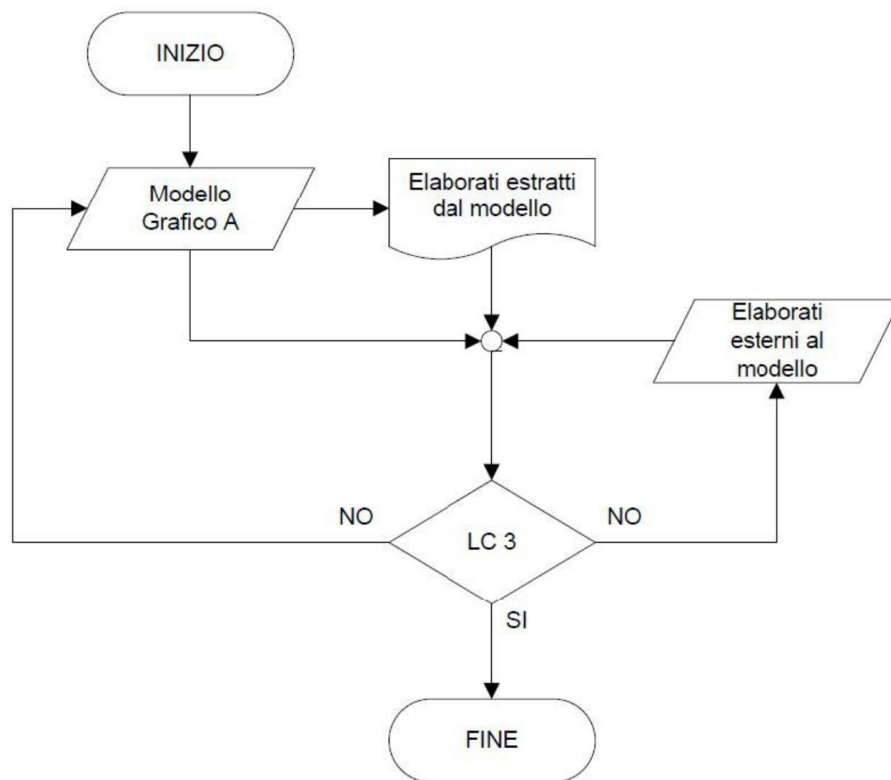


Figura 1.17. Flusso di coordinamento livello 3





## CAPITOLO 2

### Caso Studio: Torre Regione Piemonte



*"L'unica maniera per realizzare i propri sogni è svegliarsi."*

Roberto Benigni



## 2.1. Inquadramento generale

Il progetto della Torre Regione Piemonte nasce dall'esigenza di raggruppare tutte le sedi degli uffici regionali in un unico comprensorio. Nella nuova sede, infatti, saranno trasferiti tutti gli Uffici della Regione attualmente distribuiti in dieci sedi operative sul territorio cittadino con oltre duemila dipendenti. Fulcro dell'intero complesso, la torre per gli uffici, è stata concepita per essere un edificio di riferimento per la comunità regionale e per tutti i cittadini, in grado di dialogare con gli edifici circostanti come il Lingotto, l'Oval e il futuro Parco della Salute, della Ricerca e dell'Innovazione di Torino.



Figura 2.1 Torre della Regione Piemonte

La realizzazione del progetto è stata accompagnata da diverse vicende accadute nel corso degli anni. In particolare, si ricorda quella di un vincolo normativo che impediva, all'interno del comune di Torino, di costruire edifici che superassero in elevazione la Mole Antonelliana, simbolo della città di Torino. Quindi, non sarebbe stato possibile costruirla così come la vediamo oggi, dal momento che il progetto originario collocava la Torre, in un'area centrale del comune di Torino tra Corso Mediterraneo, Corso Leone e via Mauri. Il susseguirsi però di una serie di fattori, tra cui l'approvazione di una variante al piano regolatore comunale, il cambio di collocazione e le numerose varianti progettuali, hanno reso possibile che l'opera divenisse uno tra i grattacieli più alti in Italia, caratterizzato da 205 metri di altezza, 42 piani fuori terra e 2 piani interrati.

Il progetto architettonico, realizzato dall'architetto **Massimiliano Fuksas** ha voluto soddisfare la necessità di creare un ambiente di lavoro suggestivo, di forte immagine e rappresentativo per la Regione Piemonte, secondo le richieste espresse nel Concorso Internazionale di Architettura che fu vinto nel 2001 insieme a Manesns srl, Ai Studio ed Ai Engineering srl.



Figura 2.2. Render complesso Torre Regione Piemonte



Il complesso edilizio, esteso per un'area di circa 317.000 mq, comprende un ampio intervento di riqualificazione urbana dell'area ex Fiat Avio ed è costituito da una torre per uffici collegata tramite una passerella ad un Centro servizi e degli spazi adibiti a parcheggi.

La **torre**, nella quale sono collocati tutti gli uffici della Regione, si presenta come un parallelepipedo di pianta quadrata con lato di 45 m racchiuso da un'imponente facciata vetrata a doppia pelle e di 42 piani, di cui due interrati, più altri 3 piani tecnici sulla copertura. Il progetto prevede 60.000 mq di spazi accessori e opere esterne. Ad oggi è la terza più alta d'Italia dopo la Torre Unicredit di altezza 231 m e la Torre Isozaki di altezza 209 m entrambe site in Milano.

Gli **Interrati Torre**, caso studio di questa tesi per lo sviluppo del modello informativo e controllo interferenze, sono composti da due piani e si sviluppano attorno alla Torre ospitando tutte le funzioni a servizio degli uffici. Al paragrafo successivo verranno approfonditi.

Il **Centro Servizi**, collegato alla torre mediante una passerella posta al terzo piano della torre ospita il centro congressi, la mensa, la biblioteca e l'asilo nido fruibile sia dal personale dipendente sia dai cittadini



Figura 2.3. Masterplan e sezione territoriale

## 2.2. Interrati Torre

Lo sviluppo di una grande corte di larghezza 62 m e lunghezza 77 m, ospita la base della torre, in cui la corte interna rappresenta il centro delle attività di supporto all'edificio. In questi ambienti si è concentrato l'interesse ai benefici derivati dall'esposizione solare, cercando di destinare la facciata Sud agli uffici che accolgono attività permanenti di lavoro, in modo da beneficiare della massima illuminazione possibile.

Tutti gli spazi di lavoro sono rischiarati e ventilati naturalmente e sono dotati di accessi di servizio direttamente dall'area parcheggi. La fruizione agli ambienti interni è condotta mediante due corridoi perimetrali che fiancheggiano la corte e mettono in comunicazione i quattro nuclei centrali, due nell'ala Sud e due nell'ala Nord, che dal piano di calpestio esterno a quota 0,00 m giungono a quota -8,54 m nel secondo interrato.

La superficie lorda di pavimento della corte sotto il livello stradale è di 6493 mq. Al secondo sotterraneo sono collocati gli archivi che si sviluppano nella zona Est degli interrati, a cui si inseriscono due porzioni di circa 370 mq sui lati Nord e Sud. Gli accessi all'archivio sono frazionati in 12 compartimenti separati da pareti REI. La compartimentazione produce dei locali di 500 mq ciascuno facente parte di una superficie complessiva di circa 6000 mq.

Il collegamento con la torre è dato dall'atrio vetrato, mentre la connessione tra il livello superiore e quello inferiore è fornito dai vani scala presenti a Nord e a Sud dell'edificio. Continuando all'interno della corte trova ubicazione il presidio medico, la sala per gli autisti, i locali per le centrali tecnologiche e la mensa dimensionata per 1500 pasti al giorno suddivisi su tre turni. L'accessibilità alla mensa è consentita dalle superfici vetrate che si affacciano sulla corte interna, ed essendo sviluppata su una superficie completamente aperta ma modulare, si possono prevedere separazioni o entro certi limiti cambiamenti di destinazione degli spazi. Nell'ala Est del primo sotterraneo, così come nel piano inferiore, sono collocati gli archivi, i quali contano globalmente nei due piani circa 12000 m<sup>2</sup> di archivi organizzati con una scaffalatura di lunghezza 32 km. Sull'ala Sud sono disposti gli uffici per le rappresentanze sindacali e il centro stampa, a Nord invece sono presenti il magazzino economale e l'ufficio cartografico. I locali tecnici risiedono nella parte più interna dell'ala Ovest all'interno della quale, affacciata sulla corte, si trova l'area fitness.

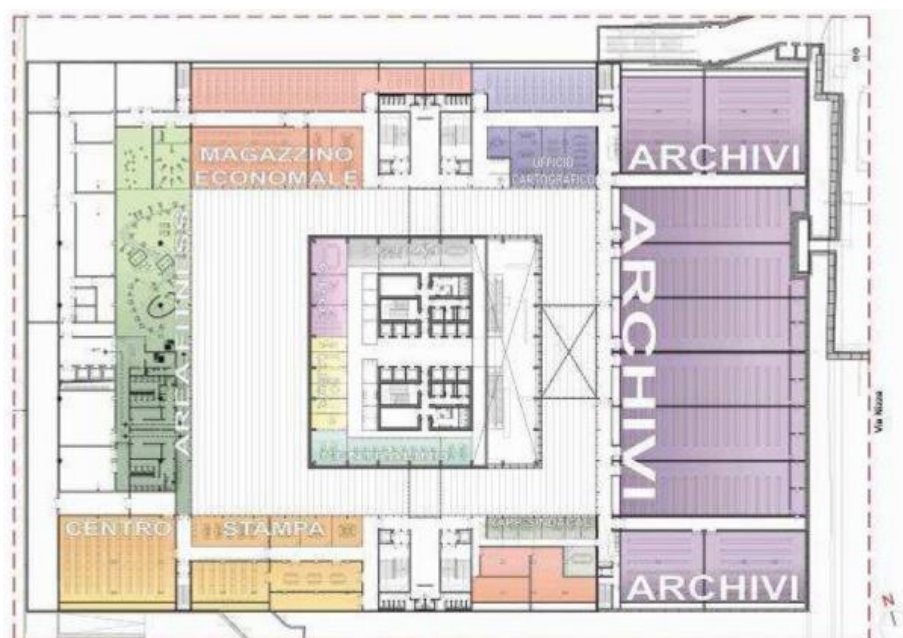


Figura 2.4. Planimetria tematica Interrati Torre P-1

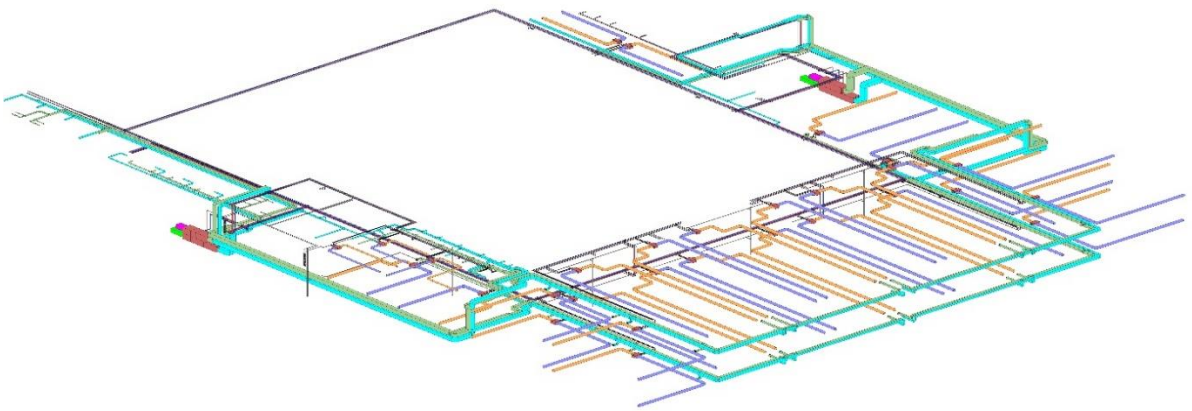


Figura 2.4. Planimetria tematica Interrati Torre P-2



## CAPITOLO 3

### Sviluppo del modello informativo



*"Lo scoprire consiste nel vedere ciò che tutti hanno visto e nel pensare ciò che nessuno ha pensato."*

Albert Szent-Gyorgyi



### 3.1. Workflow operativo

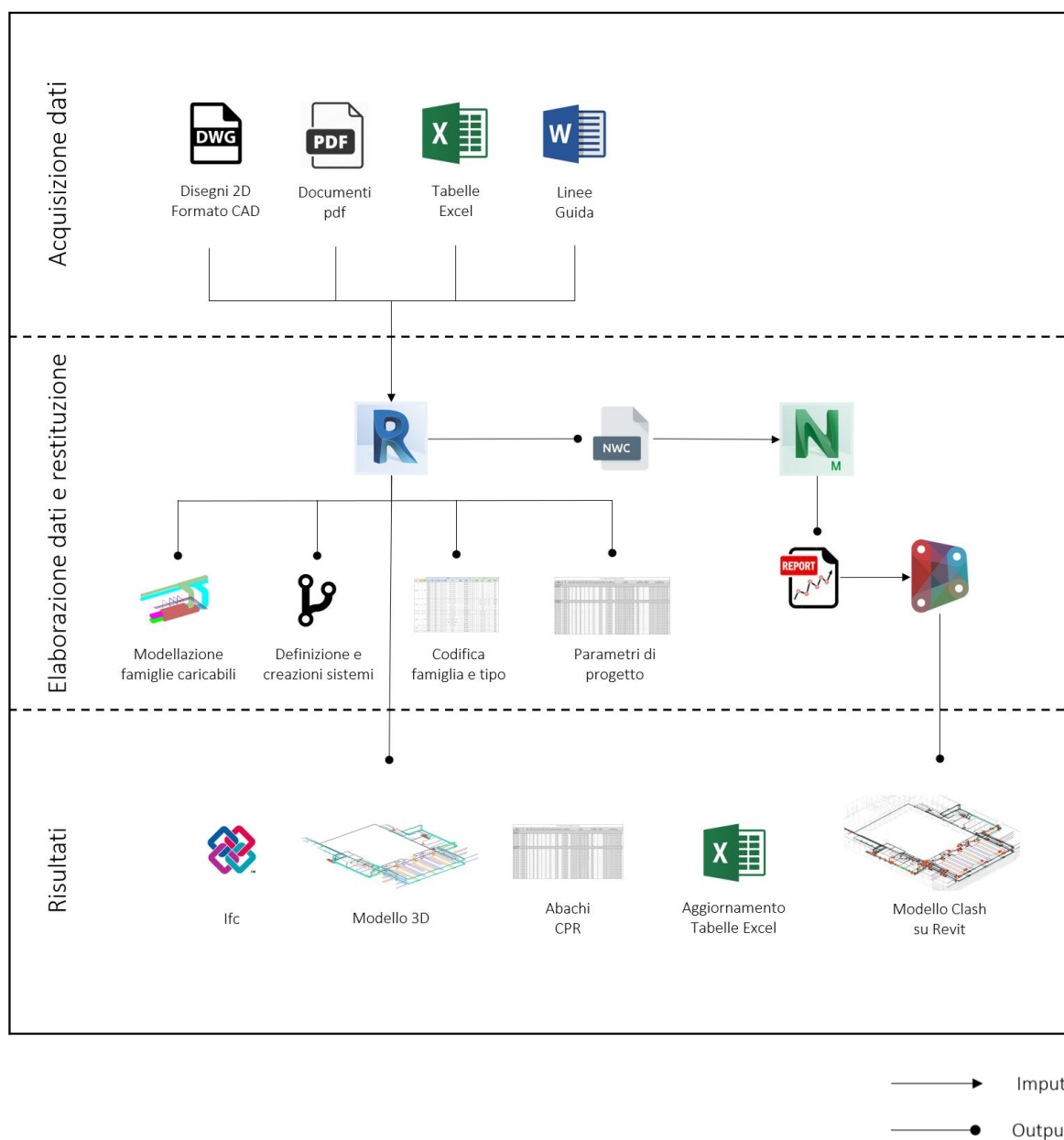


Figura 3.1. Flusso metodologico del processo lavorativo

Il primo step di una qualsiasi commessa di tipo BIM è la definizione degli **obiettivi** di modello, *BIM Goals*, che a loro volta definiscono i *BIM Users*. Il raggiungimento degli obiettivi prefissati è legato al flusso di lavoro che periodicamente è controllato dal BIM Manager e dal BIM Coordinator, come spiegato dalla UNI 11337-5. Infatti, è fondamentale che il team di lavoro comprenda l'utilizzo futuro delle informazioni che si stanno producendo, sapere cosa e come modellare, cosa e come scambiare e soprattutto in quale momento del processo. Il workflow metodologico adottato per il seguente progetto di tesi per il raggiungimento degli obiettivi preposti è rappresentato in figura 3.1. La metodologia utilizzata si basa su una sequenza di tre macro-fasi:

- **Acquisizione dati**
- **Elaborazione e restituzione dati**
- **Risultati**

La prima fase di **acquisizione dati** rappresenta un punto cruciale nella costruzione del modello informativo, in quanto dalla loro qualità dipende fortemente il risultato finale. Nel caso della restituzione di un impianto di climatizzazione sono necessari tutti i documenti esecutivi, relazioni di calcolo e schede tecniche dei singoli componenti.

Segue la fase di **Elaborazione e restituzione dei dati**, in cui viene creato il modello BIM degli impianti di climatizzazione degli Interrati Torre sulla base delle Linee Guida, sviluppate dal laboratorio Drawing to the Future, attraverso l'utilizzo del software BIM authoring Autodesk Revit 2019. Conclusa la fase di modellazione è stata sviluppata e completata, attraverso il software Autodesk Dynamo e un plug-in di Revit Export-Import Excel BIMOne, la codifica di famiglie e tipi, e di 14 parametri che verranno spiegati nei paragrafi successivi, un procedimento necessario al fine di standardizzare gli elaborati prodotti all'interno di un progetto, in modo da semplificare le azioni di coordinamento e promuovere l'uso di un linguaggio tecnico. A questo punto completato il file Revit, si sono svolti i test d'interoperabilità, andando a svolgere una Clash Detection sul software Autodesk Naviswork Manage 2019 e con l'utilizzo di Dynamo un modello di essa direttamente su Revit.

Nell'ultima fase si è potuto procedere con l'estrapolazione delle informazioni necessarie alla visualizzazione dei **risultati**, in accordo con gli obiettivi prefissati, ossia la creazione di un modello informativo degli impianti di climatizzazione degli Interrati Torre, elaborati grafici e un modello della Clash Detection su Revit.



### 3.2. Applicazione delle Linee guida

Prima di sviluppare il workflow bisogna spiegare cosa siano le **Linee guida**. Il laboratorio Drawing to the Future del Politecnico di Torino ha concordato con la Regione Piemonte la creazione di un modello BIM federato, in cui l'organizzazione di tutti gli elementi in Revit del modello informativo segue una struttura gerarchica, così come gli stessi file. Le Linee guida sono state realizzate a monte dell'intero progetto e, definendo la struttura del modello informativo, regolano l'intero lavoro del team di progetto. Le linee guida sono strutturate in quattro parti:

1. *Premessa*, in cui troviamo informazioni generali del progetto;
2. *Normative di riferimento*, in questo caso la UNI 11337, la UNI 8290, l'UK BIM Protocol e lo standard MasterFormat);
3. *Sezione tecnica*, che tratta gli hardware e i software utilizzati per la creazione e la gestione del contenuto informativo e gli As-Built forniti dal soggetto affidatario;
4. *Sezione Gestionale*, è il capitolo più importante che definisce l'organizzazione del modello nella sua interezza attraverso i seguenti punti:
  - definizione del livello di sviluppo (LOD);
  - software BIM authoring utilizzato;
  - denominazione dei file;
  - denominazione delle famiglie e dei tipi;
  - organizzazione dei parametri condivisi;
  - denominazione delle viste.

### 3.3. Acquisizione dati

La fase iniziale propedeutica al processo di modellazione consiste nel reperire e raccogliere tutte le informazioni necessarie alla comprensione dell'impianto da modellare. I **dati** utilizzati per la modellazione digitale sono stati estrapolati da documenti in formato pdf e CAD forniti dalla Regione Piemonte al laboratorio Drawing to the Future.

In questa fase sono state riscontrate alcune criticità:

- Mancanza di alcuni file, in particolare la relazione tecnica degli impianti degli Interrati Torre;
- Incongruenze spaziale delle tubazioni di acqua refrigerata/calda mandata/ritorno tra i file PR\_3\_C\_M\_P\_I\_010+012-020\_07 - PR\_3\_C\_M\_P\_I\_011+030-038\_07 e PR\_3\_C\_M\_D\_I\_049\_02 - PR\_3\_C\_M\_D\_I\_048\_06.
- Incongruenze spaziale dei condotti mandata/ritorno aria primaria tra i file PR\_3\_C\_M\_P\_I\_008,021-029\_09 - PR\_3\_C\_M\_P\_I\_009,039-047\_10 e PR\_3\_C\_M\_D\_I\_049\_02 - PR\_3\_C\_M\_D\_I\_048\_06.
- La realizzazione di alcune parti dell'impianto di climatizzazione risulta temporaneamente sospesa.

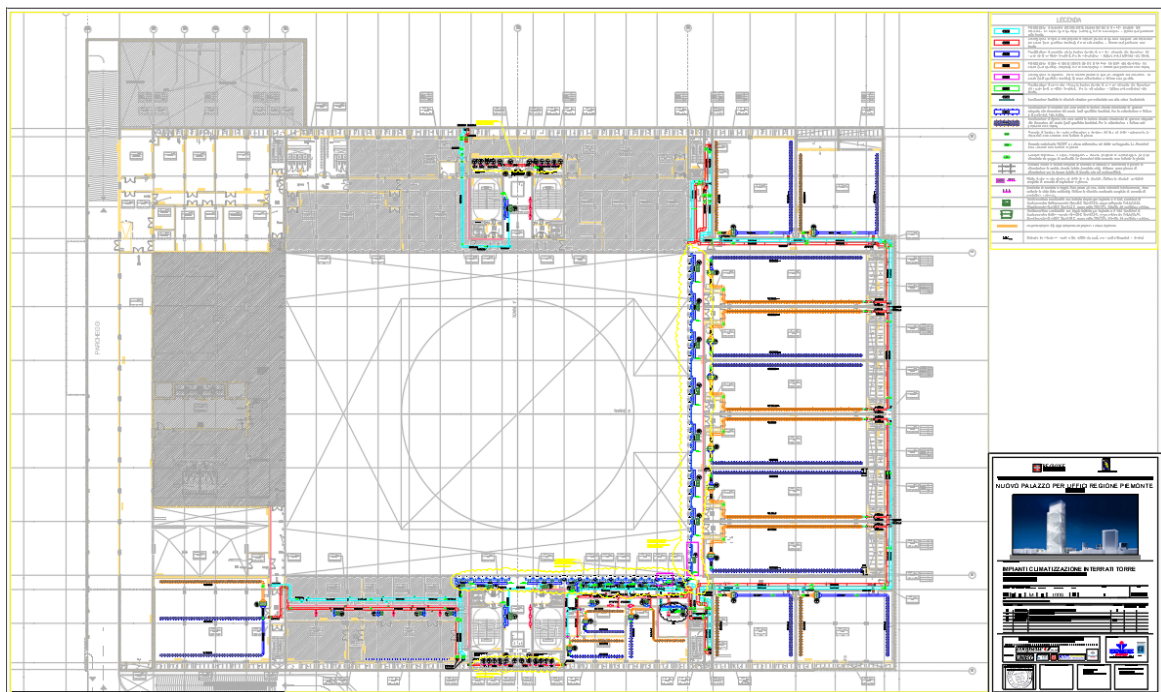


Figura 3.2. Pianta livello -1 Distribuzione Aria, Impianti Climatizzazione Interrati Torre

Purtroppo, non è stato possibile effettuare sopralluoghi che sarebbero stati molto utili per rilevare dimensioni e posizionamenti di alcuni componenti. Alla luce anche dell'impossibilità di ottenere le schede tecniche dei componenti impiantistici, è stato possibile raggiungere soltanto un **LOD C**, ma il modello è stato sviluppato comunque in modo da poter raggiungere un livello più alto in futuro.

### 3.4. Modellazione Impianto Meccanico

La modellazione dell'impianto meccanico è stata realizzata seguendo le seguenti fasi:

- Definizione file template
- Gestione collegamenti
- Acquisizione delle coordinate condivise
- Creazione viste
- Creazione sistemi
- Creazione libreria di famiglie parametriche
- Modellazione operativa dell'impianto meccanico

#### 3.4.1. Definizione file template

La prima operazione da effettuare prima di iniziare con la realizzazione del nostro modello informativo è l'impostazione del file Revit. Il file di partenza è un file vuoto e per questo motivo dobbiamo definire un **template**, ovvero un modello di progetto necessario per l'impostazione dell'ambiente di lavoro. La definizione del template facilita la creazione di uno standard da replicare su altri modelli di uso simile. I file template hanno estensione .rte e sono file con delle impostazioni specifiche per le discipline e BIM Users. Nel caso in esame si è scelto un file template per la disciplina meccanica. Dopodiché è stato rinominato secondo una precisa codifica gerarchica mostrata dalle Linee Guida, che segue 6 livelli:

- Livello 1, *Progetto*, Torre Regione Piemonte, **TRP**;
- Livello 2, *Edificio*, Interrati Torre, **IT**;
- Livello 3, *Disciplina*, Meccanica, **MEC**;
- Livello 4, il *Tipologia file*, Centrale, **CEN**;
- Livello 5, il *Livello iniziale*, che può andare da -03 a 47, **LI03**;
- Livello 6, il *Livello finale*, che può andare da -03 a 47, **LF00**;

**TRP\_IT\_MEC\_CEN\_LI03\_LF00**

### 3.4.2. Gestione collegamenti

Successivamente è stato necessario **collegare** all'interno del file meccanico degli Interrati Torre i rispettivi file delle discipline architettonico, strutturale e file CAD, in modo tale da garantire il corretto svolgimento della modellazione. Quando si apre un progetto collegato ad un file, in Revit viene recuperata la versione salvata corrente del file collegato. Il percorso del file collegato è visualizzato nella colonna *Tipo di Percorso* salvato della finestra di dialogo *Gestisci collegamenti*. Il percorso può essere di due tipi: *assoluto* o *relativo*. Se si utilizza un percorso *relativo* e successivamente si sposta il progetto assieme al file collegato in una nuova directory, il collegamento viene mantenuto. La nuova directory di lavoro diventa il percorso relativo del file collegato. Se si utilizza un percorso *assoluto* e successivamente si sposta il progetto assieme al file collegato in una nuova directory, il collegamento viene interrotto. Nel nostro caso si è scelto il collegamento di tipo assoluto. Quando si collega un modello che contiene altri modelli collegati, i collegamenti divengono nidificati. I modelli collegati nidificati possono essere visualizzati o nascosti nel modello host. I collegamenti nidificati vengono visualizzati in base all'impostazione definita dalla colonna *Tipo di riferimento* nel modello principale. L'opzione *Sovrapposizione* non carica i modelli nidificati nel modello host, pertanto, essi non vengono visualizzati nel progetto. L'opzione *Associazione* carica i modelli collegati nidificati nel modello host, consentendone la visualizzazione nel progetto. Nel nostro caso si è scelta l'opzione Sovrapposizione.

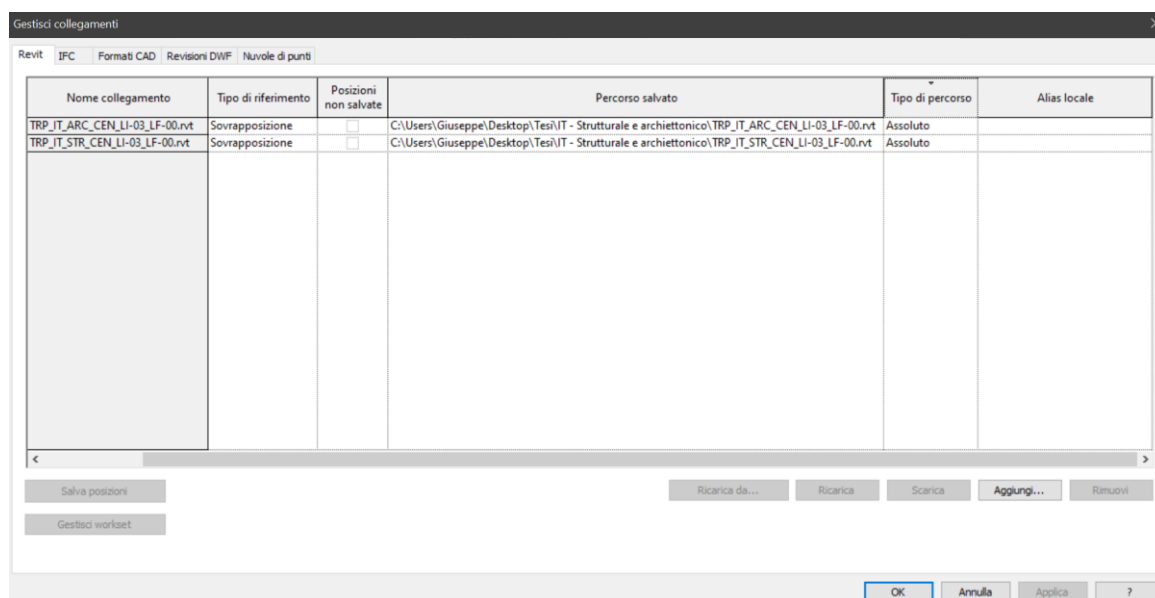


Figura 3.3. Gestione collegamenti Revit 2019

### 3.4.3. Acquisizione delle coordinate condivise

Collegati i file rispettivamente architettonico e strutturale degli Interrati Torre è stato importato il **sistema di coordinate** attraverso il comando *Acquisisci coordinate* dalla scheda *Gestisci* della barra multifunzione. Con l'acquisizione delle coordinate si definisce il sistema di coordinate globali di riferimento uguale per tutte le istanze nel modello host e permette quindi di avere la perfetta corrispondenza spaziale tra i file collegati.

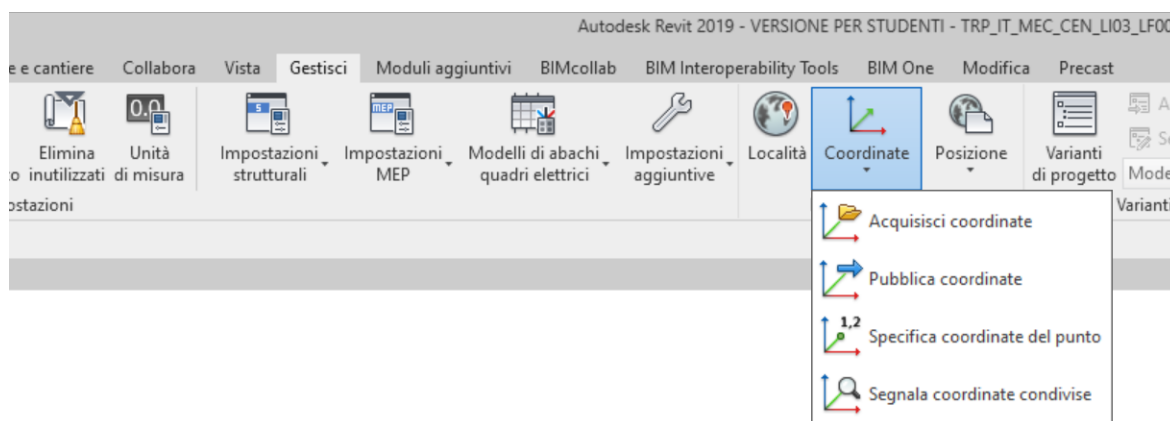


Figura 3.4. Acquisisci coordinate Revit 2019

### 3.4.4. Creazione viste

A questo punto sono state impostate le **viste** dal *Browser di progetto*. Dal file architettonico sono stati importati i livelli degli Interrati Torre attraverso il comando *Copia/Controlla* dalla scheda *Collabora* della barra multifunzione.

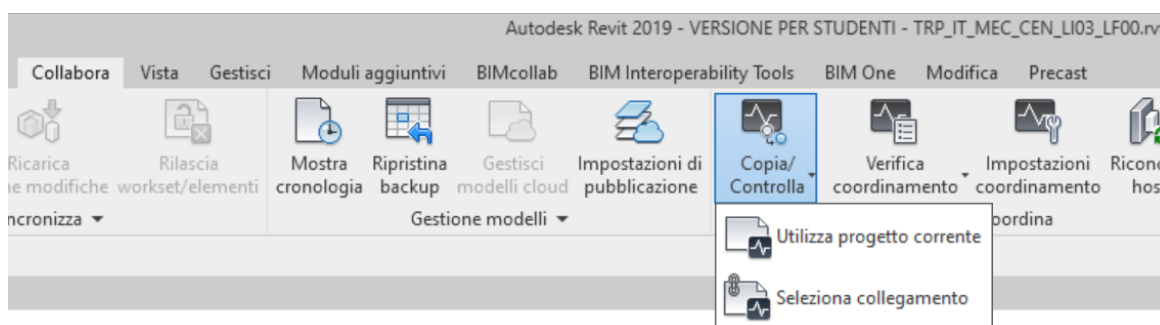
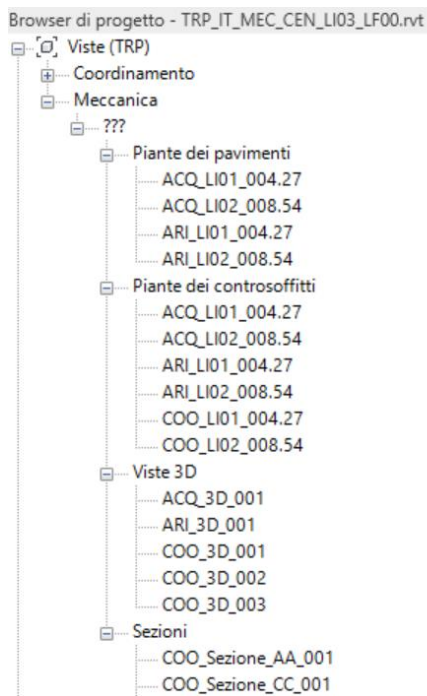


Figura 3.5. Copia/Controlla Revit 2019

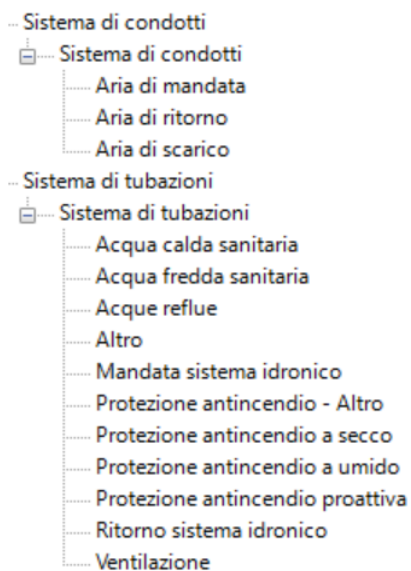


Da questi, sono stati creati le piante relative ai pavimenti e ai controsoffitti, in corrispondenza di ogni livello creato. Dopodiché sono state create viste specifiche in 3D, prospetti e sezioni, utili per la modellazione.

Figura 3.6. Browser di progetto Revit 2019

### 3.4.5. Creazione sistemi

La definizione dei sistemi in Revit è fondamentale nella fase preliminare in quanto la loro assegnazione nella parte finale della modellazione risulta abbastanza complessa. Quando si crea un **sistema** in Revit viene creata una relazione logica tra gli elementi correlati nel progetto. Per l'esempio, un sistema dell'aria di mandata può includere condotti, raccordi e attrezzatura meccanica. Durante il posizionamento degli elementi nel modello, questi vengono assegnati a una classificazione di sistema in base ai relativi connettori di condotto e/o tubazione. È possibile selezionare un gruppo di



elementi, specificare un tipo di sistema, assegnarlo e rinominarlo. Inoltre, è possibile generare e dimensionare automaticamente il layout nel progetto a partire dalla creazione di sistemi. Il file template possiede due categorie di sistemi che sono condotti e tubazioni (figura 3.7). Tali sistemi, accessibili dal *Browser di Sistema* sono stati concepiti per le discipline meccanica ed idraulica.






Figura 3.7. Sistemi di condotti e tubazioni Revit 2019

Questi sistemi possiedono delle proprietà che sono in parte modificabili e in parte non modificabili. Una proprietà che non è possibile modificare è la *Classificazione sistema*. Ciò vuol dire che per la creazione di nuovi sistemi diversi da quelli presenti nel template è necessario duplicare i sistemi esistenti e rinominarli. Per la **tipologia di impianto** del nostro caso studio si è deciso di creare i seguenti sistemi e dare un colore a partire da quelli esistenti in modo da rispecchiare in maniera più logica e verosimile i criteri di classificazione degli esecutivi forniti dalla Regione Piemonte:

Sistema di condotti:

-  Esplusione aria
-  Mandata aria
-  Mandata aria primaria
-  Presa aria esterna
-  Ripresa aria
-  Ripresa aria primaria

Sistema di tubazioni:

-  Acque reflue
-  Mandata acqua calda
-  Mandata acqua refrigerata
-  Ripresa acqua calda
-  Ripresa acqua refrigerata

### 3.4.6. Creazione libreria di famiglie parametriche

L'ultimo step prima della modellazione operativa consiste nel creare una libreria di famiglie parametriche che conterrà tutti i componenti nell'impianto meccanico degli Interrati Torre organizzati da Revit secondo lo schema gerarchico *categoria di famiglia/famiglia/tipi/istanza*. L'impianto meccanico del caso studio è organizzato secondo le seguenti **categorie di famiglie**:

- Accessori per tubazioni
- Attrezzatura Meccanica

- Condotto
- Raccordi condotti
- Tubazione
- Raccordi di tubazione

<Abaco multicategoria>		
A	B	C
Categoria	Famiglia	Tipo
Accessori per tubazioni		
Accessori per tubazioni	TRP_IT_MEC_VA	AC_15
Accessori per tubazioni	TRP_IT_MEC_VA	AC_20
Accessori per tubazioni	TRP_IT_MEC_VA	AC_25
Accessori per tubazioni	TRP_IT_MEC_VA	AC_32
Accessori per tubazioni	TRP_IT_MEC_VA	AC_40
Accessori per tubazioni	TRP_IT_MEC_VA	AC_50
Accessori per tubazioni	TRP_IT_MEC_VA	AC_65
Accessori per tubazioni	TRP_IT_MEC_VA	AC_80
Accessori per tubazioni	TRP_IT_MEC_VA	AC_100
Accessori per tubazioni	TRP_IT_MEC_VA	AC_125
Attrezzatura meccanica		
Attrezzatura meccanica	TRP_IT_MEC_GN	TE_400x200
Attrezzatura meccanica	TRP_IT_MEC_GR	TE_400x200
Attrezzatura meccanica	TRP_IT_MEC_SV	SO_667x136
Attrezzatura meccanica	TRP_IT_MEC_TR	TE_180x40
Attrezzatura meccanica	TRP_IT_MEC_VO	TE_01
Attrezzatura meccanica	TRP_IT_MEC_VP	TE_02
Attrezzatura meccanica	TRP_IT_MEC_VQ	TE_03
Condotto		
Condotto	Condotto circolare	RE_VAR
Condotto	Condotto rettangolare	RE_VAR
Raccordi condotto		
Raccordi condotto	TRP_IT_MEC_CB	RA_VAR
Raccordi condotto	TRP_IT_MEC_CI	RA_VAR
Raccordi condotto	TRP_IT_MEC_GC	RA_VAR
Raccordi condotto	TRP_IT_MEC_RP	RA_VAR
Raccordi condotto	TRP_IT_MEC_TB	RA_VAR
Raccordi condotto	TRP_IT_MEC_TC	RA_VAR
Raccordi condotto	TRP_IT_MEC_TE	RA_VAR
Raccordi tubazione		
Raccordi tubazione	TRP_IT_MEC_GG	RA_VAR
Raccordi tubazione	TRP_IT_MEC_RQ	RA_VAR
Raccordi tubazione	TRP_IT_MEC_TF	RA_VAR
Tubazione		
Tubazione	Tubazione	RE_VAR
Totale generale: 4349		

Figura 3.8. Abaco multicategoria Revit 2019

Ognuna di queste categorie contiene delle **famiglie** che possono essere di tre tipologie, quali: *di sistema*, famiglie fornite dal software che non è possibile rinominare, *caricabili*, famiglie create dall'utente o caricate, *locali*, famiglie che possono essere



modificate direttamente nel progetto senza accedere all'editor della famiglia. Di seguito un esempio di famiglia caricabile e una di sistema.

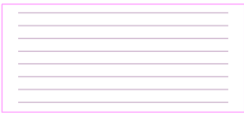
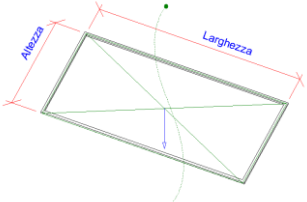
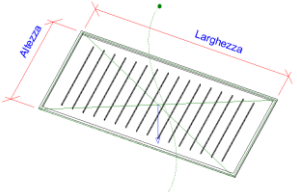
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_GR
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 36 00
	Titolo MasterFormat		Air Terminal Units
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_GR_TE_400x200_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_SV_SO_667x136_LI02_008.54_00002
	Codice esistente		GR-06
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		GR

Figura 3.9. Esempio Scheda LOD famiglia caricabile

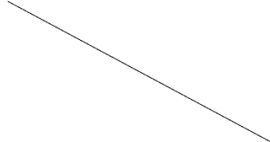
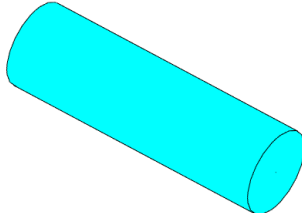
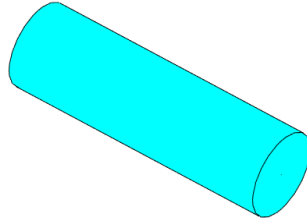
Disciplina		Nome oggetto	Condotto circolare
		Tipologia di famiglia	Sistema
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 31 13
	Titolo MasterFormat		Metal Ducts
	Codice Categoria		CN
	Identificativo		TRP_IT_MEC_NA_RE_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_VQ_TE_03_LI02_008.54_00002
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		NA

Figura 3.10. Esempio Scheda LOD famiglia di sistema

### 3.4.7. Modellazione operativa dell'impianto meccanico

Una volta definito il template, impostato il file Revit, creato i sistemi e le famiglie si è proceduto con la **modellazione** operativa dell'impianto meccanico degli Interrati Torre. La modellazione ha seguito un criterio per facilitare poi la gerarchizzazione degli impianti che verrà affrontata al paragrafo 3.5. Per prima cosa sono stati modellati tutti i *terminali* dell'impianto dei livelli -1 e -2, ovvero i ventilconvettori e griglie di mandata e ripresa aria. Dopodiché sono stati modellati le *tubazioni*, i *condotti* e i *raccordi* insieme agli *accessori per le tubazioni*. Infine, sono state modellate le due *sorgenti* principali dell'impianto, ovvero le UTA, ed è stato effettuato il *collegamento* dei terminali alle sorgenti attraverso le distribuzioni impiantistica.

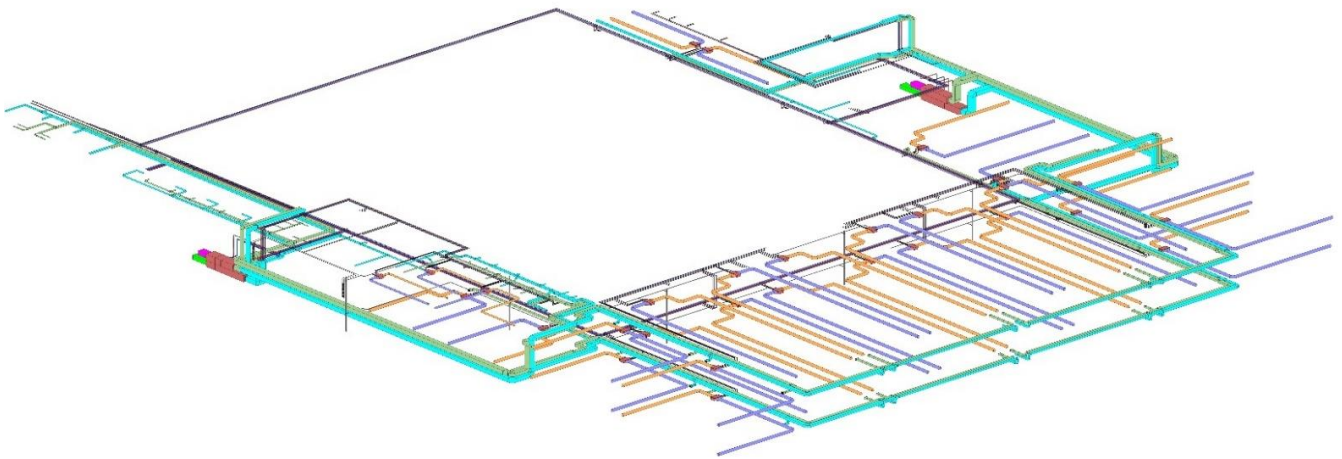


Figura 3.11. Vista assonometrica impianto di climatizzazione Interrati Torre, Livello di dettaglio Alto, Stile colori omogenei

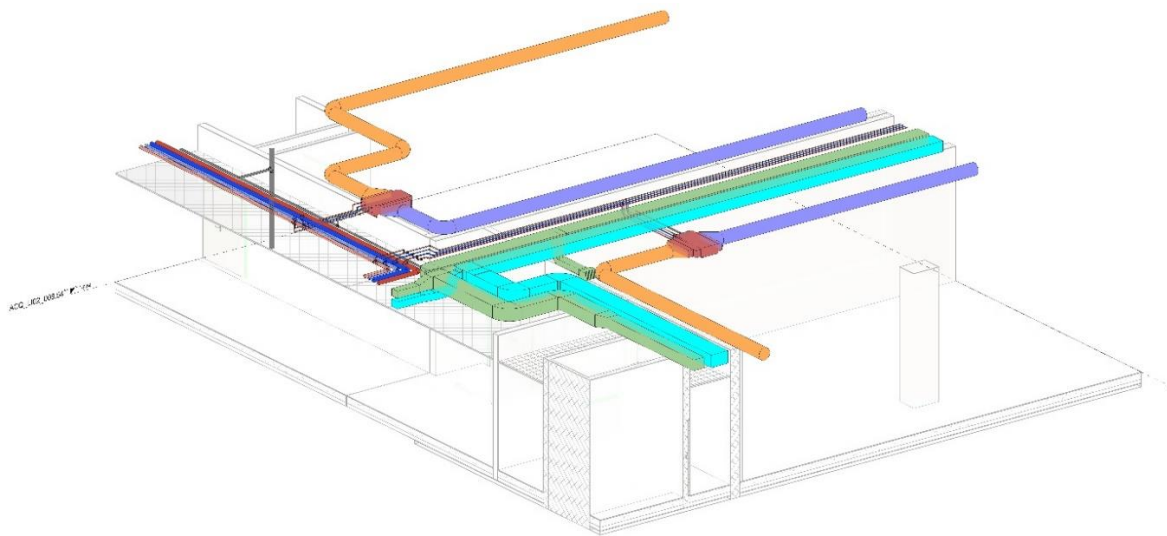


Figura 3.12. Vista assonometrica impianto di climatizzazione Interrati Torre, Livello di dettaglio *Alto*, Stile colori omogenei

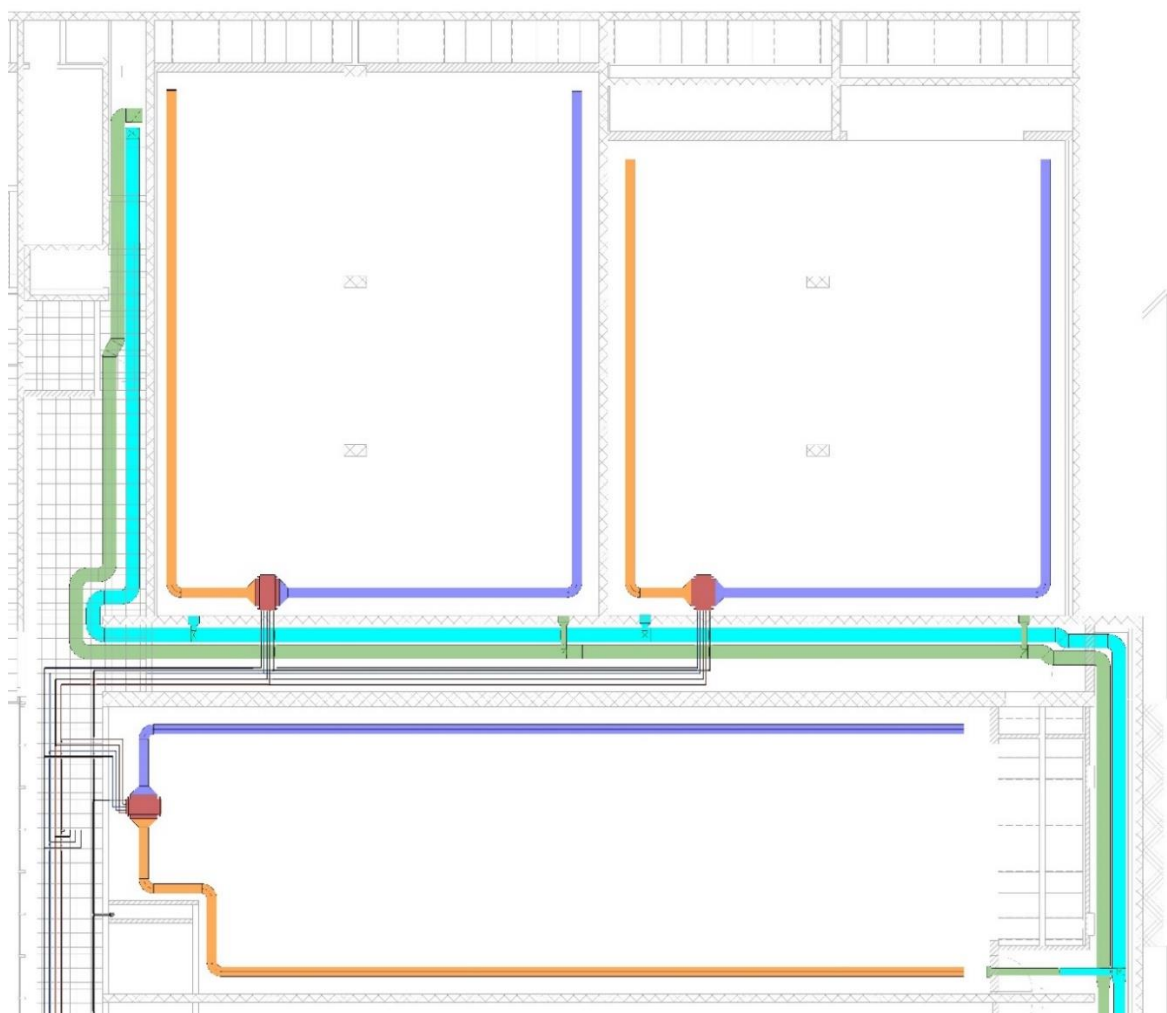


Figura 3.13. Pianta del controsoffitto Livello -1 Quadrante IT-E1, Livello di dettaglio *Alto*, Stile colori omogenei

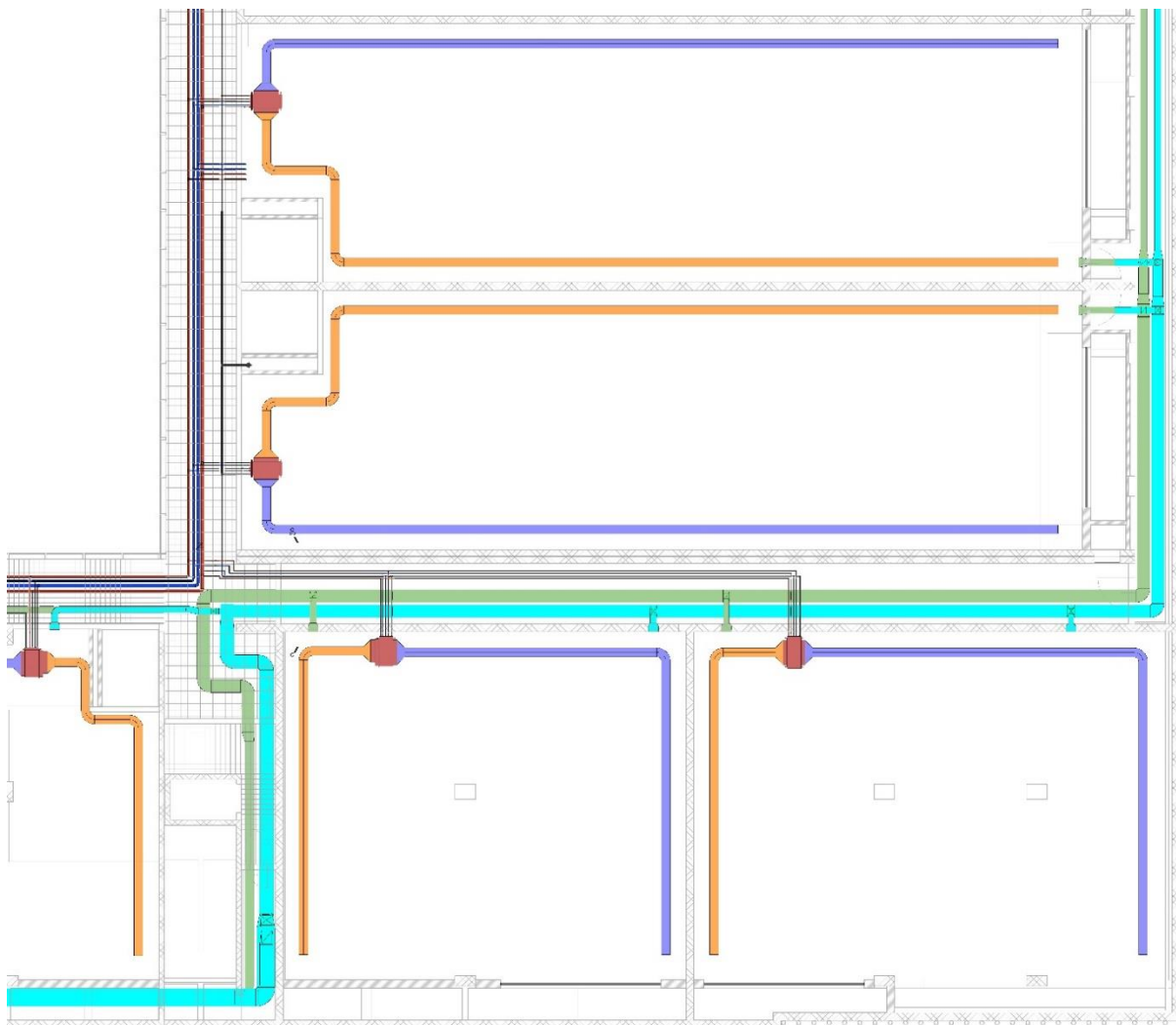


Figura 3.14. Pianta del controsoffitto Livello -2 Quadrante IT-E3, Livello di dettaglio *Alto*, Stile colori omogenei

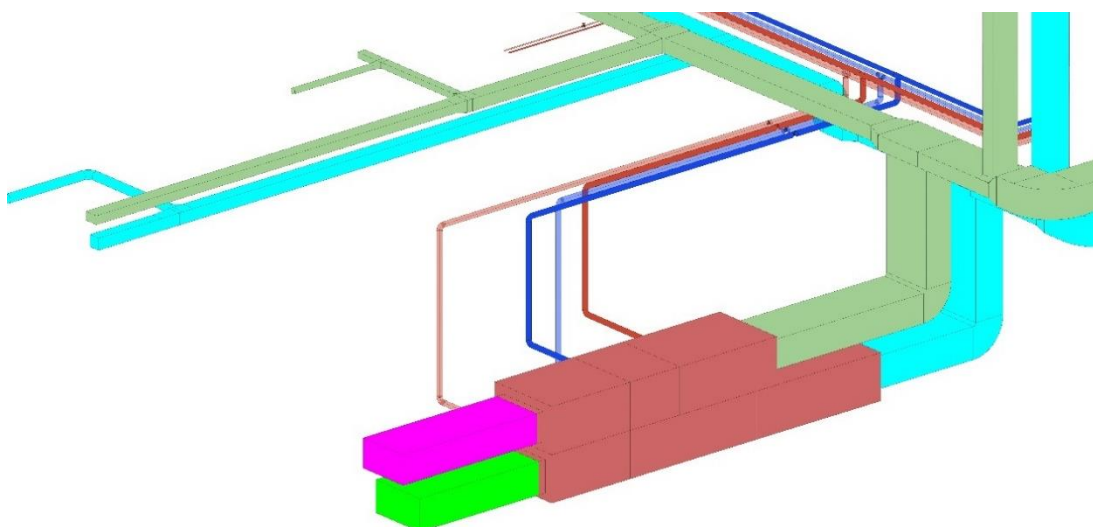


Figura 3.15. Centrale di ventilazione SUD – Vista assonometrica fuori scala, Livello di dettaglio *Alto*, Stile colori omogenei

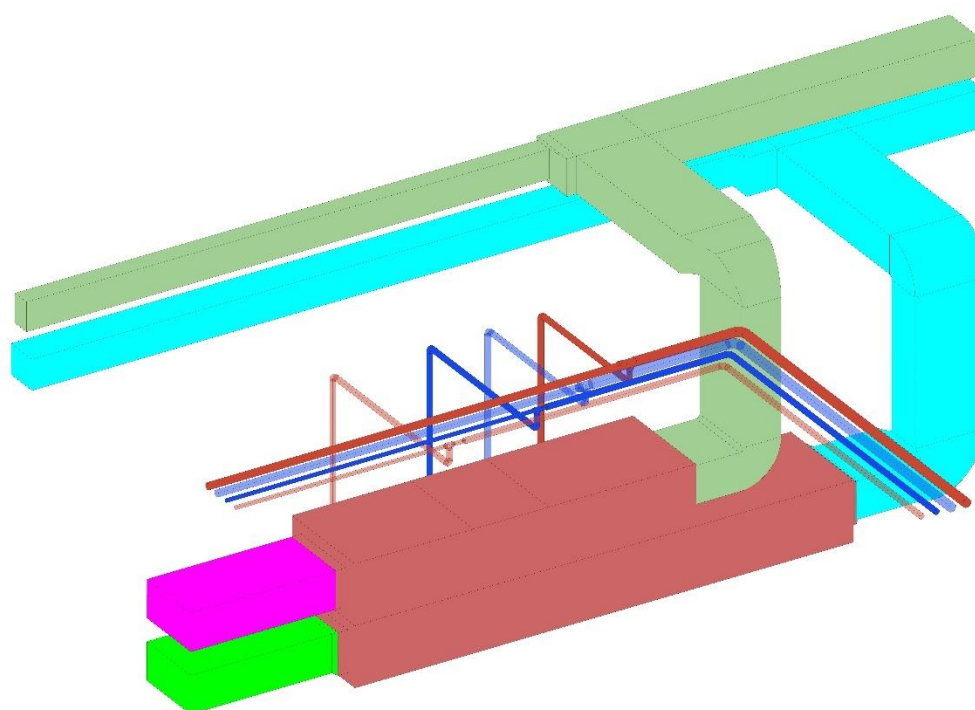


Figura 3.16. Centrale di ventilazione NORD – Vista assonometrica fuori scala, Livello di dettaglio *Alto*, Stile colori omogenei

### 3.5. Gerarchizzazione sistemi

La gerarchizzazione dei componenti impiantistici è importante per avere la creazione dei sistemi disciplinari. Nel caso studio in esame, per l'impianto meccanico il software Revit propone un suo **elenco gerarchico** visualizzabile attraverso il *Browser di Sistema*, uno strumento in grado di individuare in modo immediato i componenti che sono o non sono assegnati ad un sistema e quindi i relativi sistemi modellati. Dal punto di vista operativo consente di identificare eventuali istanze modellate non assegnate a nessun sistema, ad esempio eventuali disconnessioni che portano parte dell'impianto a essere non assegnato, o anche capire se i sistemi sono stati gerarchizzati in modo opportuna. Il Browser di sistema si visualizza tramite un menù a tendina (Fig. 3.17.)

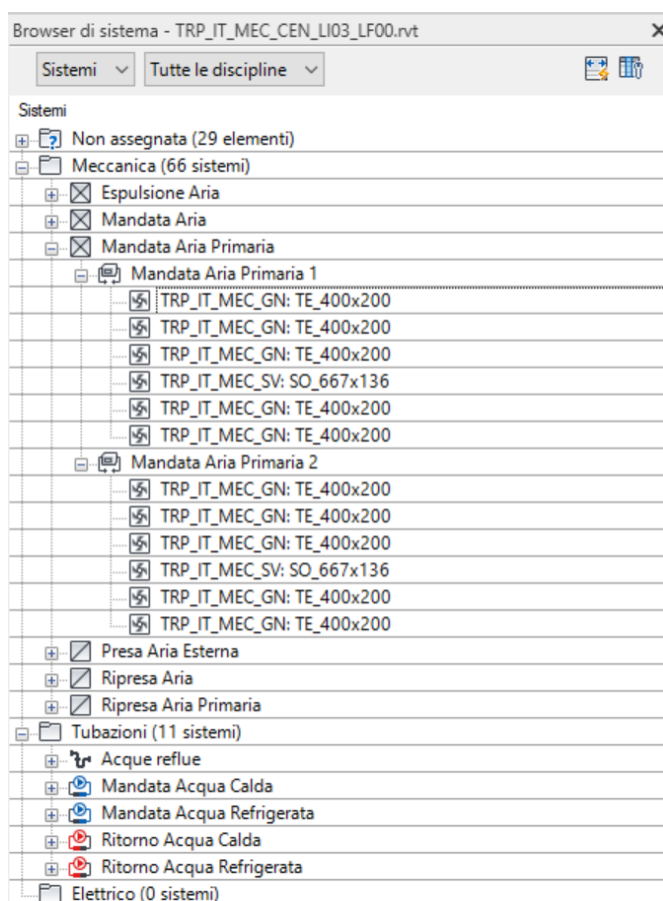


Figura 3.17. Browser di sistema

Come ordine gerarchico si visualizza per prima il nome del sistema, seguito poi dai vari sottosistemi della stessa tipologia, seguiti dalla singole istanze appartenenti a quel sottosistema con a capo la sorgente. Nel caso in esame la figura mostra la gerarchizzazione del sistema *Mandata Aria Primaria*, che a sua volta racchiude due sistemi di questa tipologia, *Mandata Aria Primaria 1* e *2*. All'interno di essi troviamo la sorgente principale, che in questo caso è l'UTA (TRP\_IT\_MEC\_SV) e i terminali che sono le griglie di mandata aria (TRP\_IT\_MEC\_GN).

### 3.6. Denominazione Famiglie e Tipi

Terminata la modellazione dell'impianto meccanico e verificato la corretta assegnazione e gerarchizzazione dei sistemi, si è proceduto con la codifica delle famiglie e dei tipi come da Linee Guida.

La denominazione della **Famiglia** è composta da quattro campi alfabetici maiuscoli, separati dal carattere “\_”, secondo la seguente codifica:

- a. Campo 1: è il *Codice Progetto*, formato da 3 lettere;
- b. Campo 2: è il *Codice Edificio*, formato da 2 lettere;
- c. Campo 3: è il *Codice Disciplina*, formato da 3 lettere;
- d. Campo 4: è il *Codice Famiglia*, formato da 2 lettere.

La denominazione del **Tipo** è composta da due campi alfanumerici maiuscoli, separati dal carattere “\_”, secondo la seguente codifica:

- a. Campo 1: è il *Codice Funzione*, formato da 2 lettere;
- b. Campo 2: è il *Codice Caratteristica*: è un codice alfanumerico che rappresenta una caratteristica (parametro) di TIPO e non di ISTANZA dell'elemento.

Dopo aver definito le norme di codifica da utilizzare, sono state compilate su un foglio Excel, delle tabelle, contenenti le nomenclature di riferimento sia per le Famiglie che per il Tipo.



Categoria	Codice categoria	Tipologia di famiglia	FAMIGLIA										TIPO			
			Progetto	Codice Progetto	Edificio	Codice Edificio	Disciplina	Codice Disciplina	Famiglia	Codice Famiglia	Nomenclatura Famiglia	Funzione	Codice Funzione	Caratteristica	Codice Caratteristica	Nomenclatura Tipo
Accessori per tubazioni	AT	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Valvola di intercettazione	VA	TRP_IT_MEC_VA	Accessorio	AC	Diametro	15	AC_15
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Valvola di intercettazione	VA	TRP_IT_MEC_VA	Accessorio	AC	Diametro	20	AC_20
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Valvola di intercettazione	VA	TRP_IT_MEC_VA	Accessorio	AC	Diametro	25	AC_25
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Valvola di intercettazione	VA	TRP_IT_MEC_VA	Accessorio	AC	Diametro	32	AC_32
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Valvola di intercettazione	VA	TRP_IT_MEC_VA	Accessorio	AC	Diametro	40	AC_40
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Valvola di intercettazione	VA	TRP_IT_MEC_VA	Accessorio	AC	Diametro	50	AC_50
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Valvola di intercettazione	VA	TRP_IT_MEC_VA	Accessorio	AC	Diametro	65	AC_65
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Valvola di intercettazione	VA	TRP_IT_MEC_VA	Accessorio	AC	Diametro	80	AC_80
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Valvola di intercettazione	VA	TRP_IT_MEC_VA	Accessorio	AC	Diametro	100	AC_100
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Valvola di intercettazione	VA	TRP_IT_MEC_VA	Accessorio	AC	Diametro	125	AC_125
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Griglia di mandata aria primaria	GN	TRP_IT_MEC_GN	Terminale	TE	Larghezza x altezza [mm]	400x200	TE_400x200
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Griglia di ripresa aria primaria	GR	TRP_IT_MEC_GR	Terminale	TE	Larghezza x altezza [mm]	400x200	TE_400x200
Attrezzatura meccanica	AM	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Sottocentrale di ventilazione	SV	TRP_IT_MEC_SV	Sorgente	SO	Larghezza x altezza [cm]	667x136	SO_667x136
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Termoarredo	TR	TRP_IT_MEC_TR	Terminale	TE	Larghezza x altezza [cm]	180x40	TE_180x40
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Venticonnettore VCA-01	VO	TRP_IT_MEC_VO	Terminale	TE	Tipologia	01	TE_01
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Venticonnettore VCA-02	VP	TRP_IT_MEC_VP	Terminale	TE	Tipologia	02	TE_02
Condotto	CN	Sistema	Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Venticonnettore VCA-03	VQ	TRP_IT_MEC_VQ	Terminale	TE	Tipologia	03	TE_03
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Condotto circolare	NA	TRP_IT_MEC_NA	Rete	RE	Dimensione variabile	VAR	RE_VAR
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Condotto rettangolare	NA	TRP_IT_MEC_NA	Rete	RE	Dimensione variabile	VAR	RE_VAR
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Calotta di chiusura circolare	CB	TRP_IT_MEC_CB	Raccordo	RA	Dimensione variabile	VAR	RA_VAR
Raccordi condotto	RC	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Croce rettangolare	CI	TRP_IT_MEC_CI	Raccordo	RA	Dimensione variabile	VAR	RA_VAR
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Gomito circolare	GC	TRP_IT_MEC_GC	Raccordo	RA	Dimensione variabile	VAR	RA_VAR
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Raggio eccentrico gomito rettangolare modificato	RP	TRP_IT_MEC_RP	Raccordo	RA	Dimensione variabile	VAR	RA_VAR
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Transizione circolare lunghezza	TB	TRP_IT_MEC_TB	Raccordo	RA	Dimensione variabile	VAR	RA_VAR
Raccordi tubazione	RT	Caricabile	Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Transizione da circolare a rettangolare lunghezza	TC	TRP_IT_MEC_TC	Raccordo	RA	Dimensione variabile	VAR	RA_VAR
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Transizione rettangolare	TE	TRP_IT_MEC_TE	Raccordo	RA	Dimensione variabile	VAR	RA_VAR
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Gomito saldato	GG	TRP_IT_MEC_GG	Raccordo	RA	Dimensione variabile	VAR	RA_VAR
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Raccordo a T	RQ	TRP_IT_MEC_RQ	Raccordo	RA	Dimensione variabile	VAR	RA_VAR
Tubazione	TU	Sistema	Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Transizione	TF	TRP_IT_MEC_TF	Raccordo	RA	Dimensione variabile	VAR	RA_VAR
			Torre Regione Piemonte	TRP	Interrati Torre	IT	Meccanica	MEC	Tubazione	NA	TRP_IT_MEC_NA	Rete	RE	Dimensione variabile	VAR	RE_VAR

Figura 3.18. Codifica Famiglie e Tipi Impianto Meccanico Interrati Torre

## 3.7. Assegnazione e compilazione dei parametri condivisi

### 3.7.1. Assegnazione Parametri Condivisi

Completata la codifica di Famiglie e Tipi sono stati assegnati e compilati i **Parametri Condivisi** dati dalle Linee Guida andando ad arricchire gli attributi informativi alle singole istanze. Le famiglie modellate in Revit contengono nelle loro proprietà una serie di parametri, definiti per arricchire di informazioni le stesse e per poter organizzare la loro struttura gerarchica, qualora più famiglie siano connesse tra loro. Per questo motivo vengono definiti 14 Parametri Condivisi, sia di Istanza che di Tipo contenuti all'interno del file .txt. TRP\_GN\_CON\_TXT\_LI03\_LF47. Per poter utilizzare questi Parametri Condivisi in un progetto Revit occorre creare *Parametri Progetto*, ossia i parametri utilizzabili ed applicabili a viste e/o oggetti. Caricando tale file .txt nel file .rvt è possibile aggiungere i Parametri condivisi nell'elenco dei Parametri progetto, associandoli ad un gruppo di parametri attraverso il comando *Parametri progetto* dalla scheda *Gestisci* della barra multifunzione.

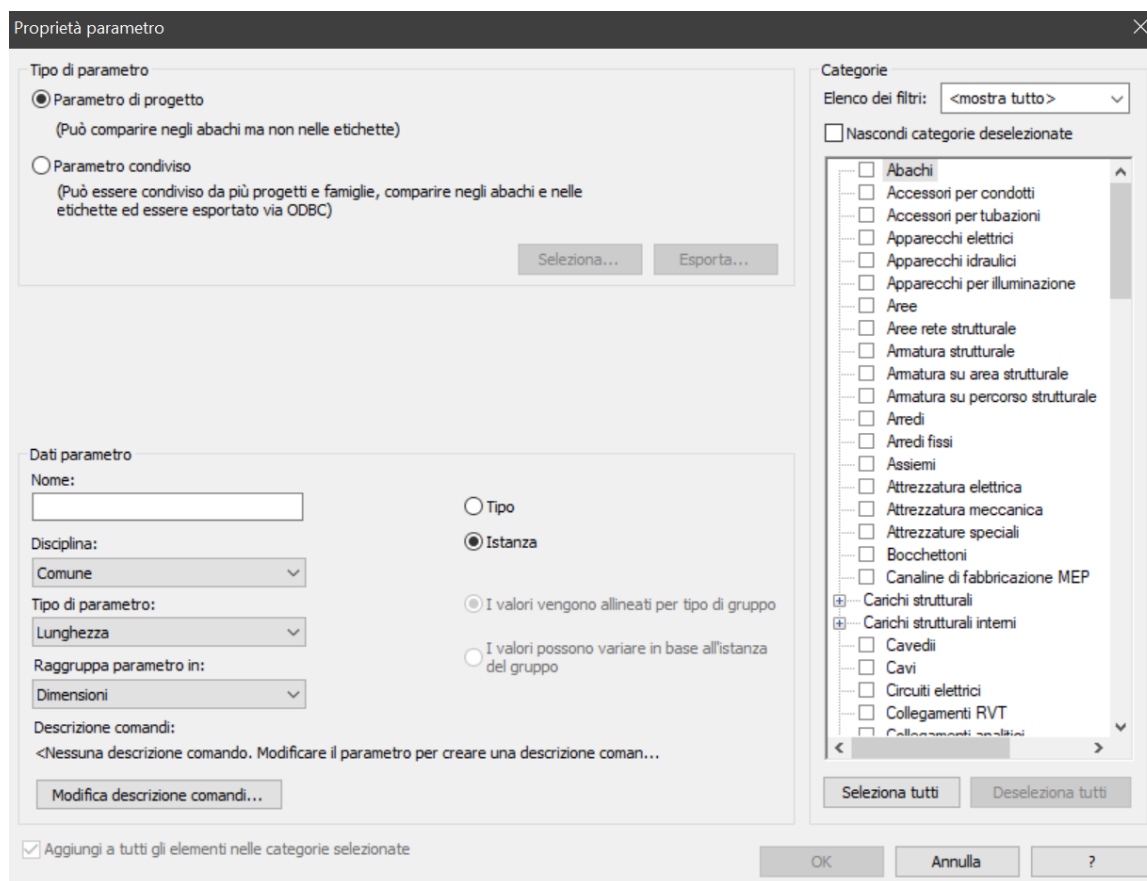


Figura 3.19. Inserimento Parametri progetto Revit 2019

Di seguito si riporta la lista dei **14 parametri** dati dalle Linee Guida:

Parametro	Tipo di parametro	Tipo/Istanza	Gruppo	Applicato a	Descrizione parametro	Esempio
<b>Progetto</b>	Testo	Istanza	Generale	Tutte le categorie di modello	Codice di 3 lettere (A-Z) rappresentativo del progetto in oggetto	TRP
<b>Edificio</b>	Testo	Istanza			Codice di 2 lettere (A-Z) rappresentativo della porzione di progetto in oggetto	IT
<b>Classi di Unità Tecnologiche</b>	Testo	Tipo		Tutte le categorie di modello, viste escluse	Classe di elementi funzionali omogenei, raggruppati per funzione prevalente, per continuità fisica e funzionale (UNI 8290)	5
<b>Unità Tecnologiche</b>	Testo	Tipo			Insieme di elementi tecnici che rappresentano funzioni finalizzate al soddisfacimento di esigenze dell'utenza (UNI 8290)	5.1
<b>Classi di Elementi Tecnici</b>	Testo	Tipo			Classe di prodotti che assolvono a funzioni proprie di una o più classi tecnologiche (UNI 8290)	5.1.3
<b>Codice MasterFormat</b>	Testo	Tipo			Codifica numerica per elementi funzionali definita da CSI CODE	23 82 19
<b>Titolo MasterFormat</b>	Testo	Tipo			Codifica testuale associata a codice MasterFormat per elementi funzionali definita da CSI CODE	Fan coil units
<b>Codice Categoria</b>	Testo	Tipo			Codice di 2 lettere maiuscole utilizzato per identificare la Categoria di un'istanza	AM
<b>Identificativo</b>	Testo	Istanza			Caratterizzazione univoca di ogni singola istanza presente all'interno del modello in oggetto. Criterio compilativo: CodiceFamiglia_CodiceTipo_Livello_Numer o progressivo	TRP_IT_MEC_VN_TE _UO_LI01_00003
<b>Codice Padre</b>	Testo	Istanza			Caratterizzazione dell'istanza sorgente di riferimento, nella struttura gerarchica di una Disciplina	TRP_IT_MEC_VN_TE _UO_LI01_00003
<b>Codice esistente</b>	Testo	Istanza			Codice rilevato da documentazione esistente per mantenimento informazioni nel passaggio CAD/BIM	VC2-01 LT
<b>Affidabilità</b>	Testo	Istanza			Classe di affidabilità di un'istanza modellata: 1: misure in sito 2: misure da DWG 3: ipotizzato	2
<b>Codice Famiglia</b>	Testo	Tipo			Codice di 2 lettere (A-Z) usato nella compilazione dell'Identificativo	NA
<b>Sottodisciplina</b>	Testo	Istanza		Viste	Codice di 3 lettere (A-Z) rappresentativo delle discipline trattate nelle viste (ARI componenti aeraulici)	ARI

Figura 3.20. Tabella Parametri Condivisi

### 3.7.2. Creazione Abachi categoria

Assegnati i parametri di progetto a tutte le istanze contenute nel modello si è proceduto con la compilazione di questi. Per compilare i singoli parametri è stato necessario creare degli Abachi in modo da visualizzare in forma tabellare le caratteristiche di ciascuno elemento. In accordo con le Linee Guida gli Abachi sono stati realizzati per la verifica della compilazione dei Parametri condivisi, e della nomenclatura di famiglia e tipo e per questo motivo abbreviati con il termine di “**Abachi CPR**”. Questa tipologia di abachi deve essere da campi che si susseguono in un ordine prestabilito, come mostrato nella tabella sottostante:

Famiglia	Tipo	Progetto	Edificio	Codice Categoria	Codice Famiglia	Classi di Unità Tecnologiche	Unità Tecnologiche	Classi di Elementi Tecnici
----------	------	----------	----------	------------------	-----------------	------------------------------	--------------------	----------------------------

Codice MasterFormat	Titolo MasterFormat	Identificativo	Codice Esistente	Affidabilità	Codice Padre Meccanico
---------------------	---------------------	----------------	------------------	--------------	------------------------

I colori seguono la complessità e la difficoltà a compilare i parametri, dal verde a simboleggiare i più semplici, fino al rosso, i più impegnativi.

### 3.7.3. Compilazione Parametri Condivisi

Una volta creati gli abachi con i rispettivi campi si sono compilati i parametri utilizzando diverse metodologie di compilazione in funzione della complessità del parametro:

- *Progetto, Edificio e Affidabilità*, compilati tramite l'utilizzo del plugin Import/export Excel BIMOne;
- *Codice Categoria, Codice Famiglia, Classi di Unità Tecnologiche, Unità Tecnologiche, Classi di Elementi Tecnici, Codice MasterFormat, Titolo MasterFormat, Codice Esistente*, manualmente direttamente su Revit;
- *Codice Padre Meccanico*, compilato manualmente sfruttando i singoli sistemi su Revit;
- *Identificativo*, compilato tramite script Dynamo.

Il plugin **Export/Import Excel BIMOne** consente di esportare da Revit e importare da Excel gli Abachi CPR creati in modo da facilitare la compilazione delle singole istanze.



Figura 3.21. Export/Import Excel BIMOne

Per la compilazione del *Codice Padre Meccanico* sono stati sfruttati i **sistemi** in Revit. Infatti, selezionando il sistema dal *Browser di Sistema* è stato possibile risalire a tutte le istanze, compresi condotti, tubazioni e raccordi, del sistema stesso e quindi assegnare il Codice Padre Meccanico sfruttando la gerarchia. Operativamente si procede andando a selezionare con il tasto TAB della tastiera un sistema sul modello e dopo averlo selezionato si copia l'*Identificativo* della sorgente di quel sistema sul *Codice Padre Meccanico* di tutte le istanze selezionate dalla finestra delle *Proprietà*. Si riporta alcune immagini esemplificative:

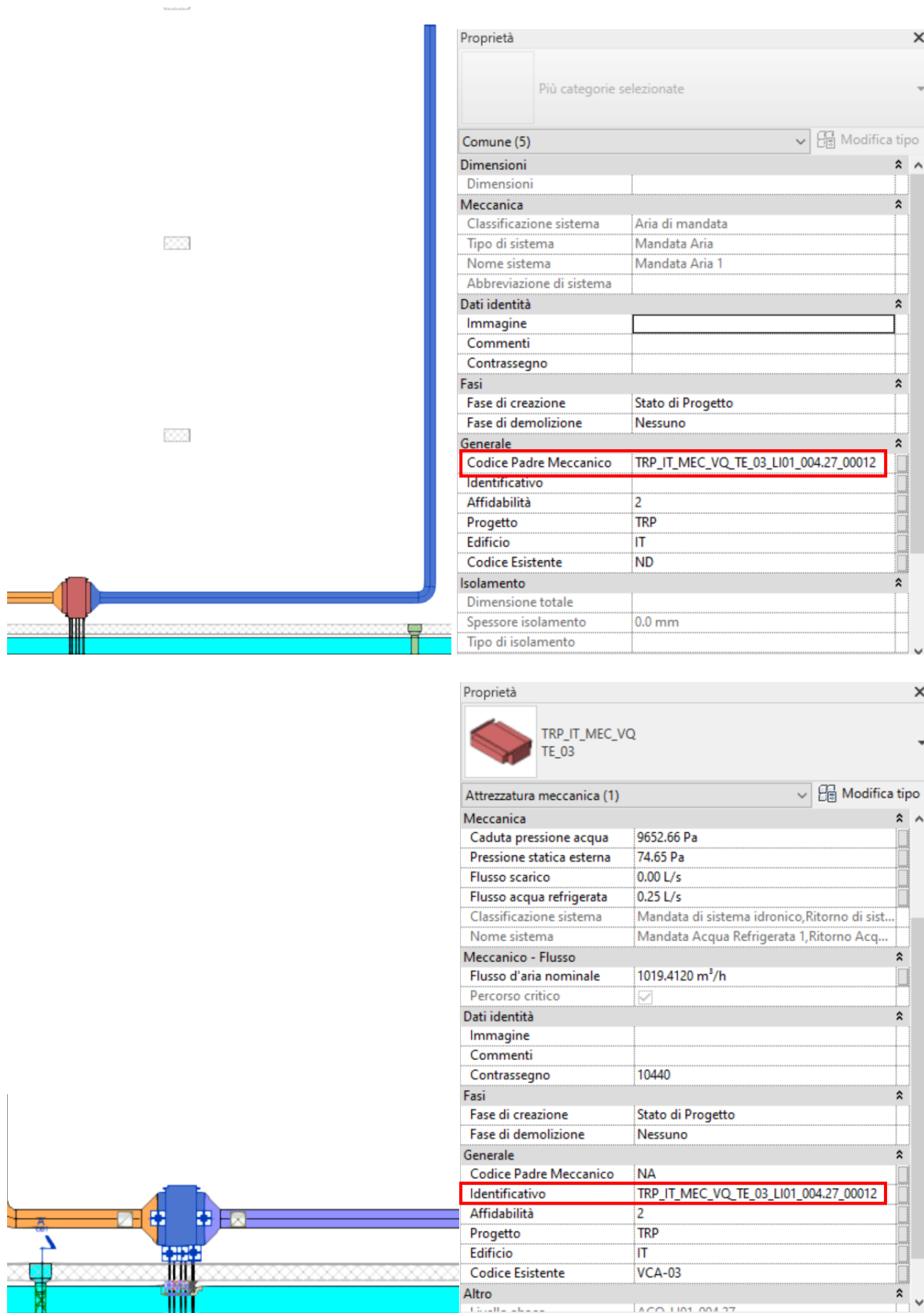


Figura 3.22. Compilazione *Codice Padre Meccanico* dalla finestra *Proprietà* Revit 2019

Per la compilazione del parametro *Identificativo* si è proceduto a creare uno **script** su Dynamo. L'*Identificativo* come spiegato precedentemente caratterizza univocamente ogni singola istanza presente all'interno del modello in oggetto. Questo parametro è composto dalle seguenti stringhe concatenate:

**Progetto\_Edificio\_Disciplina\_CodiceFamiglia\_CodiceTipo\_Livello\_Numeroprogressivo**

Alcune di queste stringhe vengono compilate direttamente su Revit, per esempio *Progetto* e *Edificio*, altre invece risultano temporaneamente vuote. Grazie allo script, infatti, si andrà ad estrapolare l'informazione dai parametri già compilati e a compilare quelli ancora vuoti. Dopodiché si riporteranno su un file Excel tutti i parametri divisi per colonne così da poter concatenare le singole stringhe in un'unica stringa. Nella parte finale dello script si compilerà il parametro *Identificativo* in Revit.

Lo script è composto da 5 parti.

La prima parte consente attraverso due nodi di selezionare tutti gli elementi di una data categoria. In Dynamo, i **nodi** sono gli oggetti collegati per formare un programma visivo. Ogni nodo esegue un'operazione; talvolta può essere semplice come memorizzare un numero o può essere un'azione più complessa come creare o sottoporre a query la geometria. Il primo nodo *Categories* permette di selezionare una categoria di elementi; il secondo *All Elements of Category* permette di ottenere tutti gli elementi della categoria specificata dal modello.

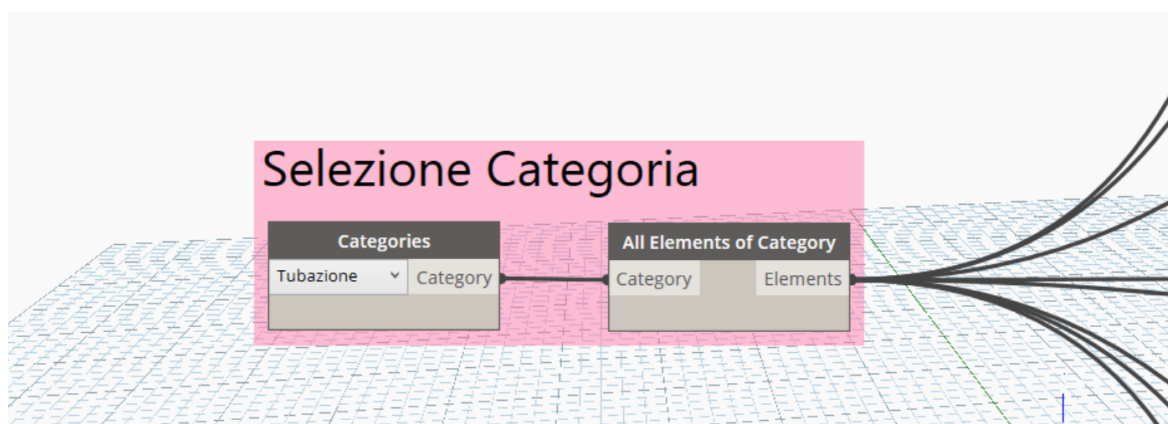
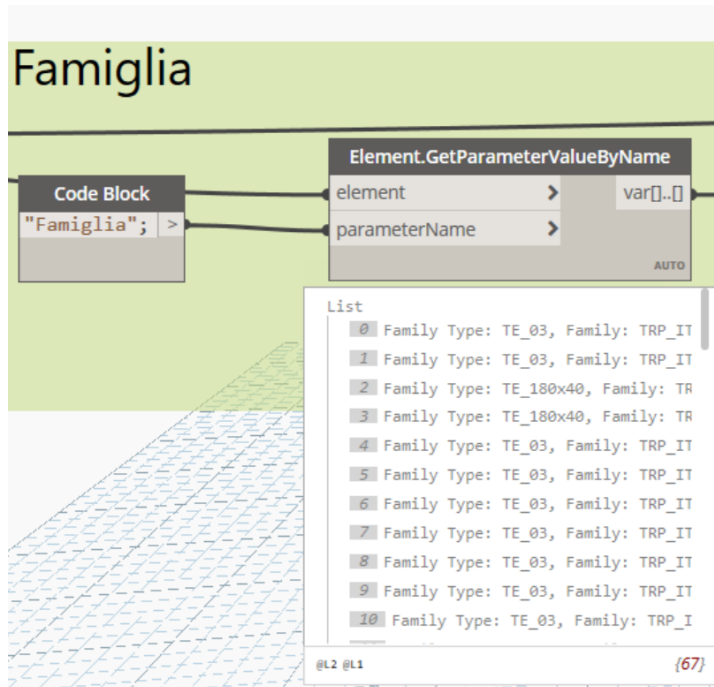


Figura 3.23. Selezione Categoria

La seconda parte consente di estrapolare le informazioni dai parametri già compilati e dai parametri ancora non compilati. Tutti i gruppi contengono al loro interno il nodo *Element.GetParameterValueByName* che permette di ottenere il valore di uno dei

parametri dell'elemento. L'altro nodo comune a tutti i gruppi è *Code Block* che consente la creazione diretta di codice DesignScript, in cui nel nostro caso si va a inserire il nome del parametro in Revit. I parametri *Codice Famiglia*, *Codice Tipo* e *Livello* a causa di un bug dato da Dynamo, anche se già compilati su Revit, risultavano non compilati. Allora si è adottata questa metodologia per estrapolare la singola stringa del *Codice Famiglia*: essendo il *Codice Famiglia* contenuto del nome della



Famiglia si è estrapolato da quest'ultimo attraverso pochi passaggi. I nodi fondamentali per la riuscita di questo step sono stati *String.Split* che consente di suddividere una singola stringa in un elenco di stringhe, in corrispondenza delle stringhe separate date e *List.GetItemAtIndex* che restituisce un elemento dall'elenco dato, situato in corrispondenza dell'indice specificato.

Figura 3.24. Nodo *Element.GetParameterValueByName*

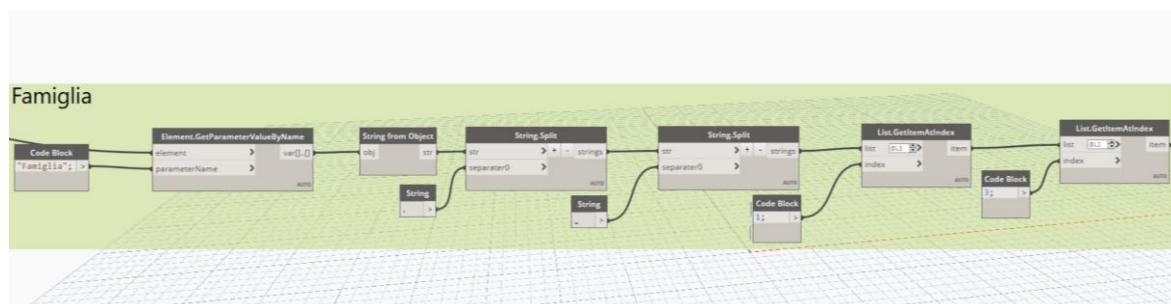


Figura 3.25. Estrazione stringa *Codice Famiglia* dal nome della famiglia



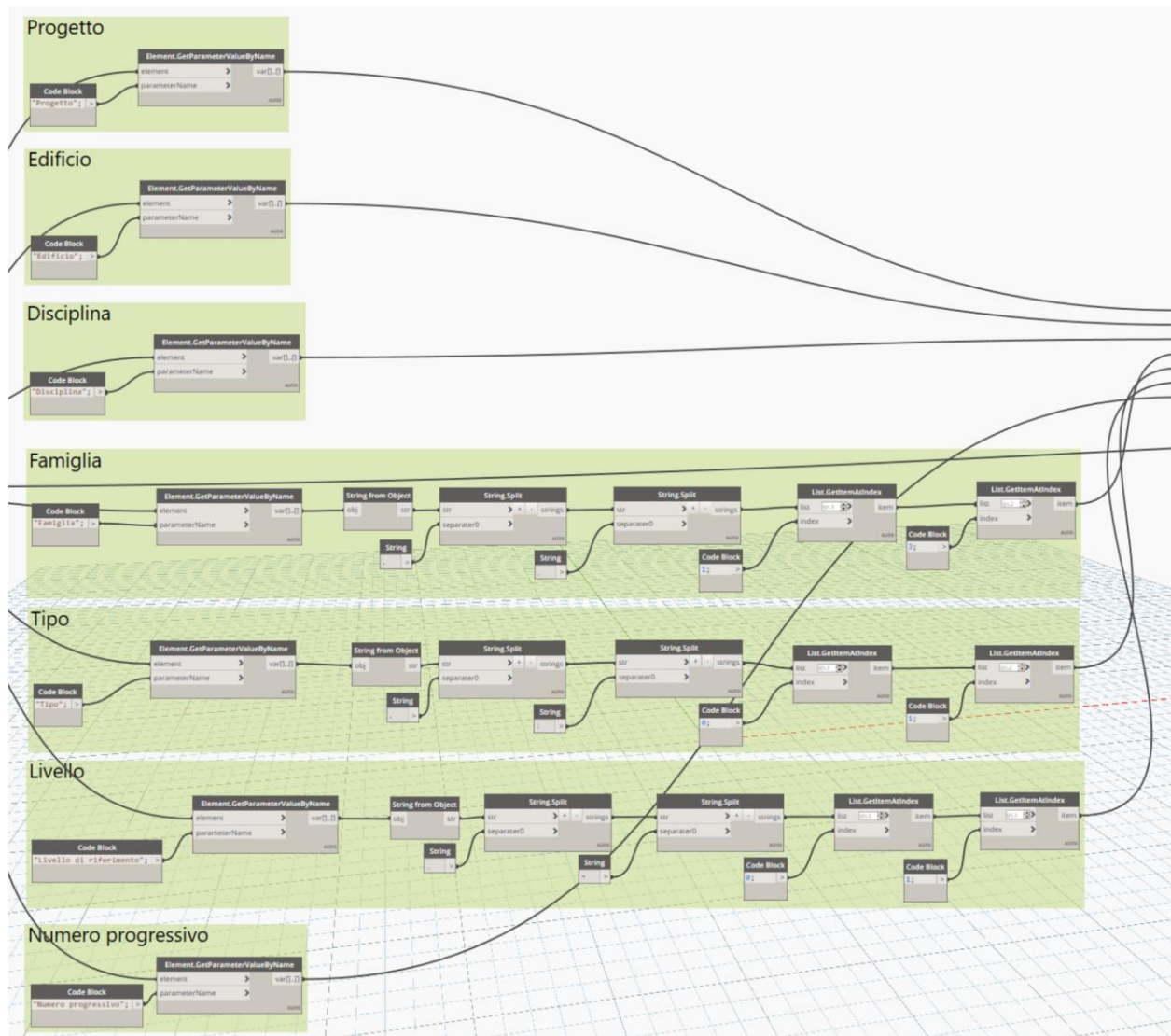


Figura 3.26. Estrazione stringhe dalle componenti del parametro *Identificativo*

Il terzo step è stato la creazione di una lista attraverso i nodi *List.Create* che permette di creare un nuovo elenco in base agli input specificati e *List.Transpose* che scambia righe e colonne in una lista di elenchi.

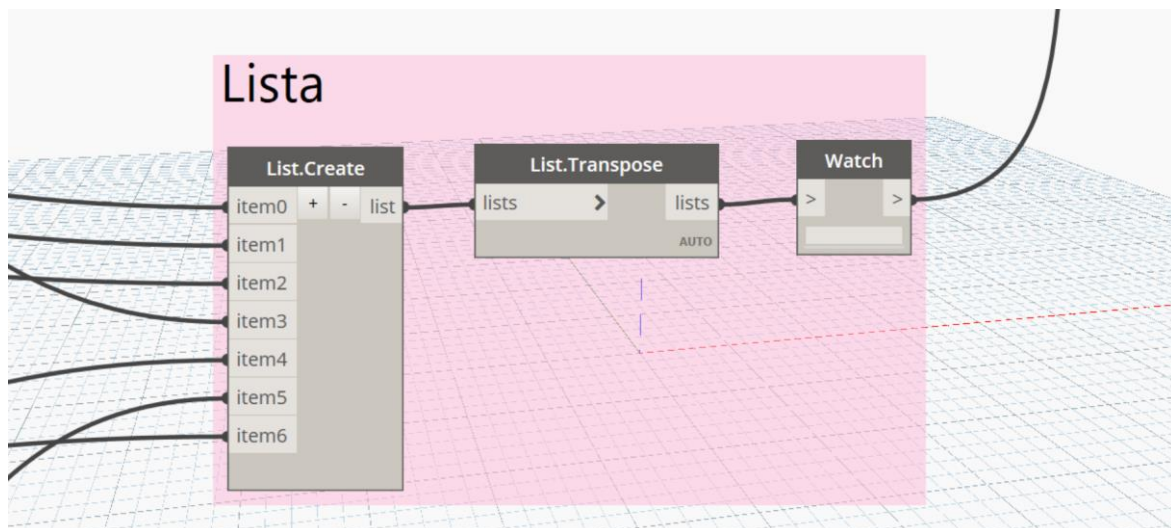


Figura 3.27. Creazione liste

La quarta parte permette di riportare le singole stringhe su un foglio excel per controllare eventuali dati mancanti o incongruenze. Una volta controllato la correttezza, le singole stringhe vengono importati dall'Excel per comporre l'identificativo. I nodi principali utilizzati in questa parte sono due: *Data.ExportExcel* che consente di scrivere i dati in un foglio di calcolo di Microsoft Excel riga per riga e *Data.ImportExcel* che consente di leggere i dati da un foglio di calcolo di Microsoft Excel riga per riga.

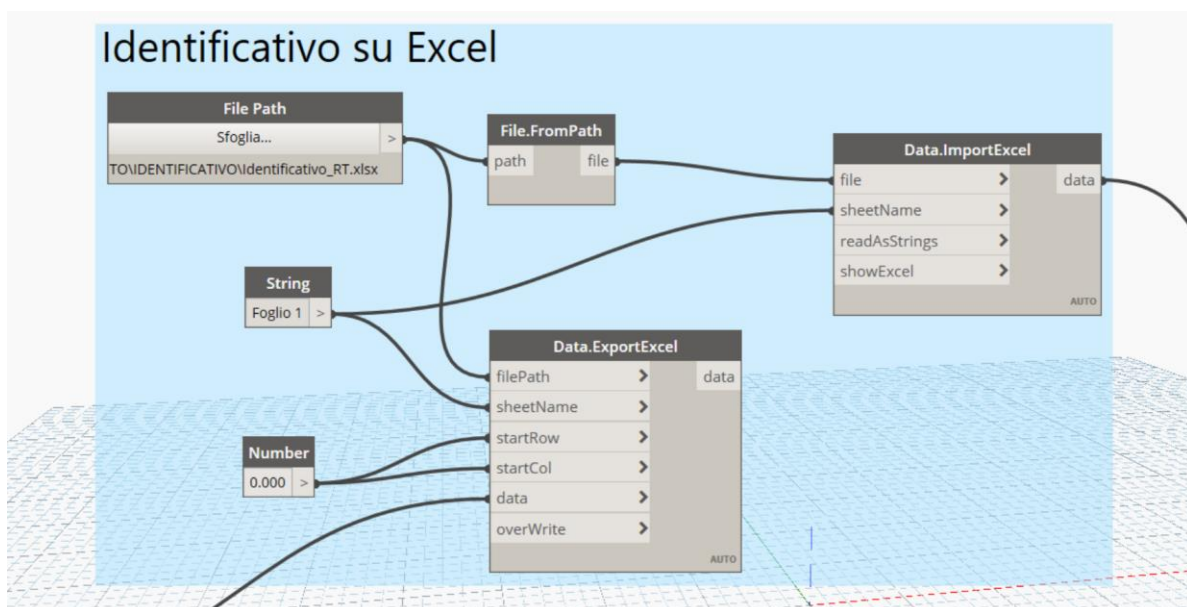


Figura 3.28. Controllo *Identificativo* su Excel

La quinta e ultima parte dello script è la concatenazione delle stringhe delle singole parti dell'*Identificativo* e la sua compilazione. Per la concatenazione delle stringhe è stato utilizzato il nodo *String.Join* che permette di concatenare più stringhe in un'unica stringa, inserendo il separatore dato tra le stringhe concatenate, nel nostro caso "\_". Per la compilazione del parametro *Identificativo* è stato utilizzato il nodo *Element.SetParameterByName* che consente di impostare uno dei parametri degli elementi selezionati.

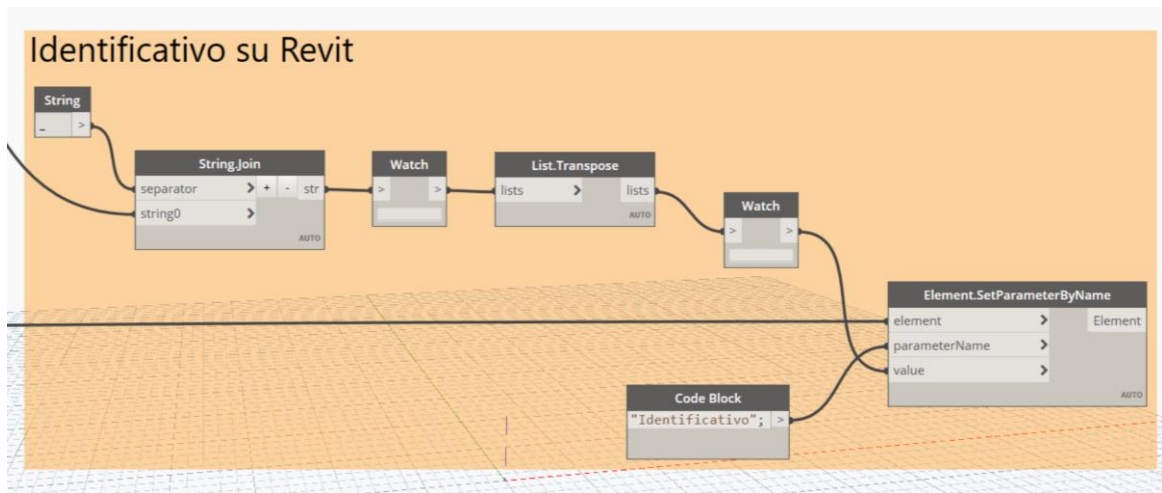


Figura 3.29. Concatenazione stringhe e compilazione *Identificativo*

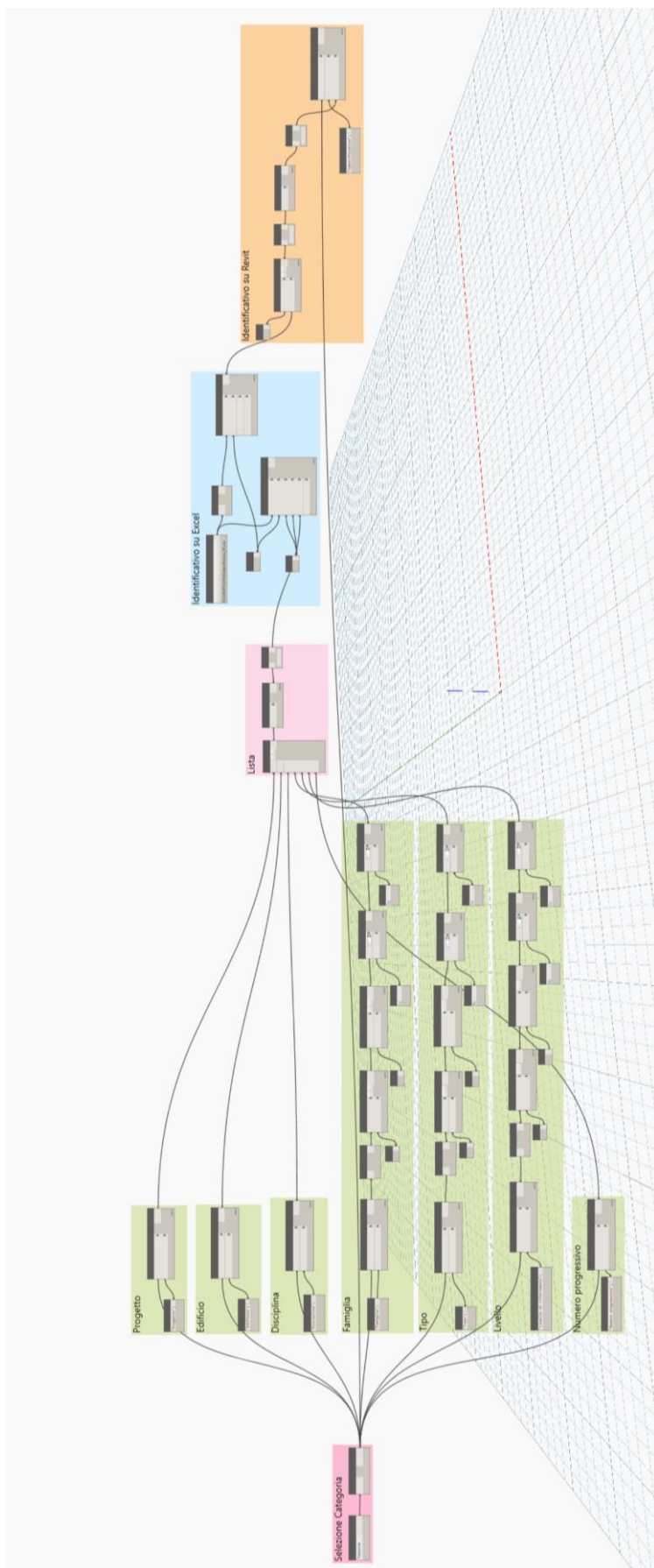


Figura 3.30. Script Dynamo per la compilazione del parametro *Identificativo*



### 3.8. Restituzione Dati

A valle della procedura di sviluppo del modello informativo è stato ottenuto un modello informativo tridimensionale dell'impianto meccanico degli Interrati Torre costituito da elementi parametrici con i relativi attributi informativi spiegati precedentemente. Gli output estratti da questo modello sono stati molteplici tra cui:

- Abachi CPR delle categorie contenute nel modello;
- Tavole di presentazione del progetto in formato .rvt (vedi Allegati);
- File in formato .ifc del modello Revit;
- File in formato .nwc del modello Revit per l'esportazione in Naviswork Manage;

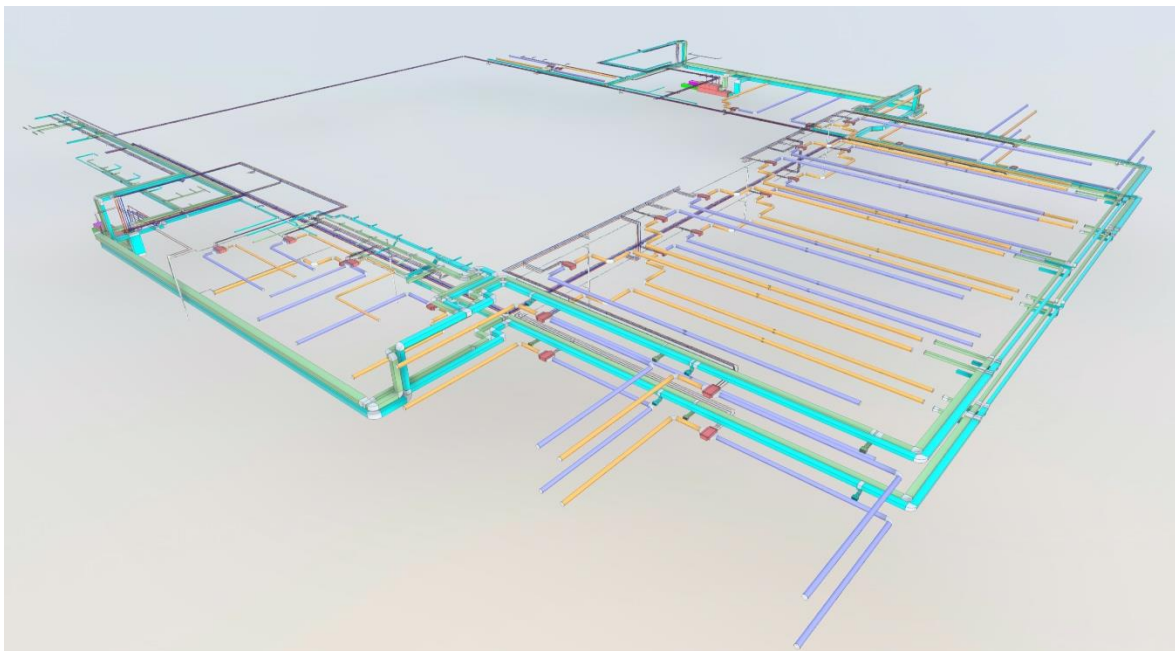


Figura 3.31. Visualizzazione file .ifc con il software Autodesk Viewer

Figura 3.32. Esempio Abaco CPR – ABC\_CPR\_MEC\_AM\_Abaco dell'attrezzatura meccanica

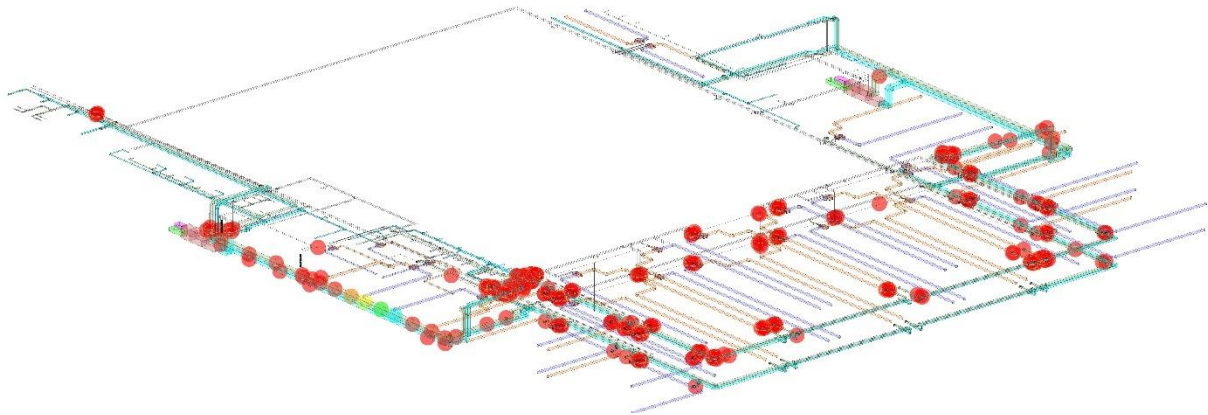






## CAPITOLO 4

### Controllo Interferenze



*""La logica vi porterà da A a B.  
L'immaginazione vi porterà dappertutto.""*

*Albert Einstein*



## 4.1. Definizioni

### 4.1.1. Clash Detection

Nello sviluppo di un flusso digitale per la realizzazione di un modello BIM federato, attività fondamentali per una corretta integrazione dei vari modelli sono la verifica e la gestione delle interferenze e delle incoerenze. Come spiegato nel paragrafo 1.5 le analisi delle *interferenze geometriche e spaziali* sono descritte come le analisi delle possibili interferenze geometriche tra oggetti, modelli ed elaborati rispetto ad altri, e sono note con il termine inglese **Clash Detection**. Esistono 3 tipologie di Clash Detection:

- **Hard Clash**, quando elementi occupano lo stesso spazio fisico. In questo caso è necessario richiedere la rielaborazione di uno o più modelli digitali confrontati.
- **Soft Clash**, quando gli elementi risultano incompatibili tra loro da un punto di vista geometrico, perché invadono il reciproco spazio necessario al montaggio o alla manutenzione. In questo caso è possibile rimandare la risoluzione del conflitto direttamente in fase costruttiva, senza rielaborare i modelli digitali.
- **4D/Workflow clash**, quando gli elementi sono temporalmente tra loro non ammissibili. Ad esempio, se si pensa a un arredo che per le sue dimensioni dovrà essere introdotto in un ambiente prima dell'ultimazione dei tramezzi: in questo caso è opportuno risolvere la questione apponendo un opportuno Mark up in corrispondenza degli elementi interessati, senza rielaborazione dei modelli digitali.

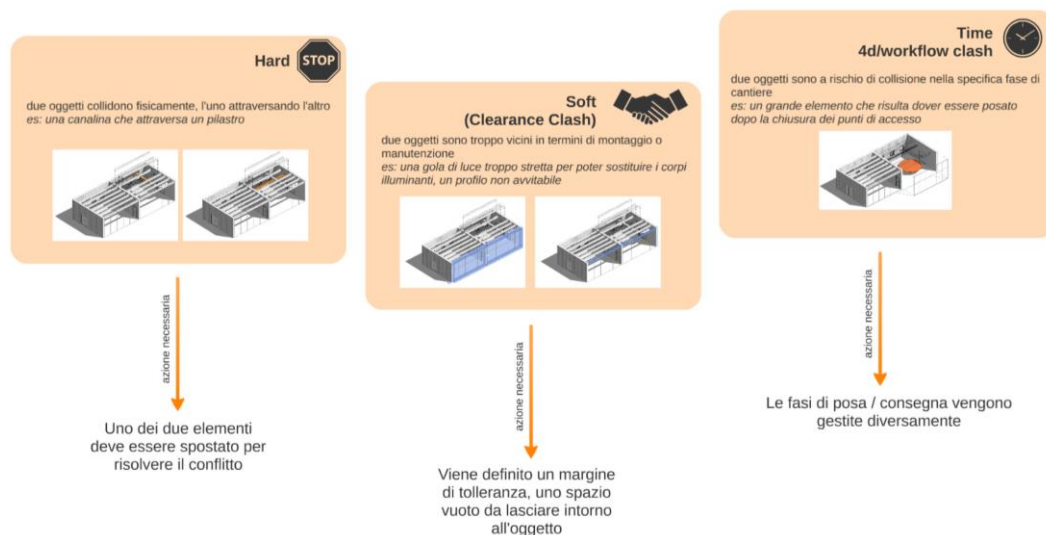


Figura 4.1. Tipologie Clash Detection

Individuate le tipologie d'interferenza è necessario definire come gestirle e risolverle. A queste categorie di Clash Detection è collegato il concetto di **Collision Level**, che gestisce quando e come i vari tipi di Clash Detection devono essere risolti dalle varie discipline. Il *Livello 1* è quello con la massima criticità e deve essere risolto



immediatamente all'interno del modello. Il *Livello 2* ha un'alta criticità ma può essere risolto in fase di riunione di coordinamento. Il *Livello 3* comprende collisioni importanti in continuo divenire ed è accettabile che vengano risolte in chiusura di una fase. È da ricordare che queste categorie vengono applicate in un ambiente collaborativo, un ambiente in cui il modello viene condiviso regolarmente tra le varie discipline e non semplicemente consegnato in chiusura di fase.

Figura 4.2. Collision Level

#### 4.1.2. BIM Coordinator

Nella gestione di un processo BIM e in particolare nella validazione e verifica formale del contenuto informativo la figura principale professionale coinvolta è il **BIM Coordinator**, il coordinatore dei flussi informativi di commessa. Egli opera interfacciandosi in linea diretta con il BIM Manager della sua organizzazione e coordinando le attività del team di BIM Specialist in relazione alla disciplina progettuale interessata. Il BIM Coordinator gestisce in prima persona i processi digitali dell'organizzazione, supporta il BIM Manager nella redazione documentale, gestisce le interferenze e i conflitti, definisce e gestisce le regole di controllo e verifica preliminarmente e valida, successivamente, i modelli. Nel lavoro di tesi è stato simulato il flusso BIM dello scambio di informazioni, definendo quali siano le figure professionali responsabili per ogni attività e i prodotti coinvolti, essenziale per rispondere a un capitolato informativo. Il flusso è composto da tre parti, rispettivamente *Reference Info*, i dati di input, *Process*, il processo di sviluppo e *Products*, tutto quello che verrà prodotto. Ogni fase del *Process* è composta da tre parti che specificano l'azione, l'attore coinvolto e il grado di competenza per svolgere quella azione.

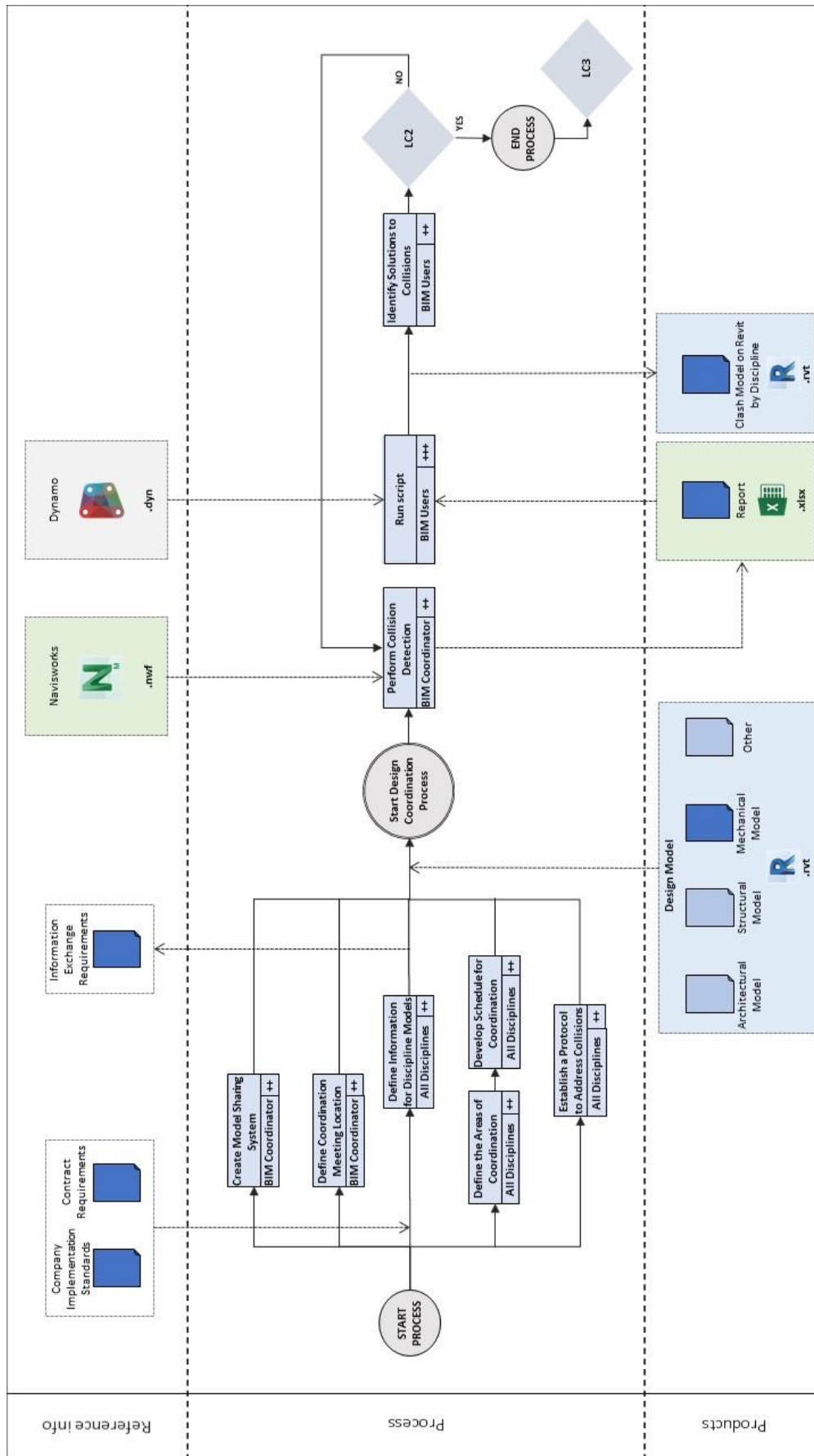


Figura 4.3. Flusso BIM di coordinamento

## 4.2. Clash Detection su Navisworks Manage

### 4.2.1. Navisworks Manage

L'utilizzo di software specifici per effettuare queste verifiche permette di velocizzare i tempi e limitare gli errori, migliorando l'efficienza della progettazione edilizia. In questo modo i potenziali errori vengono individuati in anticipo e viene garantita una performance affidabile nelle applicazioni successive attraverso un modello informativo che realizza una gestione delle informazioni pienamente coordinata. Il software utilizzato nello svolgimento di questa tesi è stato **Autodesk Navisworks Manage**, nella versione 2019.

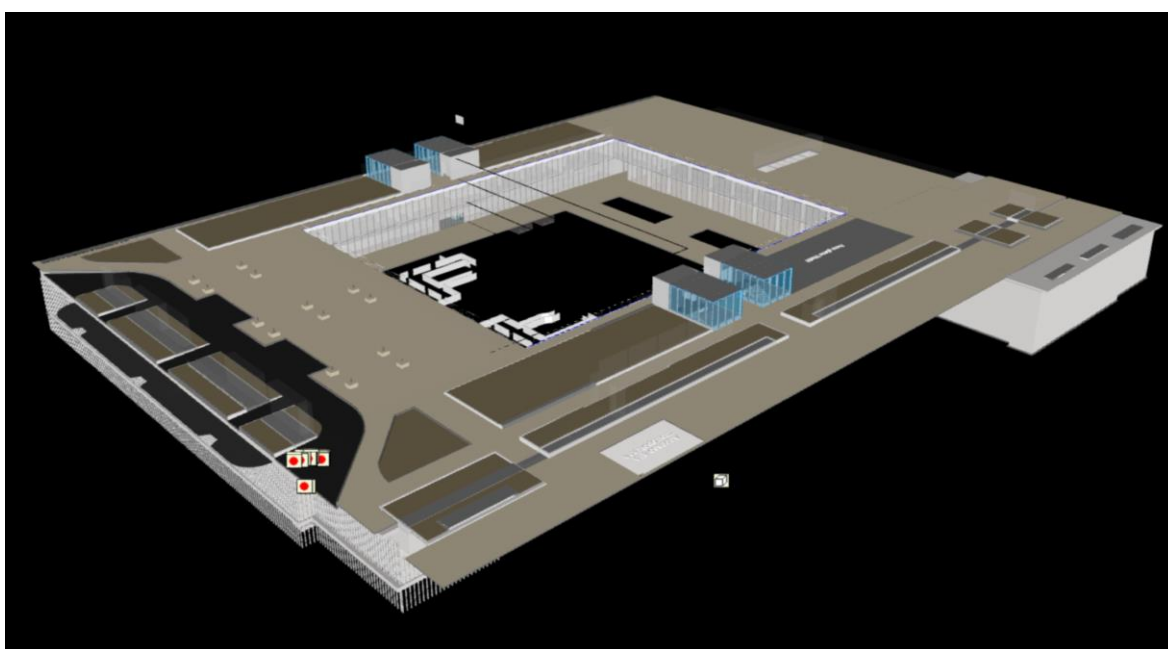


Figura 4.4. Vista modello di coordinamento in Naviswork Manage 2019

La piattaforma di Autodesk unisce la coordinazione dei modelli ad elementi di 4D e 5D BIM per andare ad effettuare non solo controlli di interferenze ed incoerenze tra modelli aggregati e federati, ma anche simulazioni delle diverse fasi di progetto, dalla progettazione alla messa in opera. Inoltre, il software è in grado di produrre un elenco di tutte le interferenze rilevate nel progetto, verificando la presenza di coordinamento temporale e spaziale.

#### 4.2.2. Level 1 validation – Verifica duplicati

Esportati i modelli dell'impianto meccanico, architettonico e strutturale in formato .nwc in Navisworks, si proceduto con il **primo livello di validazione**. Infatti, per prima cosa è importante controllare che non ci siano duplicati nel modello. Occorre fare un Clash di tipo *Duplicati* per tutti i modelli disciplinari importati e controllare se dai risultati vi siano duplicati.

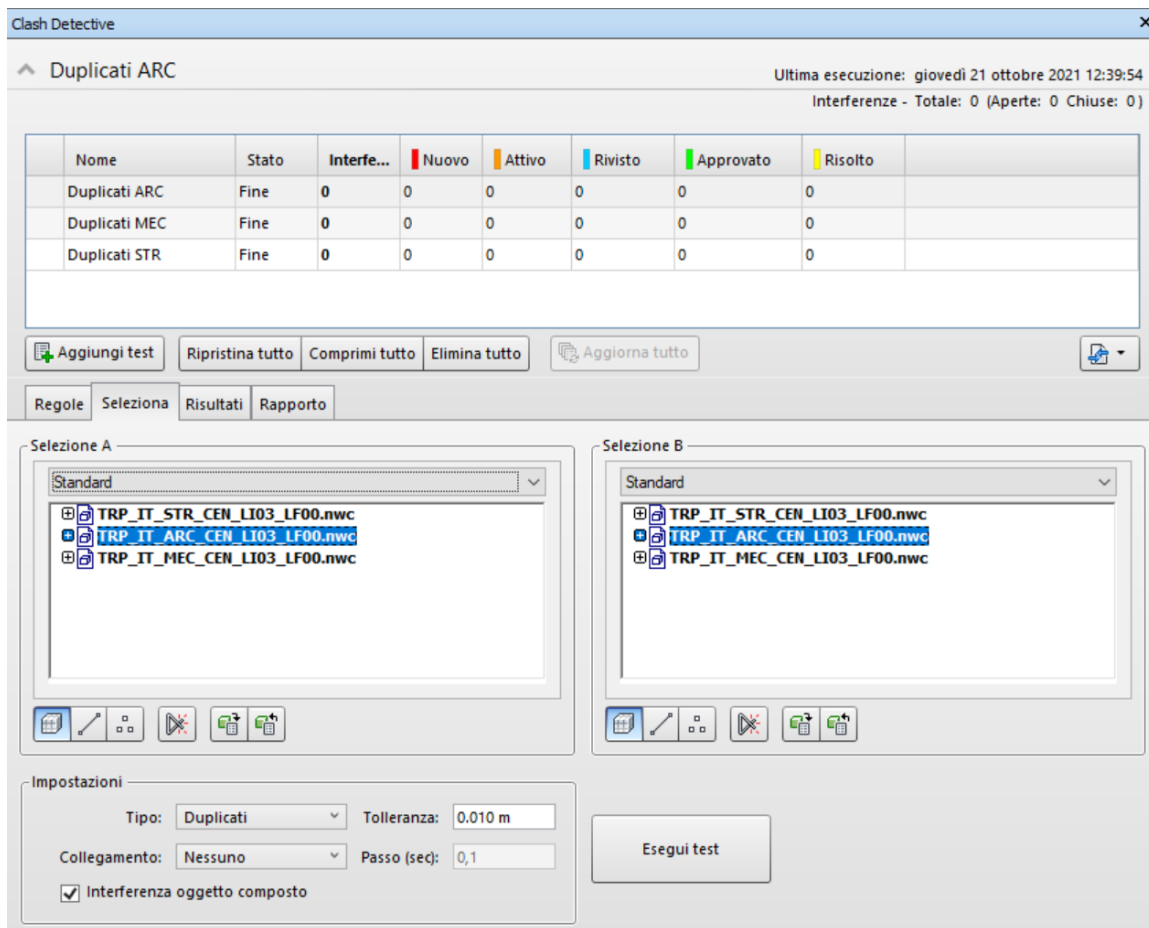


Figura 4.5. Clash Detection, Duplicati Navisworks Manage 2019

Come si può osservare dai risultati non vi sono duplicati.

#### 4.2.3. Level 2 validation – Clash Detection per intersezione

Il **secondo livello di validazione** è a livello di coordinamento. In questa fase sono stati effettuati i test d'interferenza tra le varie discipline, e quindi tra file diversi, andando

a fare un controllo dell'interferenze statiche tra i sistemi seguendo alcuni passaggi. Per prima cosa è stato aggiunto il test d'interferenza cliccando su tasto *Aggiungi Test*. Dopodiché è stato rinominato il test da effettuare in modo da seguire una nomenclatura che lo distingua da altri test. A questo punto si sono selezionati i due file che si vogliono confrontare: nel caso in esame per primo l'impianto meccanico (MEC) con lo strutturale (STR) e poi l'impianto meccanico con l'architettonico (ARC). Prima di effettuare la Clash sono state modificate le impostazioni: si è scelto di utilizzare il tipo di Clash *Per intersezione* con tolleranza pari a 0,01 m. A questo punto è stato possibile eseguire la Clash attraverso il comando *Esegui test*.

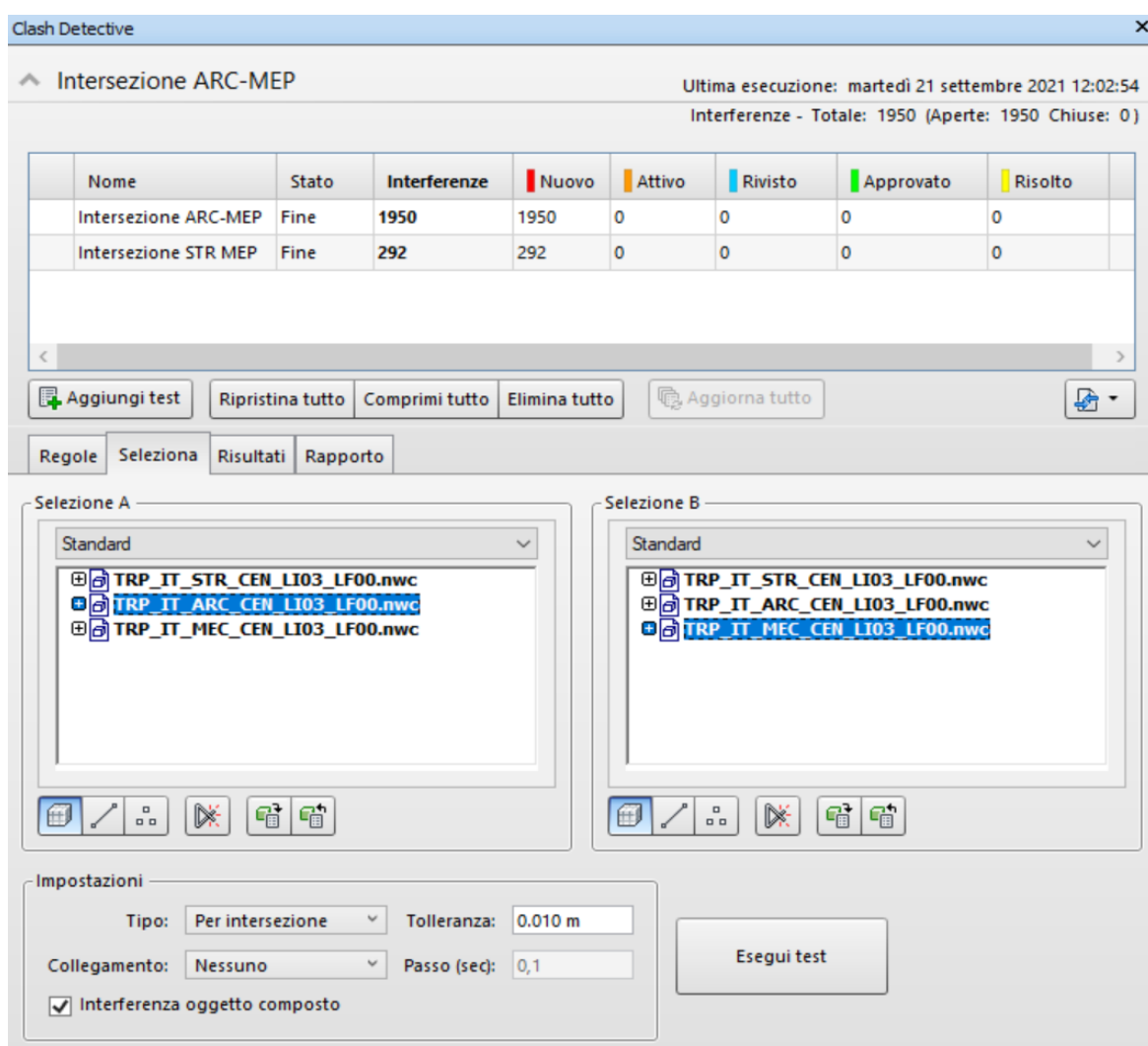


Figura 4.6. Clash Detection, Intersezione Navisworks Manage 2019



Dai risultati si può osservare che le interferenze trovate risultano essere tutte della categoria *Hard* e perciò vanno risolte sin dalle prime fasi, andando a modificare, spostando o sostituendo, gli elementi causa del conflitto.

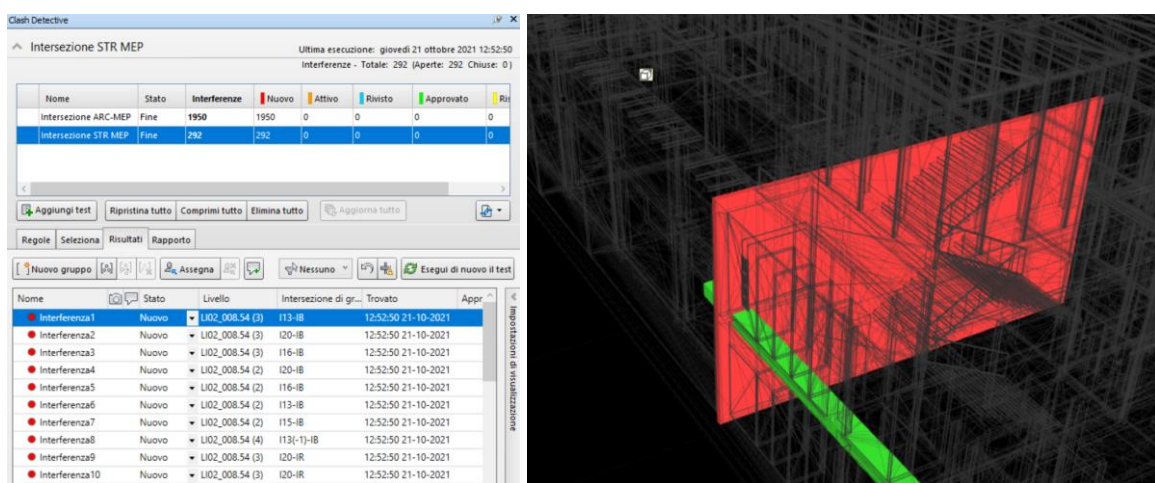


Figura 4.7. Esempio Clash trovata Navisworks Manage 2019

Una volta terminato il test e visionato i risultati è possibile scaricare il *Report*, ossia il rapporto della Clash Detection in formato tabellare HTML.

AUTODESK NAVISWORKS		Rapporto sulle interferenze									
Intersezione ARC-MEP		Tolleranza	Interferenza	Nuovo	Attivo	Rivista	Approvata	Risolta	Stato	Tipo	
		0.000	1950	1950	0	0	0	0	0	0 Per intersezione CLS	
Immagine	Nome Interferenza	Stato	Distanza	Posizione griglia	Descrizione	Data rilevamento	Punto di interferenza	ID elemento	Layer	Elemento 1	Elemento 2
	Interferenza1	Nuovo	1.12	13-B	Per intersezione	2022/9/21 10:02	x=40.367, y=48.625, z=5.790	02 elemento: 7516377	002_008.54	File = File TRIP_11_MEC_CEN_1003_1500.mec > 002_008.54 > Muro di base > PA_13 > Muro di base > Bloccetti CLS	Bloccetti CLS
	Interferenza2	Nuovo	0.943	13-B	Per intersezione	2022/9/21 10:02	x=40.378, y=48.670, z=5.790	02 elemento: 7629182	002_008.54	File = File TRIP_11_MEC_CEN_1003_1500.mec > 002_008.54 > Muro di base > PA_13 > Muro di base > Bloccetti CLS	Caronella Bianca
	Interferenza3	Nuovo	0.906	15-F	Per intersezione	2022/9/21 10:02	x=1.386, y=46.281, z=5.840	02 elemento: 7757380	002_008.54	File = File TRIP_11_MEC_CEN_1003_1500.mec > 002_008.54 > Muro di base > PA_13 > Muro di base > Bloccetti CLS	0 (Intonaco + Integrazione)
	Interferenza4	Nuovo	0.803	15-F	Per intersezione	2022/9/21 10:02	x=0.775, y=47.068, z=4.868	02 elemento: 6401805	002_008.54	File = File TRIP_11_MEC_CEN_1003_1500.mec > 002_008.54 > Muro di base > PA_13 > Muro di base > Bloccetti CLS	0
	Interferenza5	Nuovo	0.783	15-F	Per intersezione	2022/9/21 10:02	x=8.278, y=46.431, z=5.840	02 elemento: 6401848	002_008.54	File = File TRIP_11_MEC_CEN_1003_1500.mec > 002_008.54 > Muro di base > PA_13 > Muro di base > Bloccetti CLS	Blocco Ytong
	Interferenza6	Nuovo	0.783	15-F	Per intersezione	2022/9/21 10:02	x=6.008, y=46.501, z=5.840	02 elemento: 6401848	002_008.54	File = File TRIP_11_MEC_CEN_1003_1500.mec > 002_008.54 > Muro di base > PA_13 > Muro di base > Bloccetti CLS	0
	Interferenza7	Nuovo	0.768	10-H	Per intersezione	2022/9/21 10:02	x=30.845, y=39.370, z=5.340	02 elemento: 6401848	002_008.54	File = File TRIP_11_MEC_CEN_1003_1500.mec > 002_008.54 > Muro di base > PA_13 > Muro di base > Bloccetti CLS	334/Solido
	Interferenza8	Nuovo	0.768	10-H	Per intersezione	2022/9/21 10:02	x=30.845, y=39.370, z=5.340	02 elemento: 6401848	002_008.54	File = File TRIP_11_MEC_CEN_1003_1500.mec > 002_008.54 > Muro di base > PA_13 > Muro di base > Bloccetti CLS	545/Solido
	Interferenza9	Nuovo	0.757	10-H	Per intersezione	2022/9/21 10:02	x=3.245, y=41.430, z=5.790	02 elemento: 6401848	002_008.54	File = File TRIP_11_MEC_CEN_1003_1500.mec > 002_008.54 > Muro di base > PA_13 > Muro di base > Bloccetti CLS	362/Solido

Figura 4.8. Stralcio Report Clash Detection, Intersezione ARC-MEP

A questo punto il BIM Coordinator dovrà inviare i risultati ai BIM Specialist, i quali dovranno attuare le modifiche.

### 4.3. BIM Collaboration Format (BCF)

La progettazione nel settore delle costruzioni prevede la collaborazione tra diversi team specialistici. Durante le revisioni progettuali nascono problematiche differenti che devono essere indirizzate ai diversi membri appartenenti a vari team. La norma UNI propone anche la redazione di report di sintesi delle criticità individuate, utilizzabili per la trasmissione delle correzioni necessarie da apportare ai singoli modelli affinché si possa progredire nella loro aggregazione. Ogni squadra opera con il proprio software per realizzare un modello digitale contenente le informazioni frutto dell'analisi del suo ambito specialistico (es. strutturale, architettonico, impiantistico, ecc.). Serve dunque un formato comune che consenta alle varie figure coinvolte di comunicare nella stessa lingua per lo scambio dei modelli digitali. Il formato standard preposto è il formato IFC che contiene dati collegati alle entità modellate ma non è un formato ideato per lo scambio di report documentali o workflows. Inoltre, il formato IFC non è concepito per trasmettere il concetto di insieme di parametri e di componenti, ma per rendere possibile lo scambio di informazioni (geometriche ed alfanumeriche) tra i vari professionisti che si ritrovano a collaborare durante lo sviluppo di un progetto. Durante l'esportazione, le proprietà e i valori associati vengono conservati, ma non saranno più in grado di definire il comportamento o di influenzare la geometria delle varie entità, poiché questa capacità viene persa durante l'esportazione. La norma UNI suggerisce l'uso di un altro formato, il **BCF** o **BIM Collaboration Format**, un formato aperto che permette l'aggiunta di commenti testuali, screenshot ed altre informazioni all'interno del modello per garantire una migliore comunicazione tra i vari gruppi che partecipano alla realizzazione di un progetto.



Figura 4.9. BIM Collaboration Format

L'uso di questo formato consente di ottimizzare i flussi di scambio informativo senza la necessità di trasferire modelli BIM di grandi dimensioni e di agevolare l'uso di differenti software invece di avere la necessità di utilizzare un solo ambiente di modellazione. Il formato BCF ci consente di comunicare eventuali incongruenze riscontrate, di comunicarle sotto forma di report per richiedere in sostanza una modifica del modello digitale (da effettuarsi nel software di BIM authoring utilizzato) e una ricondivisione dello stesso.

#### 4.3.1. BIM Collab

La piattaforma BIM tools **BCF Manage BIM Collab** è un plugin disponibile per tutte le più popolari applicazioni BIM come Navisworks e Revit. Questa piattaforma permette di creare, modificare, filtrare, commentare e risolvere le problematiche riscontrate direttamente sul modello BIM senza trasferire i dati da un modello all'altro.



Figura 4.10. BIM Collab per applicazioni BIM

I vantaggi sono molteplici: permette di impostare delle scadenze ai problemi, aggiungere commenti, assegnarli ai membri del team che ricevono direttamente una notifica via e-mail; traccia i progressi, infatti attraverso grafici semplici e illustrativi si ha una visione immediata del carico di lavoro e dei progressi del team; crea rapporti di problemi o liste di attività in formato PDF e XLS e permette di impostare filtri; si può usare uno dei quattro ruoli per definire i diritti dei membri del team e assegna i proprietari del progetto o dell'area per ricevere nuove questioni o definire chi deve approvare le questioni prima che vengano chiuse.

Per il progetto di tesi è stato installato e utilizzato per i softwares Naviswork e Revit. Una volta installato è stato possibile collegarsi e creare un nuovo progetto per utilizzare i BCF creati. Per l'utilizzo del BCF è stato utilizzato uno scambio basato su WEB, ossia un implementazione di un server BCF con la possibilità che questo sia anche il server BIM centrale, che memorizza tutti i dati BCF e consente ai partecipanti di sincronizzare la creazione, la modifica e la gestione dei BCF in un'unica posizione centralizzata.

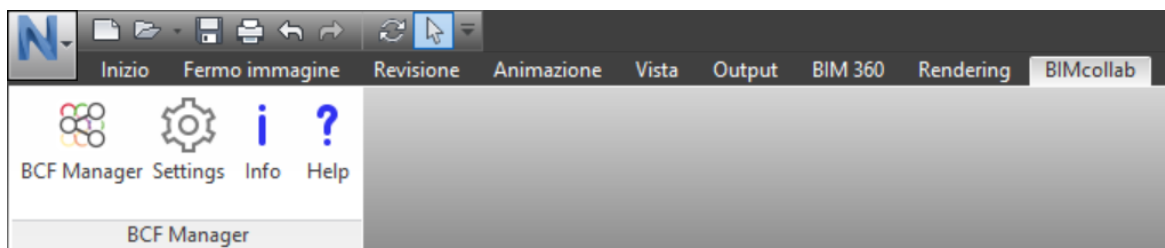


Figura 4.11. BIM Collab su Naviswork Manage 2019

Il *BCF Manager* per **Navisworks** permette di importare migliaia di Clashes in una sola volta dalla Clash Detection o da punti di vista salvati. I metadati possono essere facilmente aggiunti alle descrizioni e ai commenti delle intersezioni. Il workflow seguito è il seguente:

- a) Il BIM Coordinator si connette al *BIMcollab* cliccando su *BCM Manage > Connect to BIMcollab project*;
- b) Inserisce le credenziali *nome* e *password* e clicca su *Connect*. Poi seleziona il progetto desiderato;
- c) Importa le interferenze riscontrate, cliccando su *Import Issues* e poi su *Next*;

- d) Prima di procedere con l'importazione si selezionano le impostazioni corrette e poi si clicca su *Import*;
- e) Vengono quindi visualizzate le interferenze importate e quindi si procede con *Publish issues*.

Il *BCF Manager* per **Revit** invece segue il seguente workflow:

- a) Il BIM Specialist apre il modello di coordinamento del progetto;
- b) Si connette a *BIMcollab* cliccando su *BCM Manage > Connect to BIMcollab project*;
- c) Inserisce le credenziali *nome* e *password* e clicca su *Connect*. Poi seleziona il progetto;
- d) Visualizza le interferenze trovate dal BIM Coordinator e anche i relativi commenti. Facendo doppio click sull'interferenza da risolvere è possibile visualizzare l'elemento del modello da modificare,
- e) A questo punto risolta l'interferenza si clicca su *Resolve*;
- f) Si sincronizza e si clicca su *Publish now*.

Il BIM Coordinator andrà a controllare e sincronizzare su *BIMcollab* le interferenze risolte e il processo sarà iterativo fino a quando tutte le Clash saranno state risolte.

## 4.4. Clash Detection su Revit con l'utilizzo di Dynamo

### 4.4.1. Dynamo

Dynamo è un'applicazione open source per il visual programming. Può essere utilizzata autonomamente ed essere utilizzata come plugin per Revit. È un'interfaccia di programmazione grafica che consente di personalizzare il flusso di lavoro relativo alle informazioni edilizie. Gli utenti che ne usufruiscono possono definire a livello visivo le sequenze di funzionamento, creare parti di codice personalizzate e creare script con vari linguaggi di programmazione testuale. Dopo aver installato l'applicazione, Dynamo consente di lavorare all'interno di un processo di programmazione visiva in cui si collegano gli elementi per definire le relazioni e le sequenze di azioni che

compongono algoritmi personalizzati. Si possono utilizzare gli algoritmi per una vasta gamma di applicazioni, dall'elaborazione dei dati alla generazione della geometria, il tutto in tempo reale e senza dover scrivere una riga di codice.



Figura 4.12. Dynamo

Il fulcro centrale del presente elaborato della tesi è l'utilizzo di Dynamo per l'utilizzo della Clash Detection su Revit. In genere il BIM Coordinator importa direttamente le interferenze riscontrate con Navisworks all'interno di BIMcollab. In questo caso invece è stato usato **Dynamo** che consente agli utenti di operare con le Clash trovate su Navisworks senza l'utilizzo del software stesso. Inoltre, Navisworks ha la capacità di visualizzare le interferenze in modo "nativo" e in genere non ti consente di visualizzare il rilevamento delle interferenze ma solo il rapporto. L'utilizzo di Dynamo per la realizzazione di un nuovo modello in Revit relativo alla Clash Detection è un modo per colmare questo divario e di conseguenza è anche più veloce rispetto all'utilizzo di BIM Collab che richiede continuamente di saltare tra i programmi ogni volta che si debba risolvere un'interferenza. È un modo più semplice per gli utenti anche per il fatto che tiene traccia se hanno risolto le interferenze perché gli utenti stessi possono esaminare ed eliminare i *markers* mentre procedono piuttosto che dover continuare a contrassegnare un *Report* in Excel che richiede molto più tempo.

Da questo punto di vista è stata elaborata una matrice di confronto con il formato BCF incentrata sui seguenti punti:

- **Indipendenza**, ovvero la capacità di sussistere e di operare in base a principi di assoluta autonomia;
- **Interoperabilità**, ovvero la capacità di condividere e scambiare informazioni tra i diversi attori coinvolti nel processo edilizio senza alcuna perdita di dati;

- **Interfaccia**, ovvero la modalità grafica con cui il formato si presenta all'interno di un programma sullo schermo all'utente;
- **Clash Detection**, ovvero le analisi delle possibili interferenze geometriche tra oggetti, modelli ed elaborati rispetto ad altri.

	Formato Aperto BCF	Formato Proprietario Dynamo
<b>Indipendenza</b>	Consente l'uso di diversi software	Dipendenza da Revit, non da un altro software, per esempio Tekla
<b>Interoperabilità</b>	Garantisce l'interoperabilità tra software	L'uso di questo formato può ostacolare l'interoperabilità
<b>Interfaccia</b>	Molto semplice e immediata; non necessita di una competenza elevata per l'utilizzo	Più complessa; necessita di una competenza più elevata per l'utilizzo
<b>Clash Detection</b>	Il BIM Coordinator importa attraverso il formato BCF le interferenze su BIMcollab con i relativi commenti. Il BIM Specialist visualizza le interferenze, procede alla risoluzione e alla pubblicazione. C'è un passaggio da un software a un altro. (Navisworks-Revit)	Il BIM Coordinator rileva le interferenze con Navisworks e stampa un report. Il BIM Specialist attraverso Dynamo lancia lo script, visualizza le interferenze su Revit, procede alla risoluzione e alla pubblicazione. Non c'è un passaggio da un software a un altro. (Revit)

Figura 4.13. Matrice di confronto Formato Aperto vs Formato Proprietario

#### 4.4.2. Script Clash Detection su Revit

Una volta terminato il test su Navisworks e visionato i risultati è possibile scaricare il Report, ossia il rapporto della Clash Detection in formato tabellare html standard che si andrà a convertire in formato .xlsx. Fatto ciò, usando Dynamo si leggerà il file convertito e si posizioneranno i marker sulle coordinate contenute nell'Excel.

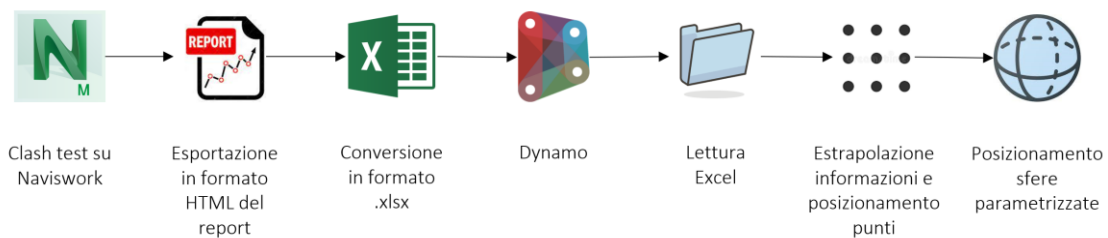


Figura 4.14. Workflow script Dynamo

Posizionare le coordinate non è così facile come sembra perché si devono trasformare le coordinate di Dynamo in coordinate di Revit attraverso la lettura di alcuni dei punti base del modello così da permettere una rotazione e/o una traslazione dei sistemi di coordinate.

Per prima cosa è stato analizzato il file del *Report* sulle interferenze generato con Navisworks Manage 2019. Il *Report* contiene tutte le Clash trovate, correlate ad un punto aventi le seguenti informazioni, generate su colonne:

- Un'immagine della Clash trovata;
- Il nome dell'interferenza;
- Lo Stato della Clash;
- Alcune informazioni sul **posizionamento** all'interno del file dell'interferenza;
- Informazioni sull'Elemento 1, tra cui l'ID dell'**elemento 1**;
- Informazioni sull'Elemento 2, tra cui l'ID dell'**elemento 2**;

Fatto ciò, è stato avviato il software Revit e dalla scheda *Gestisci* è stato aperto Dynamo. È importante notare che durante il workflow, non sono state prese in considerazione le prime sette righe del Report perché non contengono nessuna



informazione riguardo la Clash. Quindi sono state estrapolate soltanto le informazioni dalle righe che interessate. Lo script è composto da sette parti:

La prima parte permette la lettura del Report attraverso il nodo *Data.ImportExcel*, che legge i dati da un foglio di calcolo Excel riga per riga. Da notare i dati di input di questo nodo che sono il nome del foglio di lavoro all'interno del file Excel che ci interessa e le due booleane *True* a *False* che leggono le righe del foglio Excel senza visualizzarlo.

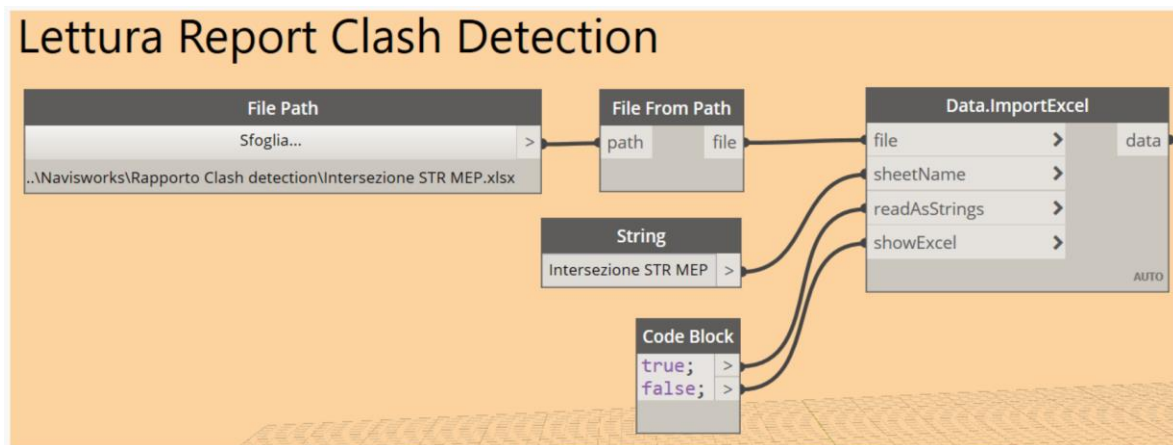


Figura 4.15. Lettura Report Clash Detection

La seconda parte permette di separare le colonne dando l'indice 7 come elenco separato. Da questo elenco si nota che il rapporto si ferma alla colonna V dell'Excel; infatti, da questa colonna in poi gli elementi della lista sono tutti *null*. Per questo motivo sono state inserite le seguenti funzioni Dynamo:

*DSCore.List.IndexOf(headers, "Nome interferenza")* : da cui otteniamo un indice in cui chiamiamo le intestazioni come una variabile e cercheremo nell'indice la colonna del nome delle Clash. Questo perché non è detto che si trovi sempre nella stessa colonna dopo l'esportazione perché magari gli utenti esportano più campi o meno, a seconda delle impostazioni su Naviswork.

*DSCore.List.IndexOf(headers, "Stato")* : da cui otteniamo un indice in cui chiamiamo le intestazioni come una variabile e cercheremo nell'indice la colonna dello Stato della Clash.

*DSCore.List.IndexOf (headers, "Punto di interferenza")* : da cui otteniamo un indice in cui chiamiamo le intestazioni come una variabile e cercheremo nell'indice la colonna dei punti della Clash.

*ID1 = DSCore.List.IndexOf (headers, "ID elemento")* : da cui otteniamo un indice in cui chiamiamo le intestazioni come una variabile e cercheremo nell'indice la colonna degli ID dell'elemento 1 della Clash.

Poi, essendoci due ID degli elementi, il secondo lo troviamo semplicemente come:

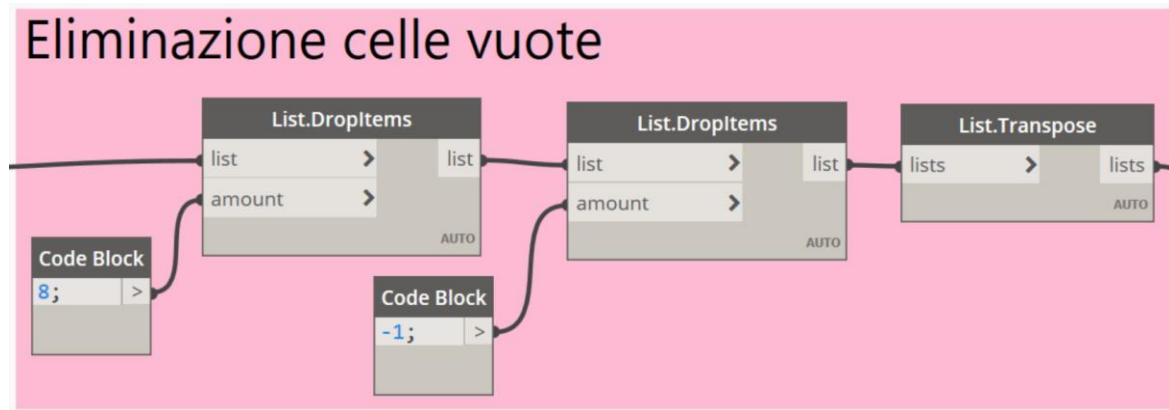
*ID2 = ID1 + 1*, perché ci sono due colonne con la stessa intestazione e nel rapporto sono una successiva all'altra. La funzione troverà la prima corrispondenza e quindi si aggiunge 1 all'indice di quello trovato.

Questo blocco restituisce gli indici delle colonne delle informazioni interessate. Per sicurezza è possibile controllare direttamente sull'Excel che siano uguali.



Figura 4.16. Campi Report Clash Detection presi in considerazione

Se a questo punto si esegue lo script si ottengono tutti i dati dall'Excel: alcune celle saranno vuote e per questo motivo si visualizzerà la stringa *null*. Per prima cosa, in questa terza parte, allora sono state eliminati i primi 8 elementi *null* o righe della tabella e l'ultima riga tramite il nodo *List.Dropitems*. L'ultima riga della tabella è stata eliminata riducendo di un fattore negativo 1 la "lista" che fondamentalmente significa andare alla fine del set dei dati e prendere quello prima dell'ultimo perché in questo modo in fondo all'elenco in realtà c'è un riga vuota che da un intero set di valori *null*, che non servono. Dopodiché sono stati trasferiti i dati in modo che le colonne e le righe si capovolgessero nella struttura della lista attraverso il nodo *List.Transpose* che permette di scambiare le righe e le colonne in una lista di elenchi.

Figura 4.17. Eliminazione elementi *Null* dal Report

Step successivo è stato usare un nodo *Code Block* per utilizzare gli indici trovati per individuare i *Nomi della Clash* nell'elenco di indice 1, lo *Stato* all'indice 2, i *Punti* all'indice 3, l'*ID1* all'indice 4 e l'*ID2* all'indice 5. L'utente, infatti, non deve fare affidamento su una tabella ordinata in un ordine ben preciso in Excel, perché potrebbe avere un ordine delle colonne ben diverso, e allora si usa Dynamo per trovare gli indici corrispondenti da quella tabella.

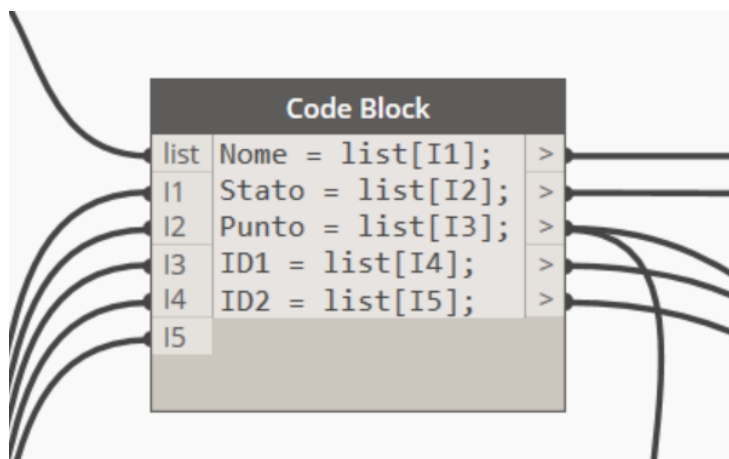


Figura 4.18. Indicizzazione Campi

Prima di andare avanti con lo script è stato controllato con un nodo *Watch* che ad esempio nella lista dei *Punti* si ha un elenco di tutti punti con 292 elementi uguale al numero dei punti sull'Excel, così come per il numero di elementi delle liste *Stato*, *Punto*, *ID1* e *ID2*. A questo punto si hanno tutti i dati in parallelo che servono per la fase successiva.



Interferenza	Status	Value	Description
Interferenza290	Nuovo	-0.012	I20-IE : LI01_004.27 Per intersezione
Interferenza291	Nuovo	-0.012	I20-IE : LI01_004.27 Per intersezione
Interferenza292	Nuovo	-0.012	I20-IE : LI01_004.27 Per intersezione

Figura 4.19. Controllo numero elementi

La quarta parte dello script permette di trasformare i punti della Clash lette dall'Excel in punti reali perché in questa fase risultano essere una stringa composta da alcune lettere e spazi vuoti. Allora è stata utilizzata una divisione di stringa, ovvero il blocco *String.Split* e con l'aggiunta di 3 separatori. In questo modo come risultato è stata ottenuto una sottolista con 3 numeri, rispettivamente le coordinate X, Y, X. Fatto ciò sono state convertite in numeri attraverso il nodo *String.ToNumber* che manterrà inoltre uguale la struttura delle sottoliste. A questo punto è necessario trasformare i punti come numeri in coordinate. Per prima cosa essendo i punti in metri sono state convertite in millimetri, unità di misura imposta sul file Revit. Successivamente è stato creato un elenco delle coordinate attraverso *List.Transpose*, in modo da avere 3 liste contenenti rispettivamente le coordinate dei punti X, Y e Z.



Figura 4.20. Conversione punti da numeri a coordinate

A questo punto è fondamentale definire un punto da tre coordinate cartesiane nel sistema di coordinate dato attraverso il nodo *Point.By.Coordinates*. L'aspettativa è che i punti siano già tutti nella posizione corretta, ma non è così. Infatti, eseguito lo script

e tornando sul modello in Revit, si ottiene un intero set di punti in una posizione sbagliata del modello.

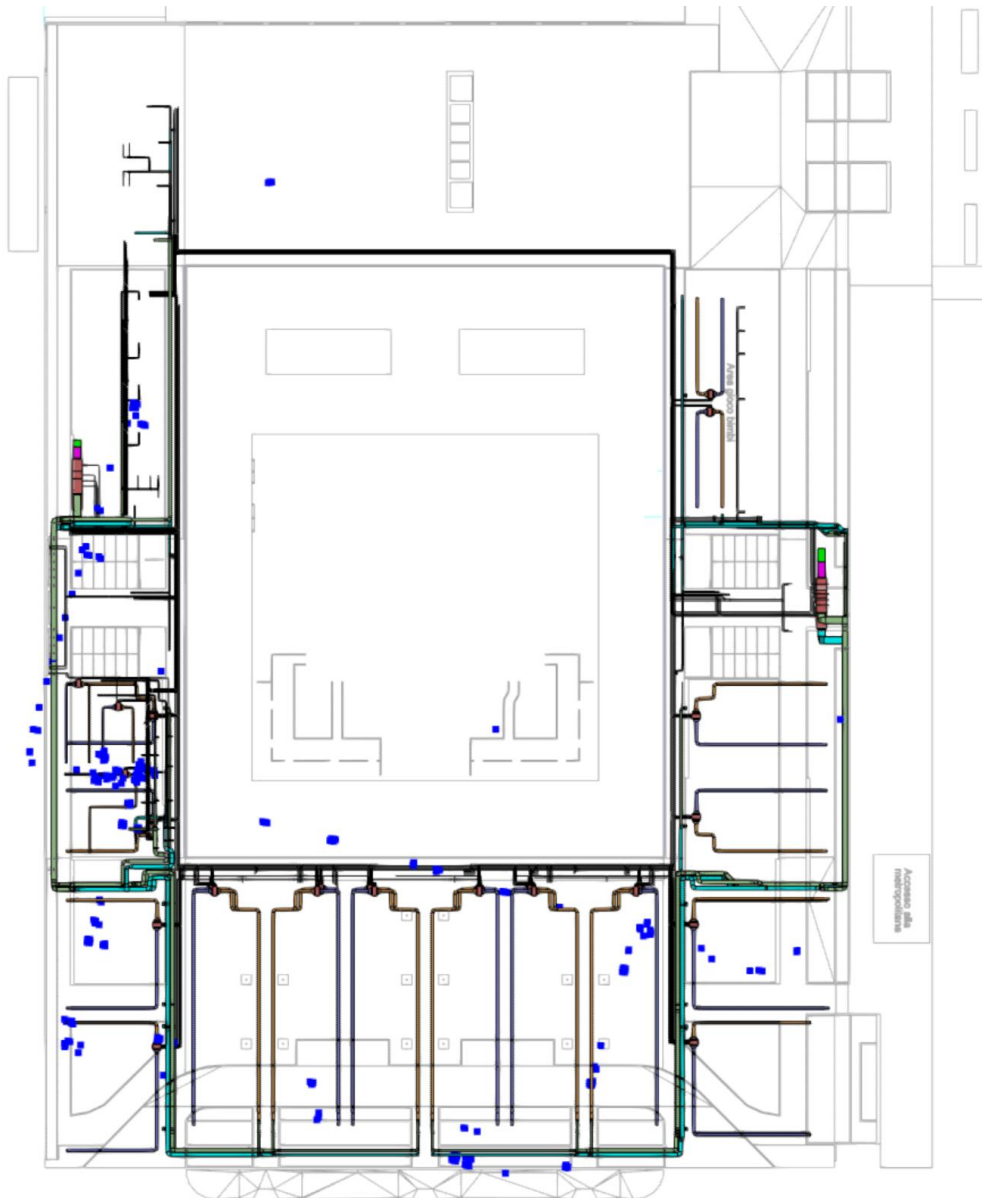


Figura 4.21. Punti della Clash sul modello, posizione errata

Infatti, lo script non tiene conto della rotazione verso il nord reale e anche del sistema di coordinate in Revit, quindi va ruotato e traslato. Quello che è stato fatto è stato convertire le coordinate di Dynamo in coordinate del modello in Revit. Per questo motivo conviene posizionare il punto base del progetto in Revit in un punto ben visibile. Per prima cosa si definisce il sistema di coordinate in Dynamo.

Prima di proseguire è stato necessario installare il pacchetto *GeniusLoc* per usufruire del nodo *Get Project Locations* con il quale è stato possibile ottenere i dati sui punti di posizione del progetto. Eseguendo lo script si visualizzano le seguenti informazioni:

- Origine;
- Rotazione verso il nord reale;
- Posizione XY dei punti base del progetto.

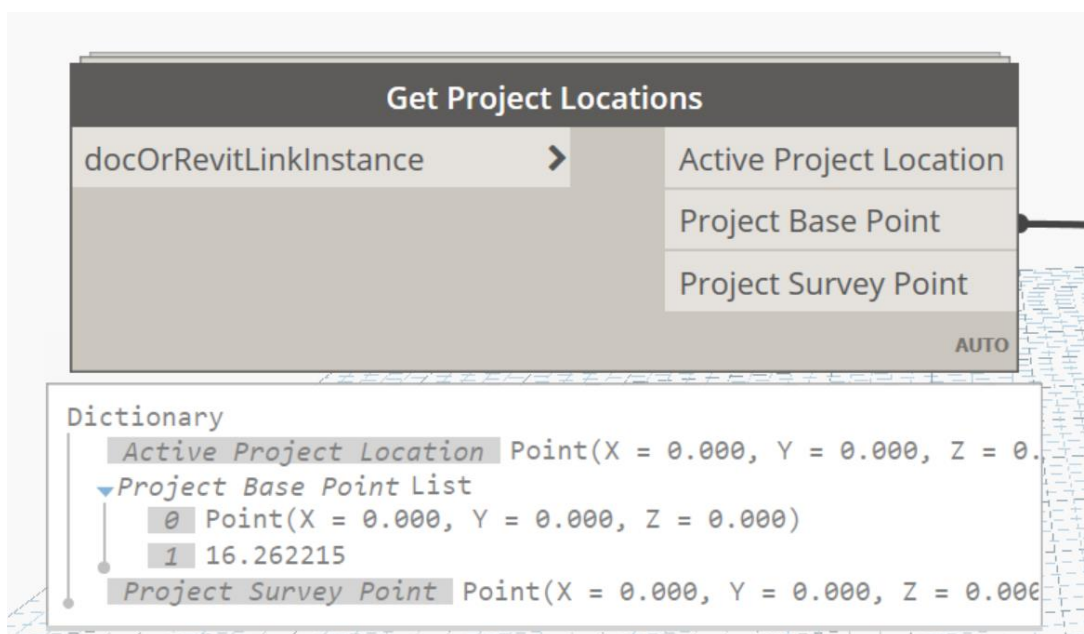


Figura 4.22. *Get Project Locations*

Si può notare come i punti siano ruotati rispetto al Nord Reale e non traslati rispetto al sistema di riferimento di Revit. Allora si è proceduto con la realizzazione di una parte dello script per la rotazione del sistema di coordinate di Dynamo. Per prima cosa è stato necessario inserire due nodi, *Plane.XY* e *Plane.ToCoordinateSystem* che rispettivamente creano un piano nel piano XY globale e un nuovo Sistema di Coordinate che rappresenta questo piano. Grazie ad essi è stato possibile capire quanto sia lontano il sistema di coordinate in Dynamo dal sistema di coordinate in Revit. Dalla lista del nodo *GetProjectLocations* è stato preso il valore della rotazione dal punto base del progetto che è l'indice 1 dell'elenco dei punti base del progetto. A questo punto si è ruotato il sistema di coordinate attraverso il nodo *CoordinateSystem.Rotate* che ha come dati di input il sistema di coordinate in

Dynamo, il punto di origine in Dynamo e attorno a questo punto andremo a ruotare di 16.262215 gradi (il pbp) prendendo come asse Z.

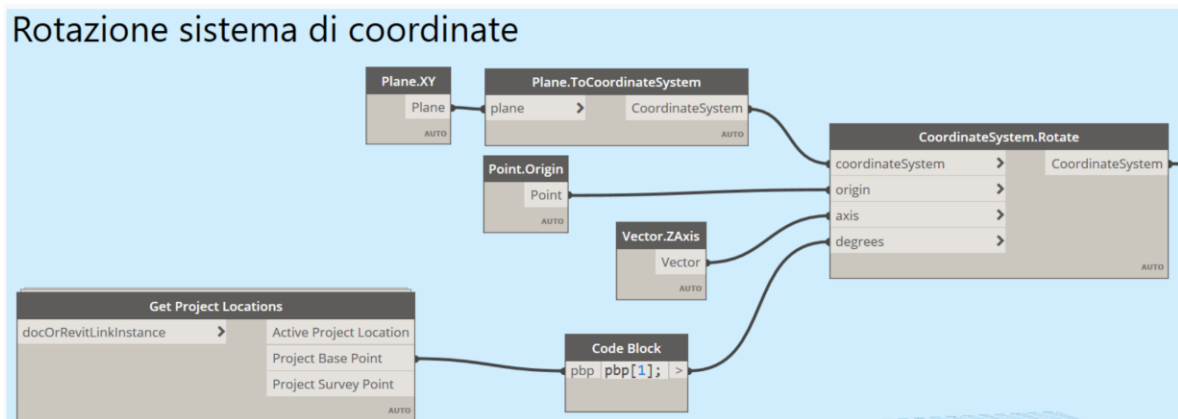


Figura 4.23. Rotazione sistema di coordinate Dynamo

Dopo aver ruotato il sistema di coordinate di Dynamo dell'angolo mostrato si è proceduto con la fase successiva, ossia la traslazione del sistema di coordinate. Come detto prima, i punti della Clash risultavano ruotati ma non traslati: a scopo illustrativo è stata creata una parte dello script per la traslazione dei punti secondo due assi.

Con un *Code Block* è stato dato lo spostamento Nord-Sud uguale al valore contenuto nella lista delle coordinate del Base Point (indicizzata 1) moltiplicata per -1 perché è stato necessario tornare indietro di quella distanza per traslare le coordinate; infatti, essenzialmente è stato riportato il sistema in Dynamo nella giusta posizione all'interno nel modello in Revit. Stessa cosa per lo spostamento Est-Ovest uguale al valore contenuto nella lista delle coordinate dell'Project Location (indicizzata 0). Prima di eseguire la traslazione, attraverso il nodo *Point.ByCartesianCoordinates* si è definito il sistema di coordinate: come dati di input sono stati immessi il sistema di coordinate e come X e Y, rispettivamente Est-Ovest e Nord-Sud. A questo punto è stato necessario trovare il vettore che collega due punti rispettivamente il punto d'origine su Revit e su Dynamo in modo da trovare la distanza tra essi. Per questo motivo è stato utilizzato il nodo *Vector.ByTwoPoints* per trovare il vettore con punto di partenza il punto d'origine del mondo Dynamo e il punto finale il punto effettivo trovato. Per trovare la distanza tra questi due punti utilizziamo il nodo *Geometry.DistanceTo*. Fatto ciò, sono stati collegati i dati di input al nodo *CoordinateSystem.Translate* ed eseguendo lo script il sistema di coordinate risultava allineato tra Dynamo e Revit.

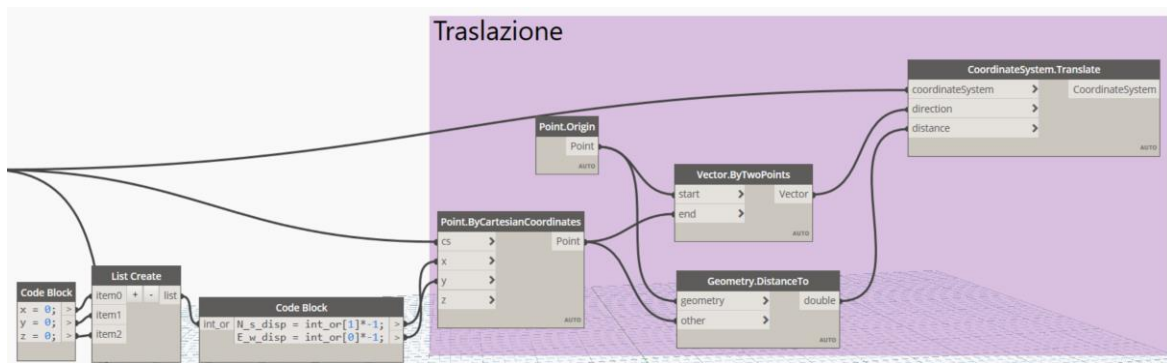


Figura 4.24. Traslazione sistema di coordinate Dynamo

A questo punto sono stati creati i punti per coordinate cartesiane utilizzando il nodo *Point.ByCartesianCoordinates* con il nuovo sistema di coordinate corretto. Eseguendo lo script è possibile visualizzare su Revit che i punti sono posizionati nella corretta posizione.

Da questo punto in poi attraverso lo script di Dynamo si andrà a posizionare su questi punti un'istanza creata su Revit, essenzialmente una sfera parametrizzata contenente dei parametri che a loro volta andremo a compilare.



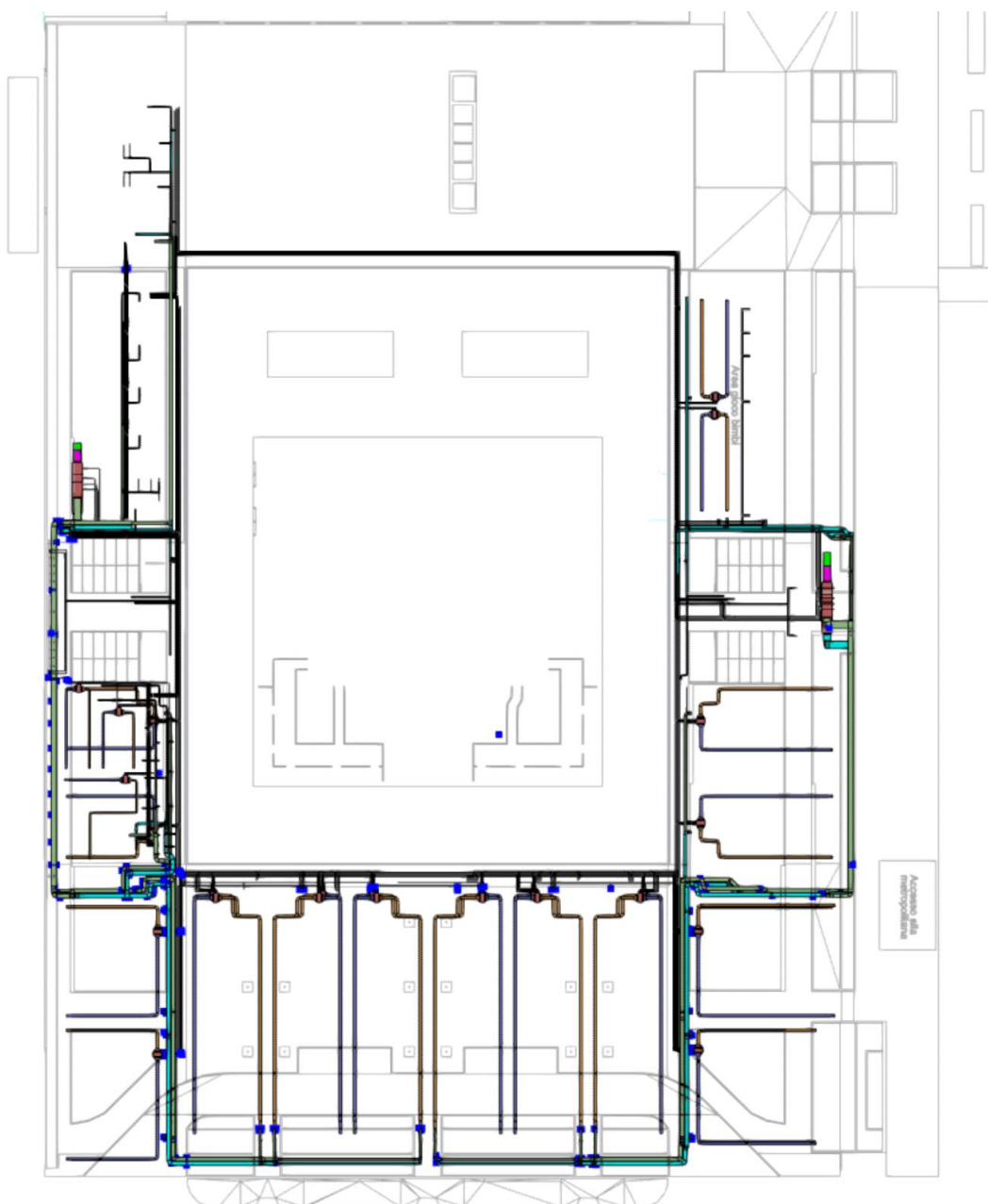


Figura 4.25. Punti della Clash sul modello, posizione esatta

È stata creata e caricata sul progetto una famiglia di *modello generico*, una **sfera adattiva** che viene generata da un profilo circolare con il punto adattivo al centro.

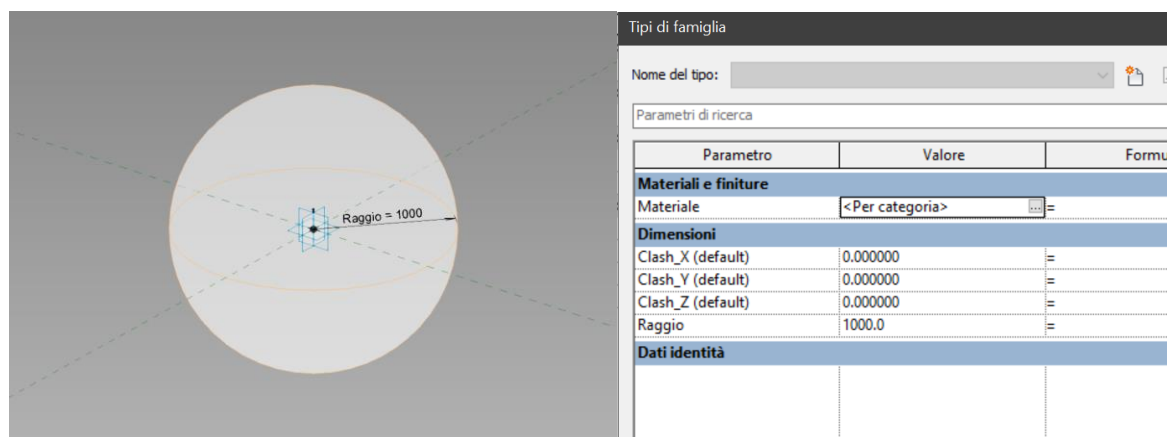


Figura 4.26. Sfera adattiva parametrizzata

A questa sfera sono stati associati i seguenti parametri, resi condivisi e successivamente importati anche sul modello, contenenti le informazioni del Report:

- *Clash\_Nome*: il nome della Clash trovata, per esempio *Interferenza101*;
- *Clash\_Stato*: lo stato della Clash, per esempio *Nuova, Attiva, Risolta* ecc...;
- *Clash\_X*: la coordinata X rispetto al sistema di coordinate;
- *Clash\_Y*: la coordinata Y rispetto al sistema di coordinate;
- *Clash\_Z*: la coordinata Z rispetto al sistema di coordinate;
- *ID1*: codice identificativo dell'elemento 1 della Clash, per esempio *6915488*;
- *ID2*: codice identificativo dell'elemento 2 della Clash, per esempio *7137341*;

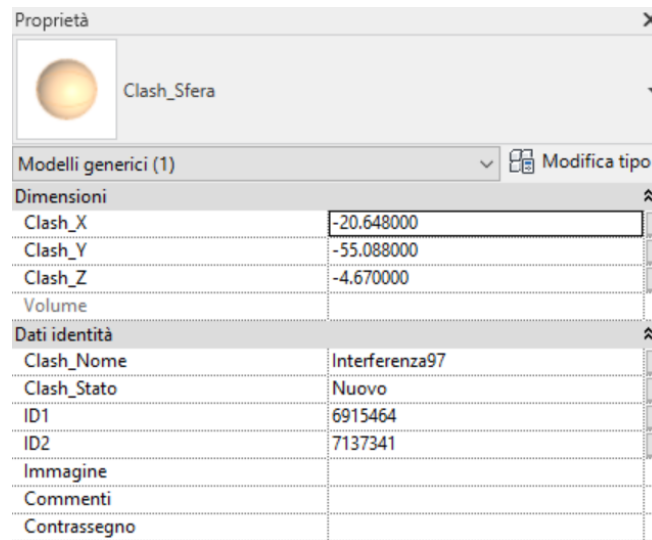
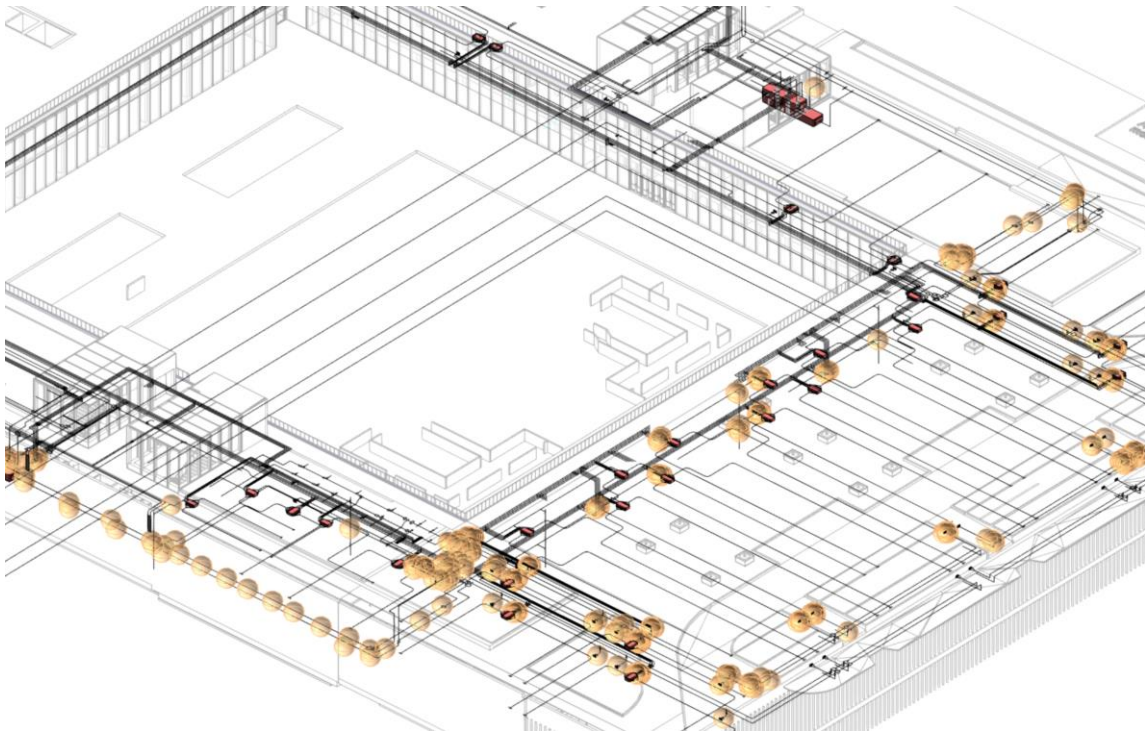


Figura 4.27. Parametri Sfera Adattiva

Creata la sfera, è stato utilizzato il nodo *Adaptive.Components.ByPoints* che permette di creare un elenco di componenti adattivi da una matrice bidimensionale di punti, ovvero andare a posizionare la sfera creata sui punti della Clash. Come dati di input sono stati inseriti le coordinate dei punti della Clash e la famiglia creata. Eseguendo lo script è possibile visualizzare le sfere create sui punti trovati precedentemente.

Figura 4.28. Sfere adattive posizionate sui punti della Clash, Livello di dettaglio *Basso*

Visualizzate le sfere sul modello e controllato che tutto sia nella corretta posizione, si è proceduto con l'ultima parte dello script, ovvero con il settaggio dei parametri condivisi. Per far ciò è stato congelato temporaneamente il nodo *Adaptive.Components.ByPoints*: questa operazione permette non eseguire la parte dello script che posiziona la famiglia nel modello, in modo tale da eseguire lo script per quelle parti che ci interessa controllare temporaneamente. Poi dopo aver concluso lo script si andrà a scongelare il nodo e ad eseguire lo script nella sua interezza. Il settaggio dei parametri condivisi si è basato sulle informazioni contenute sul report. Per far ciò è stato utilizzato il nodo *Element.SetParameterByName* che permette di inserire le informazioni del report nei parametri delle istanze create. È stato creato lo stesso nodo per tutti i parametri elencati precedentemente. Ad eccezione dei parametri ID1 e ID2 è stata aggiunto un nodo in più che consente di rimuovere la stringa "Element ID:" così da avere soltanto l'ID come numero.

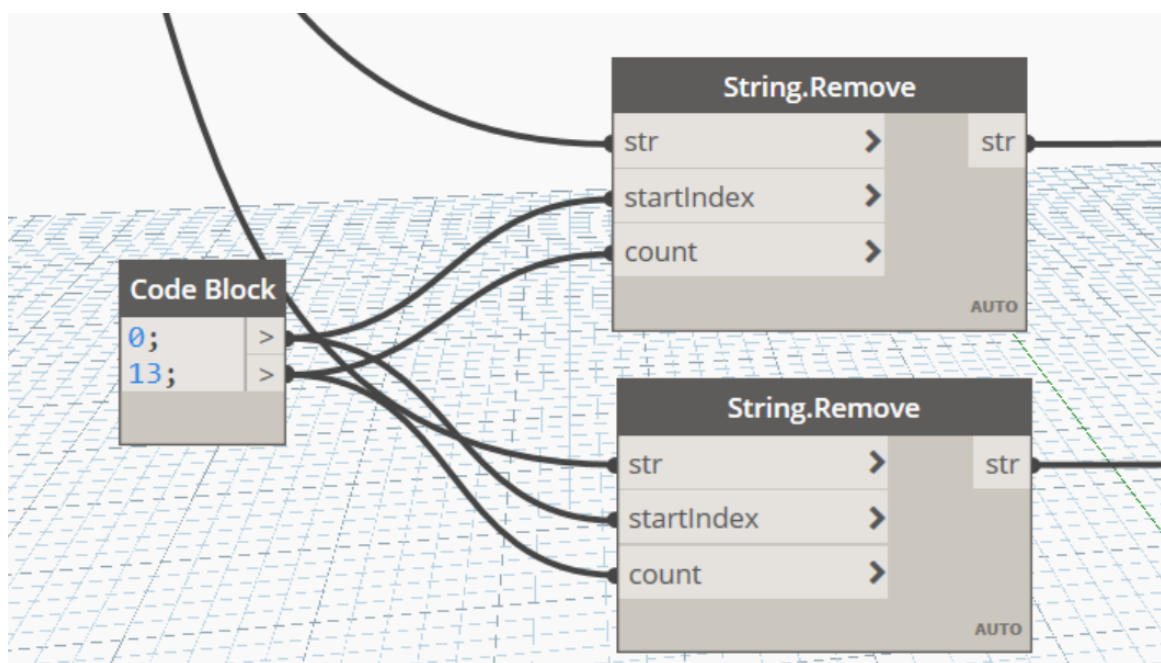


Figura 4.29. Eliminazione stringhe da ID1 e ID2

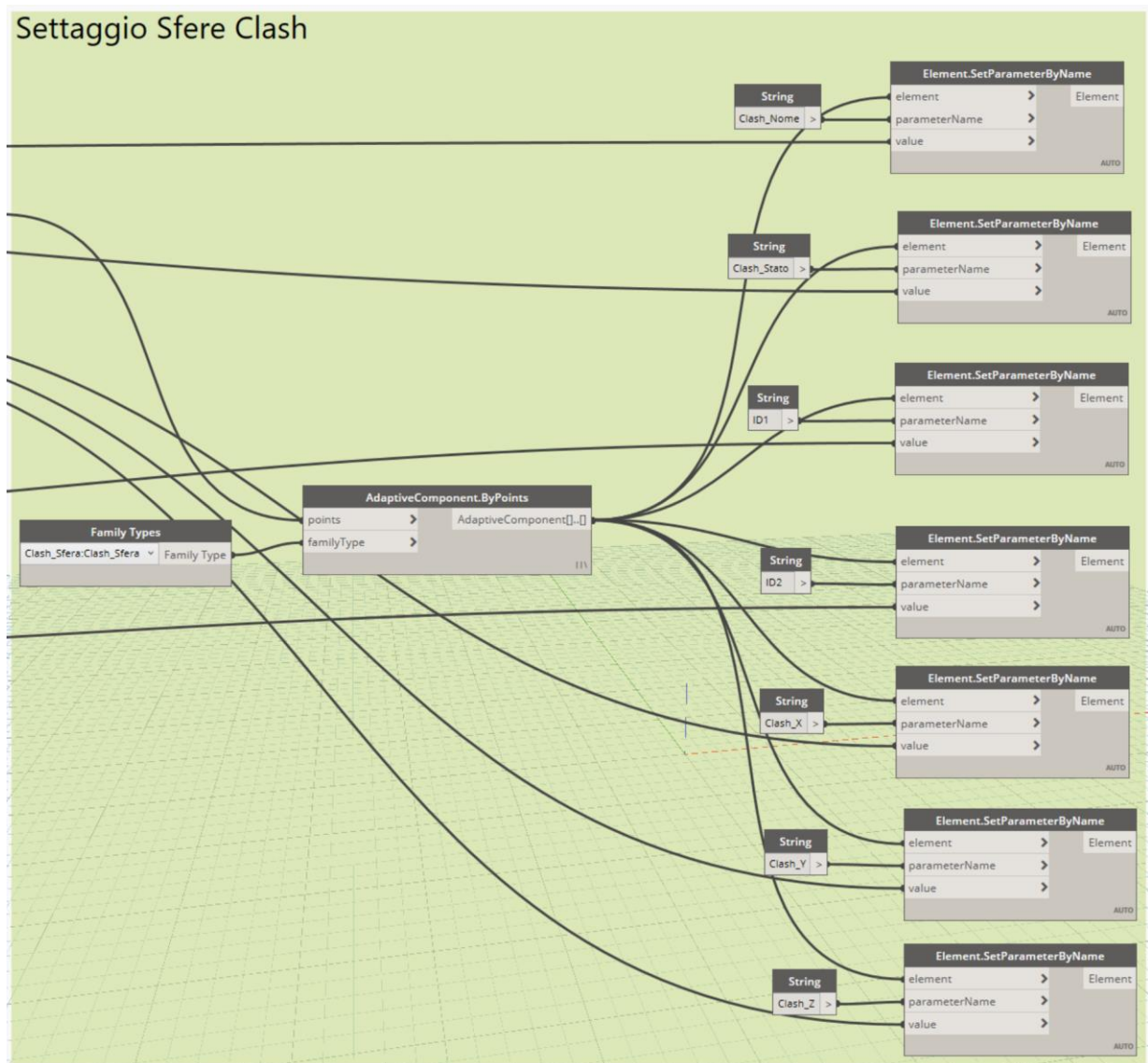


Figura 4.30. Settaggio Sfere della Clash

A questo punto, creati e settati tutte le sfere, è stato scongelato il blocco del nodo *Adaptive.Components.ByPoints* ed eseguito lo script per posizionare le sfere con all'interno tutti i dati del report su Revit.



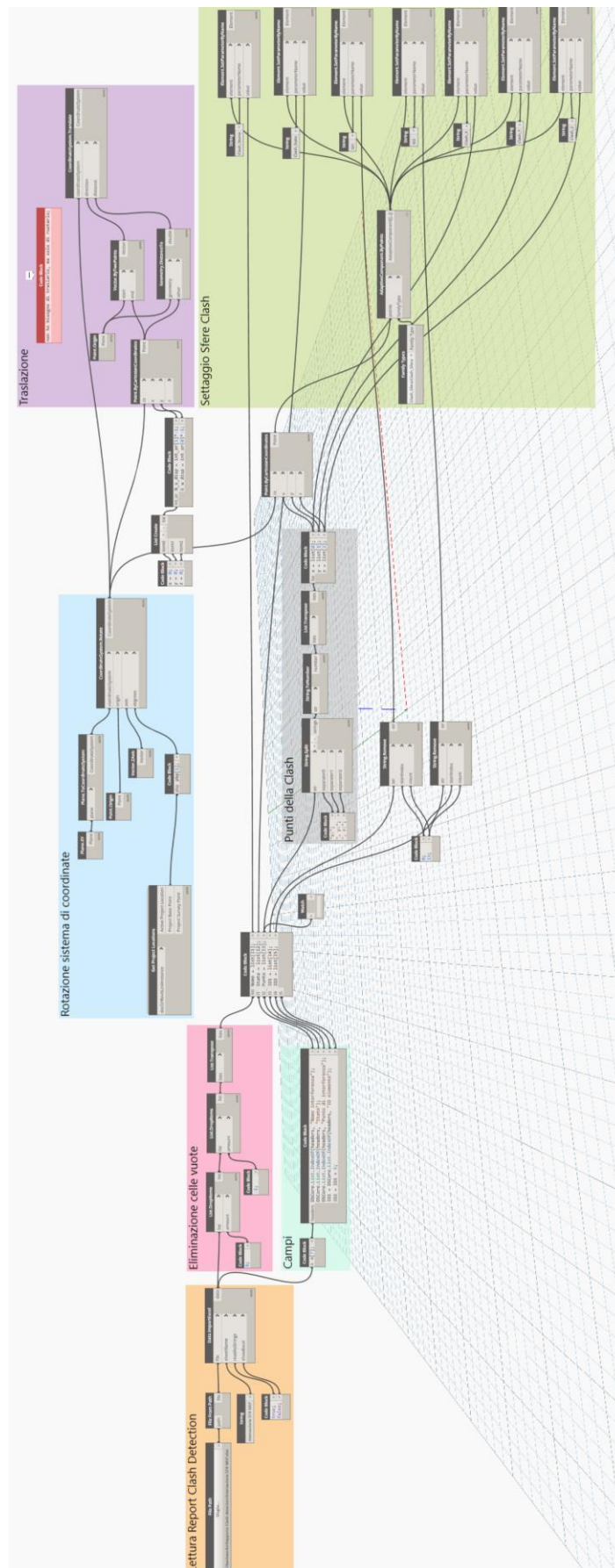


Figura 4.31. Script Dynamo per la creazione della Clash su Revit

## 4.5. Modello della Clash su Revit

### 4.5.1. Creazione e applicazione filtri

Tornando su Revit è stato verificato nuovamente che le sfere contenessero tutte le informazioni richieste e che i parametri fossero settati correttamente. Successivamente sono stati impostati dei **filtri** di visualizzazione.

Dalla scheda *Filtri* sono stati creati i seguenti filtri *basati su regole*, in modo tale da filtrare i modelli generici a seconda dello stato della Clash ed evidenziarli sul modello con un colore diverso:

- **Approvato**: un'interferenza rilevata precedentemente e approvata da un utente; se lo stato viene impostato manualmente su Approvato, l'utente attualmente connesso viene registrato come colui che ha approvato l'interferenza e come ora dell'approvazione viene utilizzata l'ora corrente del sistema e se si riesegue il test e viene rilevata la stessa interferenza, il relativo stato rimane Approvato;
- **Attivo**: un'interferenza rilevata in un'esecuzione precedente del test e non risolta;
- **Nuovo**: un'interferenza rilevata per la prima volta nell'esecuzione corrente del test;
- **Risolto**: un'interferenza rilevata in un'esecuzione precedente del test e non in quella corrente. Lo stato viene automaticamente aggiornato per indicare che il problema è stato risolto a seguito di modifiche apportate al file di progettazione; se lo stato viene impostato manualmente su Risolto e un nuovo test rileva la stessa interferenza, lo stato ridiventa Nuovo.
- **Rivisto**: un'interferenza rilevata precedentemente e contrassegnata da un utente come rivista;

Inoltre, è stato creato un filtro che controlli che tutti i modelli generici che vengono filtrati siano soltanto le sfere create e non altri modelli generici.

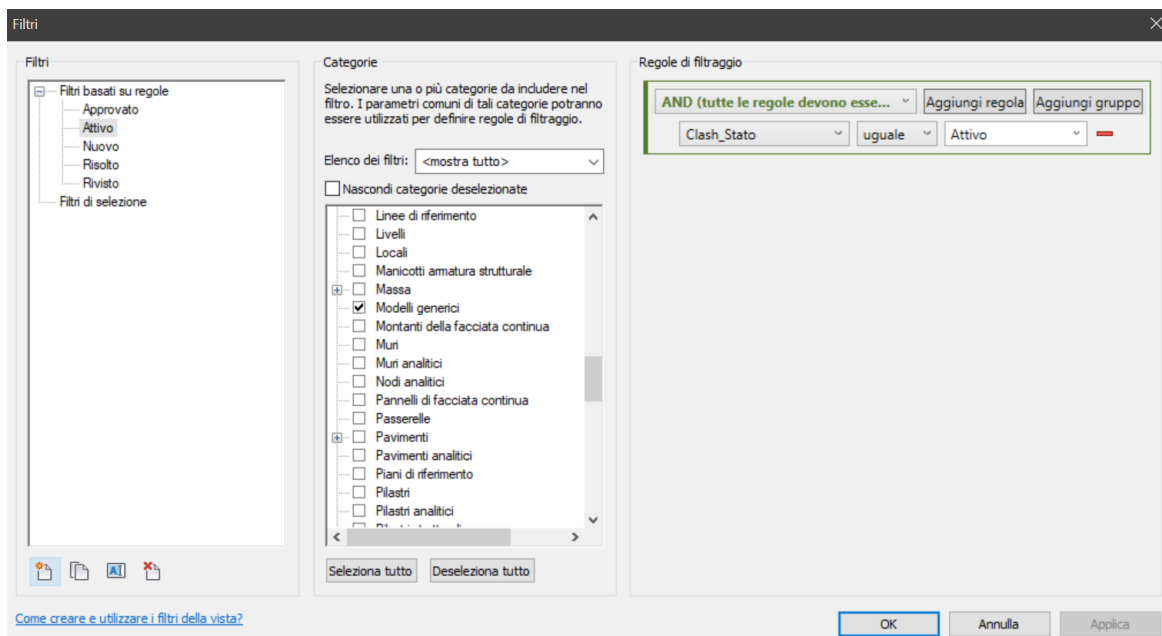


Figura 4.32. Scheda Filtri, creazione filtri

A questo punto sono stati aggiunti i filtri creati sulle viste apposite alla visualizzazione della Clash con i colori riportati sul Report.

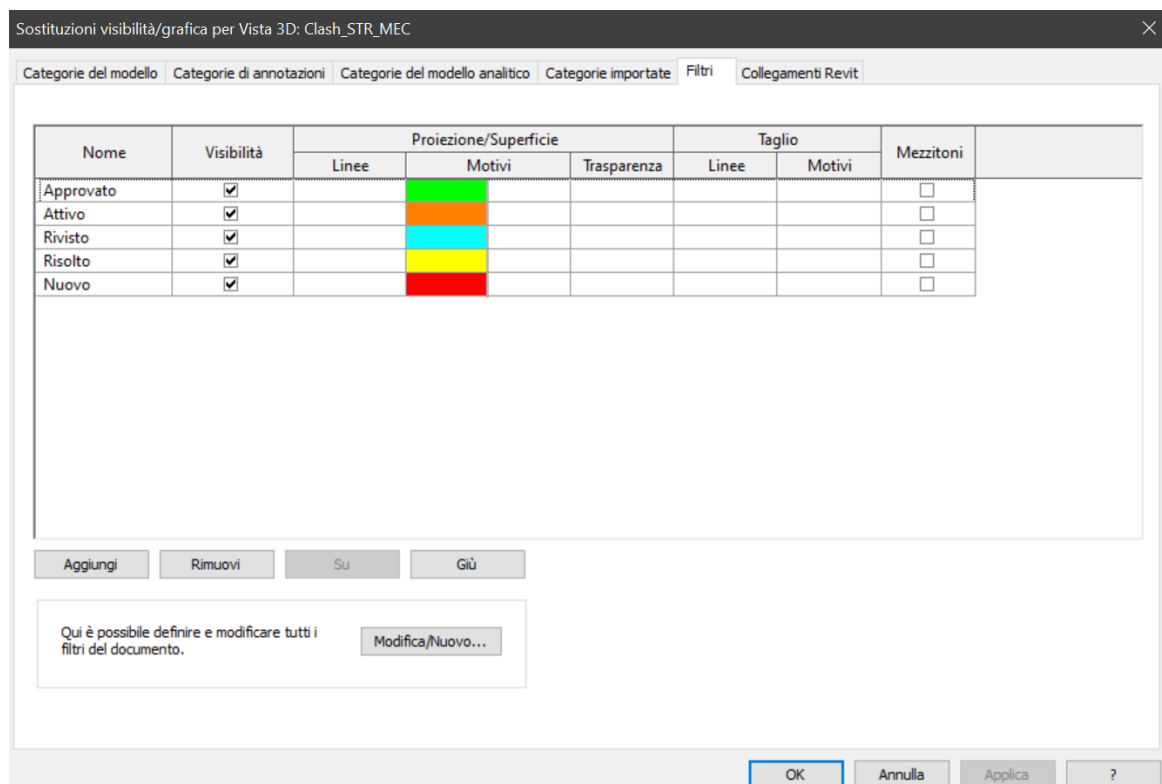


Figura 4.33. Scheda Sostituzioni visibilità/grafica, applicazione filtri



Il modello 3D creato consente dunque di esaminare e identificare efficacemente le interferenze. Infatti, risulta essere uno strumento molto utile perché in questo modo è possibile analizzare soltanto determinate tipologie di interferenze, per esempio quelle *Attive*, andando a disattivare gli altri filtri con un semplice click. In questo modo risulta davvero facile andare a controllare le Clash e risolverle.

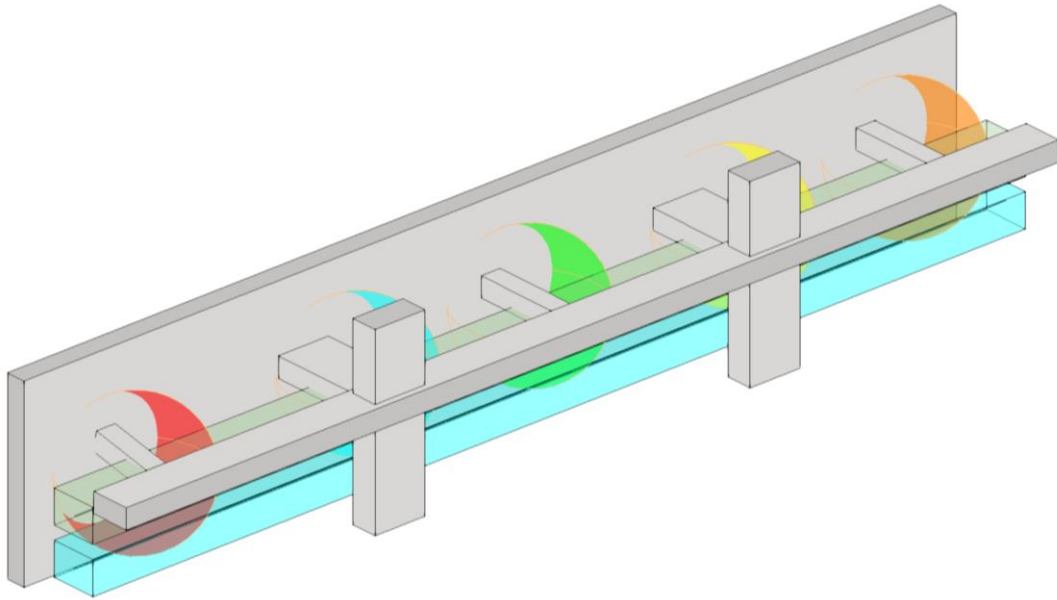


Figura 4.34. Esempio applicazione filtri

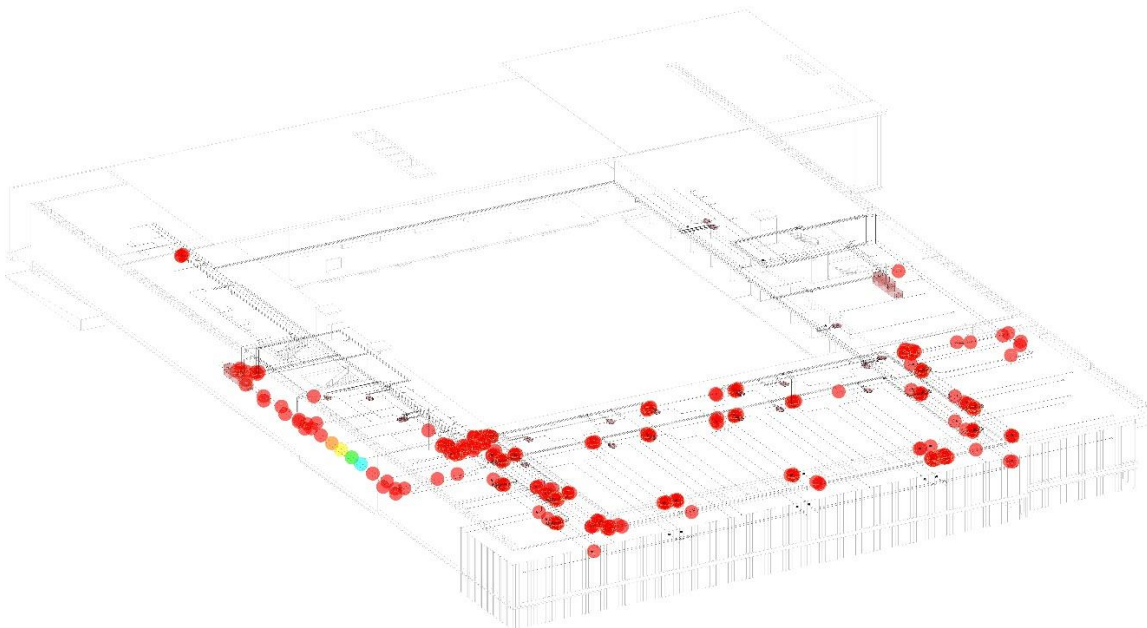


Figura 4.35. Modello 3D della Clash, Livello di dettaglio *Basso*, Stile colori omogenei

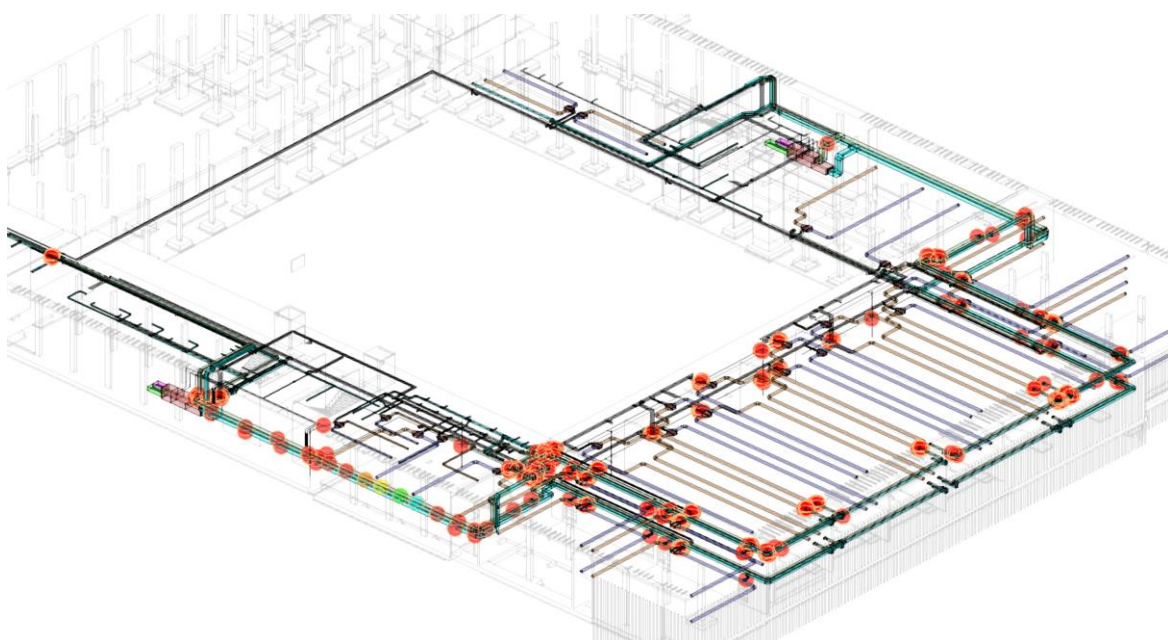


Figura 4.36. Modello 3D della Clash, Livello di dettaglio *Medio*, Stile colori omogenei

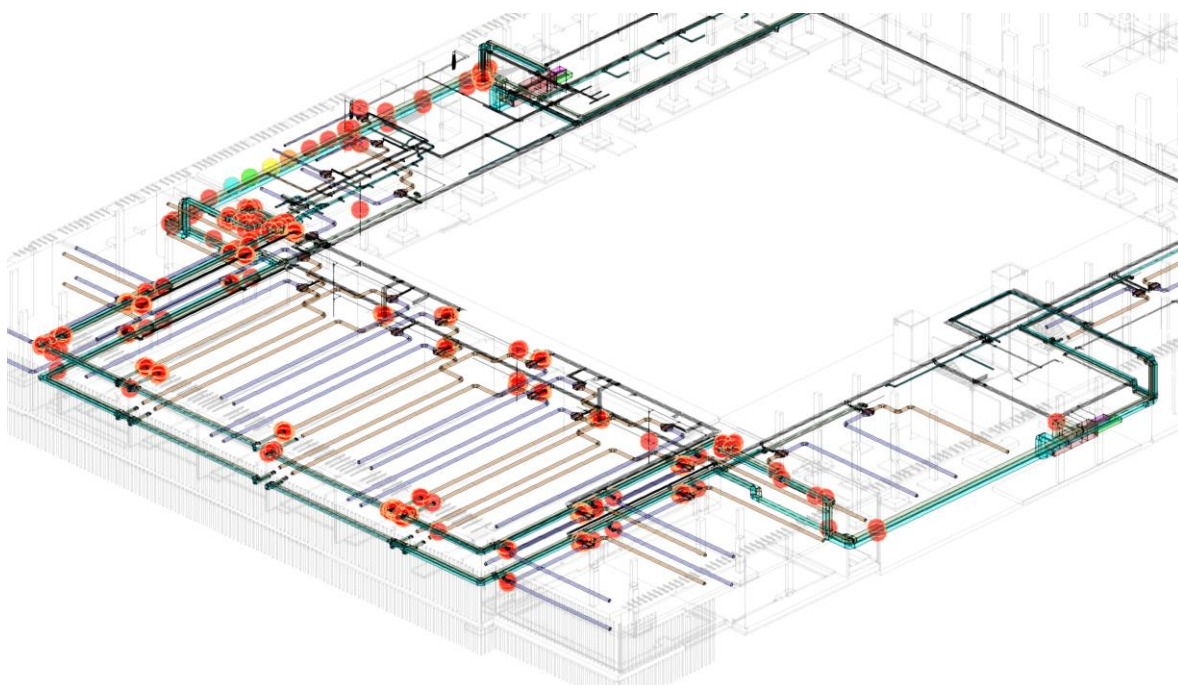


Figura 4.37. Modello 3D della Clash, Livello di dettaglio *Medio*, Stile colori omogenei





## CAPITOLO 5

### Conclusioni



*"L'unica vera saggezza è sapere  
di non sapere nulla."*

Socrate



## 5.1. Risultati

Realizzare uno strumento che servirà in futuro in ambito lavorativo, soprattutto al BIMCoordinator, è stato obiettivo del lavoro di questa tesi. Il processo che ha portato alla realizzazione del Modello della Clash è stato sviluppato in due fasi differenti. Nella prima è stata sperimentata la metodologia BIM a partire da un modello meccanico appartenente a un caso studio reale, tutt'oggi in fase di realizzazione. La realizzazione del modello meccanico è stato l'obiettivo di questa prima fase e il punto di partenza della seconda, ovvero la realizzazione del Modello della Clash in Revit attraverso test d'interoperabilità e l'utilizzo di Dynamo. La script creato permette con un semplice click di creare un modello in Revit della Clash Detection, fatta dal BIM Coordinator su Naviswork. Questo facilita molto la gestione e la verifica delle interferenze dal punto di vista del BIM Specialist poiché non richiede di saltare da un software a un altro, come avviene per il BCF, per risolverne una.

I modelli creati della Clash su Revit sono stati due, rispettivamente per le interferenze ARC-MEC e STR-MEC. Dai risultati si nota un gran numero di interferenze dovuto principalmente alla mancanza di forometrie sul file ARC e quindi interferenze create dall'intersezione di condotti o parti dell'impianto di climatizzazione con partizioni verticali o orizzontali.

L'attività di modellazione ha avuto successo, infatti il modello ha ottenuto un punteggio di 19/20 secondo i requisiti imposti dalle Linee Guida. L'impianto meccanico è stato modellato sulla base degli As-Built estrapolando le informazioni dai CAD e dalla documentazione fornita, ma come si nota dai risultati, il punteggio non ha raggiunto il 100% a causa della mancanza di alcuni file, in particolare la relazione tecnica degli impianti degli Interrati Torre, di incongruenze spaziali di alcuni componenti tra file diversi e soprattutto perché la realizzazione di alcune parti dell'impianto di climatizzazione risulta temporaneamente sospesa. I punteggi relativi alla codifica delle famiglie e tipi, alla compilazione dei parametri condivisi, alla gerarchizzazione dei sistemi e alle tavole e materiali hanno raggiunto il massimo: tutti gli oggetti presenti nel file meccanico nominato correttamente presentano nome dei famiglia e tipo nominati correttamente; i parametri condivisi sono stati creati, compilati e organizzati in abachi CPR; i sistemi sono stati definiti e inseriti correttamente e il *Codice Padre* risulta compilato per tutti gli oggetti MEP presenti nel modello; sono state create due tavole con cartiglio fornito dalle Linee Guida compilato correttamente ed è stato inoltre creato un abaco dei materiali.

Nome indicatore	Descrizione	a	b
Corrispondenza CAD-BIM	I file di partenza sono sufficienti per realizzare il modello e la maggior parte degli oggetti sono allineati alla documentazione fornita	3	4
Nomenclatura file famiglia e tipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il file è nominato correttamente</li> <li>• Tutti gli oggetti hanno il nome famiglia nominato correttamente</li> <li>• Tutti gli oggetti hanno il nome del tipo nominato correttamente</li> </ul>	4	4
Compilazione parametri linee guida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tutti i parametri condivisi indicati nelle linee guida sono presenti nel modello</li> <li>• Sono stati creati abachi CPR per ogni categoria di elemento presente nel progetto</li> <li>• Tutti i parametri condivisi presenti negli abachi CPR sono compilati correttamente.</li> </ul>	4	4
Gerarchizzazione sistemi MEP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le famiglie MEP hanno il relativo connettore</li> <li>• I sistemi di distribuzione di progetto sono stati inseriti correttamente all'interno del file di progetto</li> <li>• Tutti i sistemi sono definiti attraverso circuiti chiusi realizzati sulla piattaforma di BIM Authoring (Revit) e possono essere visualizzati nel Browser di sistema.</li> <li>• Il parametro "Codice padre" è inserito e compilato correttamente per tutti gli oggetti MEP</li> </ul>	4	4
Tavole e materiali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E' presente almeno una tavola con il cartiglio corretto e compilato</li> <li>• Tutti i materiali sono stati inseriti e codificati</li> </ul>	4	4
Punteggio		19	20

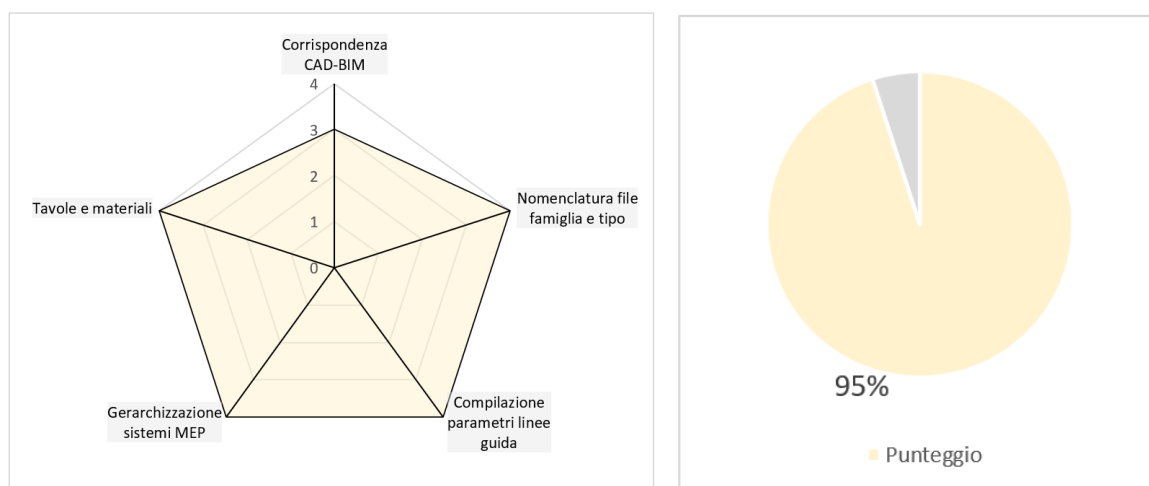


Figura 5.1. Risultati completezza modello meccanico secondo i criteri delle Linee Guida



## 5.2. Sviluppi futuri

Dal punto di vista della modellazione come è stato già detto il modello ha raggiunto soltanto un LOD C, ma è stato sviluppato in modo da poter raggiungere un livello più alto in futuro. Infatti, se sarà possibile effettuare sopralluoghi per rilevare dimensioni e posizionamenti di alcuni componenti e ottenere le schede tecniche dei componenti impiantistici, si potrà raggiungere un LOD più alto.

Per quanto riguarda lo script di Dynamo è possibile, come ogni codice, svilupparlo e ampliarlo. Infatti, ci sono altri modi in cui è possibile usare il Report della Clash Detection fatta su Naviswork e input dello script: si potrebbe usare un diverso tipo di famiglia e in base al tipo di Clash far variare la forma o magari una dimensione stabilita apriori come per esempio il diametro della sfera semplificando e rendendo più chiara la visualizzazioni delle interferenze con l'applicazione dei Filtri. Inoltre, si potrebbe creare una parte dello script per generare visualizzazioni per ogni interferenza trovata, un modo alternativo per lavorare, anziché intorno agli elementi che potrebbero essere molto estesi e non consentire una visualizzazione di immediata lettura, intorno ai punti della Clash stessa. Il nodo da aggiungere allo script in questo caso è *ClashDetection.GetClashPoint*.



## Bibliografia

### Volumi

1. Osello A., Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Dario Flaccovio Editore, 2012
2. Del Giudice M., Disegno e l'ingegnere. Bim handbook for building and civil engineering students, Torino, Levrotto e Bella Editore, 2019
3. Di Guida G., Villa V., Il BIM. Guida completa al Building Information Modeling per committenti, architetti, ingegneri, gestori immobiliari e imprese, Hoepli Editore, 2016

### Articoli

4. National Institute of Building Sciences, National Building Information Modeling Standard, Version 1- Part 1: Overview, Principles and Methodologies (Final Report), BuildingSmart International, 2010
5. Interoperability in building information modeling for AECO/FM industry, Gozde Basak Ozturk, 2020
6. Clash Detection and Code Checking BIM Platform for the Italian Market, Trebbi C., Cianciulli M., Matarazzo F., Mirarchi C., Cianciulli G., Pavan A., 2020
7. An Interoperable Coordination Method for Sharing Communication Information Using BCF (BIM Collaboration Format), Jin Gang Lee; Hyun-Soo Lee; Moonseo Park; and Woosang Kim, Construction Research Congress 2016

### Tesi

8. Canovi E., Mele A., Gestione del cantiere e promozione BIM sul caso studio del restauro della copertura del santuario del Trompone analizzando l'impatto delle misure anticavi, Laurea Magistrale in Architettura Costruzione e Città, 2021
9. Canetto R., Metodologia BIM e interoperabilità per il facility management in ambito MEP, applicazione su un caso studio: l'impianto idricosanitario della Torre Regione Piemonte, Laurea Magistrale in Architettura Costruzione e Città, 2021
10. Lovisolo L., Modello digitale informativo dell'impianto antincendio della Stazione Italia '61 e studio delle interferenze, Laurea Magistrale in Ingegneria Civile, 2021
11. Oskay M., BIM Model Coordination and Code Checking. Paris underground station, Laurea Magistrale in Ingegneria Civile, 2019

12. Fontana F., I linguaggi del BIM: La digitalizzazione dei processi tra prassi e norme: il caso studio del Lefay Resort & SPA Dolomiti, Laurea Magistrale in Architettura Costruzione e Città, 2018

## Siti

13. <https://biblus.acca.it/focus/bim-building-information-modeling/>
14. <https://www.ingenio-web.it/28162-strumenti-per-linteroperabilita-in-ambito-bim-plug-in-o-formati-aperti>
15. <https://docs.dicatechpoliba.it/filemanager/25/a,a,%202018-19/BIM/BIM%20Dimension.pdf>
16. <https://www.linkedin.com/pulse/le-7-dimensioni-un-utile-convenzione-per-comprendere-tutte-riccardo/?originalSubdomain=it>
17. <https://www.ip4fvg.it/wp-content/uploads/2019/04/Pavan-14.05.2019-1.pdf>
18. <https://blog.archicad.it/bim/tutto-sulla-iso-19650-concetti-e-principi>
19. <https://blog.archicad.it/bim/tutto-sulla-iso-19650-consegna-dei-cespiti-immobili>
20. <https://bim.acca.it/model-checking-nel-processo-bim-formati-standard-criticita-e-requisiti/>
21. <https://webapi.ingenioweb.it/immagini/file/byname?namegrattacieloreg-20piemonte-Ruggeri%20revsa.pdf>
22. <https://www.regione.piemonte.it/web/amministrazione/organizzazione/nuovo-palazzo-della-regione-sede-unica/sede-unica-edifici-ambienti-principali>
23. <https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ITA/Revit-Model/files/GUID-7959EB42-87DC-46D8-BC3D-07B97F92A78C-htm.html>
24. <https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ITA/Revit-Collaborate/files/GUID-F8929030-3D77-4F7B-A01F-3C88C600466E-htm.html>
25. <https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ITA/Revit-Model/files/GUID-F1742EBD-1983-425F-8424-824AD5039BF8-htm.html>
26. [https://primer.dynamobim.org/it/03\\_Anatomy-of-a-Dynamo-Definition/3-1\\_dynamo\\_nodes.html](https://primer.dynamobim.org/it/03_Anatomy-of-a-Dynamo-Definition/3-1_dynamo_nodes.html)
27. [https://primer.dynamobim.org/it/01\\_Introduction/1-2\\_what\\_is\\_dynamo.html](https://primer.dynamobim.org/it/01_Introduction/1-2_what_is_dynamo.html)
28. <https://knowledge.autodesk.com/it/support/navisworks-products/downloads/caas/CloudHelp/cloudhelp/2022/ITA/Navisworks/files/GUID-FCC9E5E1-2717-48D2-8DBE-2055CF2DC61E-htm.html>

## Normative

29. UNI 11337-1:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi
30. UNI 11337-5:2017 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati
31. UNI 11337-7:2018 - Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa
32. D.M 560/2017 - Decreto del Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture, n. 560 del 01/12/2017
33. UNI EN ISO 19650-1:2019 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 1: Concetti e principi
34. UNI EN ISO 19650-2:2019 - Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 2: Fase di consegna dei cespiti immobili


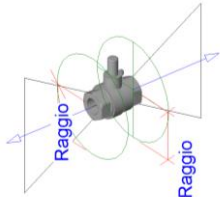
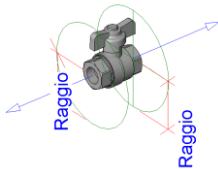
## Altre fonti


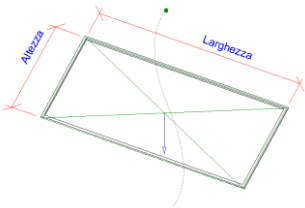
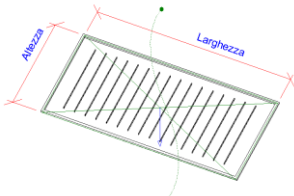
35. A. Osello, slide corso "BIM e InfraBIM for built Heritage", 2020
36. A. Osello, slide corso "Disegno Edile", 2020
37. Linee Guida, BIM per il Facility Management. Caso studio: Nuovo Palazzo Per Uffici Regione Piemonte



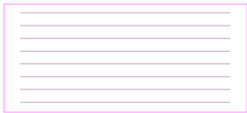
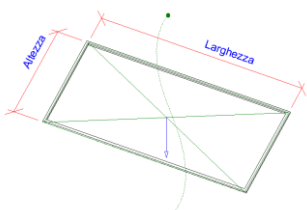
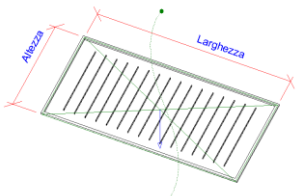
## Allegati

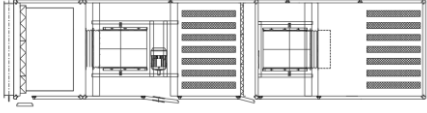
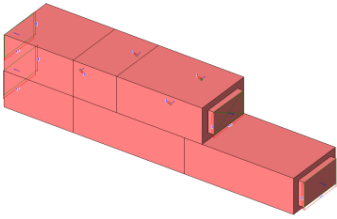
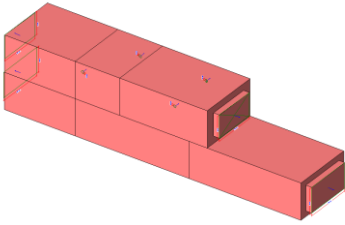
## Schede LOD


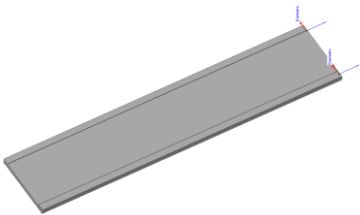
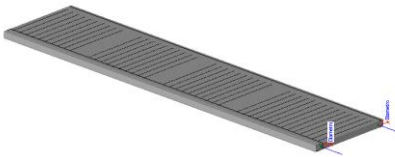
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_VA
		Tipologia di famiglia	Caricabile
<b>Meccanica</b>		Livello di sviluppo Raggiunto	<b>C</b>
<b>LOG</b>	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
<b>LOI</b>	Parametro		Codice parametro
	Progetto		<b>TRP</b>
	Edificio		<b>IT</b>
	Classi di unità tecnologiche		<b>5</b>
	Unità tecnologiche		<b>5.1</b>
	Classi di elementi tecnici		<b>5.1.*</b>
	Codice MasterFormat		<b>23 05 23</b>
	Titolo MasterFormat		<b>General-Duty Valves for HVAC Piping</b>
	Codice Categoria		<b>AT</b>
	Identificativo		<b>TRP_IT_MEC_VA_AC_15_LI02_008.54_00001</b>
	Codice Padre Meccanico		<b>ND</b>
	Codice esistente		<b>ND</b>
	Affidabilità		<b>2</b>
	Codice Famiglia		<b>VA</b>

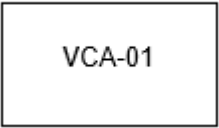
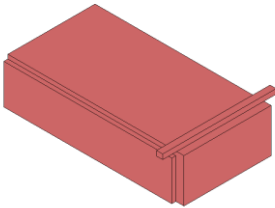
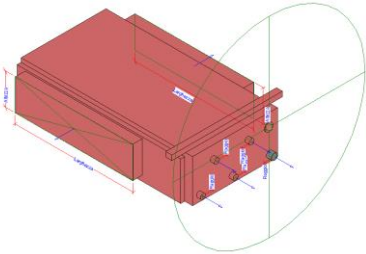
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_GN
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 36 00
	Titolo MasterFormat		Air Terminal Units
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_GN_TE_400x200_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_SV_SO_667x136_LI02_008.54_00002
	Codice esistente		BM-01
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		GN

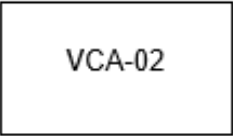
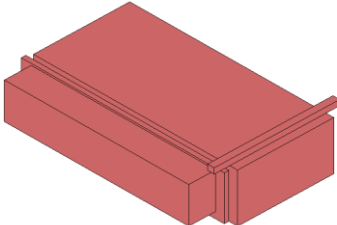
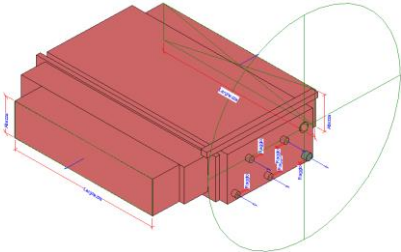


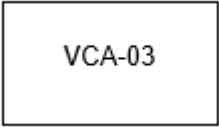
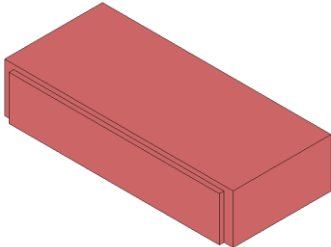
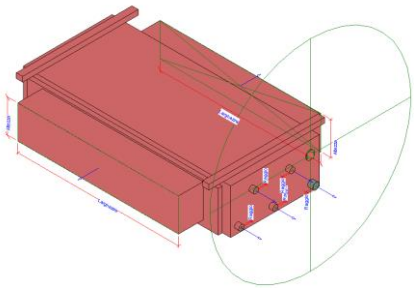
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_GR
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 36 00
	Titolo MasterFormat		Air Terminal Units
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_GR_TE_400x200_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_SV_SO_667x136_LI02_008.54_00002
	Codice esistente		GR-06
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		GR

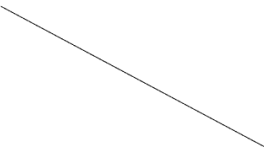
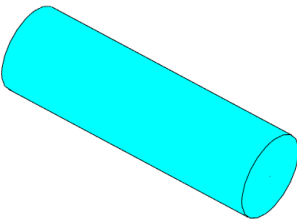
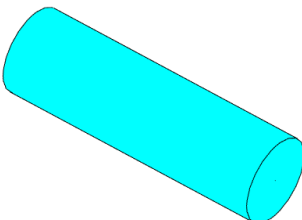
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_SV
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 70 00
	Titolo MasterFormat		Central HVAC Equipment
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_SV_SO_667x136_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		ND
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		SV

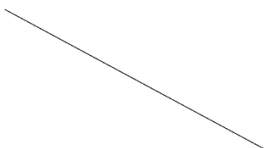
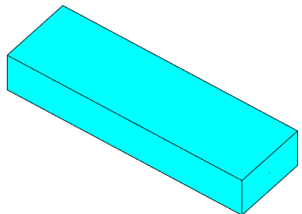
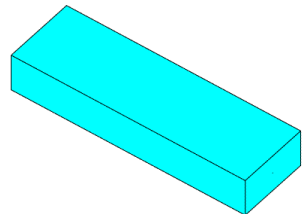
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_TR
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 83 00
	Titolo MasterFormat		Radiant Heating Units
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_TR_TE_180x40_LI01_004.27_00001
	Codice Padre Meccanico		ND
	Codice esistente		TRA-02
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		TR

Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_VO
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 34 00
	Titolo MasterFormat		HVAC Fans
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_VO_TE_01_LI01_004.27_00001
	Codice Padre Meccanico		ND
	Codice esistente		VCA-01
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		VO

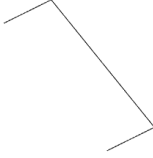
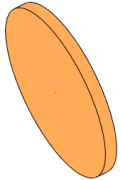
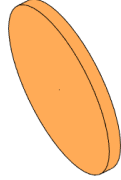
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_VP
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 34 00
	Titolo MasterFormat		HVAC Fans
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_VP_TE_02_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		ND
	Codice esistente		VCA-02
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		VP

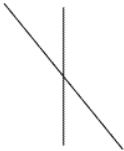
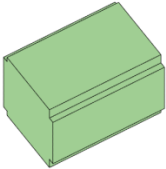
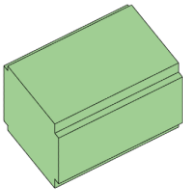
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_VQ
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 34 00
	Titolo MasterFormat		HVAC Fans
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_VQ_TE_03_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		ND
	Codice esistente		VCA-03
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		VQ


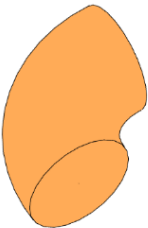
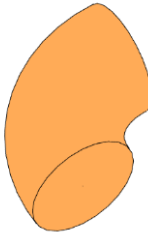
Disciplina		Nome oggetto	Condotto circolare
		Tipologia di famiglia	Sistema
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 31 13
	Titolo MasterFormat		Metal Ducts
	Codice Categoria		CN
	Identificativo		TRP_IT_MEC_NA_RE_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_VQ_TE_03_LI02_008.54_00002
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		NA


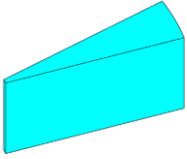
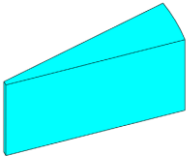
Disciplina		Nome oggetto	Condotto rettangolare
		Tipologia di famiglia	Sistema
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 31 13.13
	Titolo MasterFormat		Rectangular Metal Ducts
	Codice Categoria		AM
	Identificativo		TRP_IT_MEC_NA_RE_VAR_LI02_008.54_00009
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_SV_SO_667x136_LI02_008.54_00002
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		NA

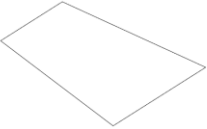
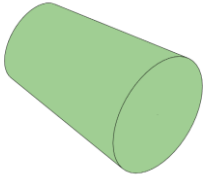
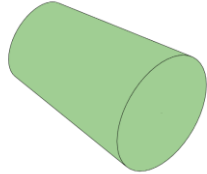


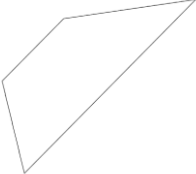
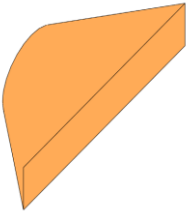
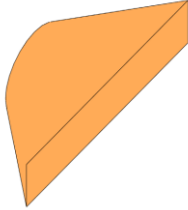
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_CB
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 31 13.19
	Titolo MasterFormat		Metal Duct Fittings
	Codice Categoria		RC
	Identificativo		TRP_IT_MEC_CB_RA_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_VQ_TE_03_LI02_008.54_00001
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		CB

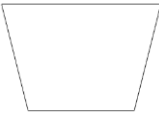
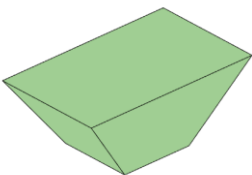
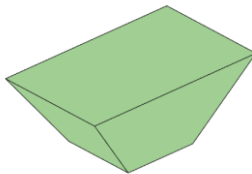
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_CI
		Tipologia di famiglia	Caricabile
<b>Meccanica</b>		Livello di sviluppo Raggiunto	<b>C</b>
<b>LOG</b>	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
<b>LOI</b>	Parametro		Codice parametro
	Progetto		<b>TRP</b>
	Edificio		<b>IT</b>
	Classi di unità tecnologiche		<b>5</b>
	Unità tecnologiche		<b>5.1</b>
	Classi di elementi tecnici		<b>5.1.4</b>
	Codice MasterFormat		<b>23 31 13.19</b>
	Titolo MasterFormat		<b>Metal Duct Fittings</b>
	Codice Categoria		<b>RC</b>
	Identificativo		<b>TRP_IT_MEC_CI_RA_VAR_LI02_008.54_00001</b>
	Codice Padre Meccanico		<b>TRP_IT_MEC_SV_SO_667x136_LI02_008.54_00002</b>
	Codice esistente		<b>ND</b>
	Affidabilità		<b>2</b>
	Codice Famiglia		<b>CI</b>


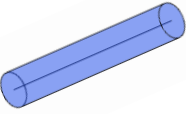
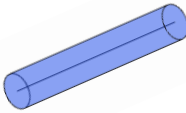
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_GC
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 31 13.19
	Titolo MasterFormat		Metal Duct Fittings
	Codice Categoria		RC
	Identificativo		TRP_IT_MEC_GC_RA_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_VQ_TE_03_LI02_008.54_00001
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		GC

Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_RP
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 31 13.19
	Titolo MasterFormat		Metal Duct Fittings
	Codice Categoria		RC
	Identificativo		TRP_IT_MEC_RP_RA_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_SV_SO_667x136_LI02_008.54_00002
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		RP

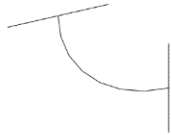
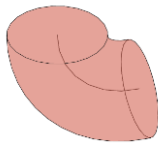
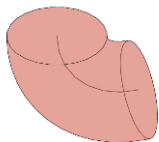
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_TB
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 31 13.19
	Titolo MasterFormat		Metal Duct Fittings
	Codice Categoria		RC
	Identificativo		TRP_IT_MEC_TB_RA_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_SV_SO_667x136_LI02_008.54_00001
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		TB

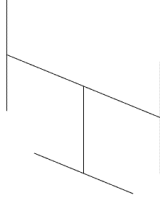
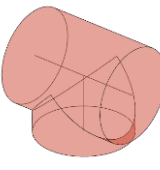
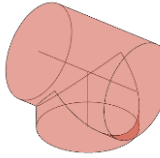
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_TC
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 31 13.19
	Titolo MasterFormat		Metal Duct Fittings
	Codice Categoria		RC
	Identificativo		TRP_IT_MEC_TC_RA_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_VQ_TE_03_LI02_008.54_00001
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		TC

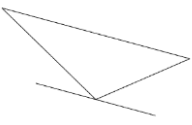
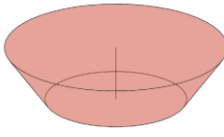
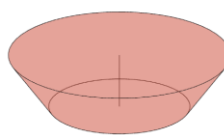
Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_TE
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 31 13.19
	Titolo MasterFormat		Metal Duct Fittings
	Codice Categoria		RC
	Identificativo		TRP_IT_MEC_TE_RA_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		TRP_IT_MEC_SV_SO_667x136_LI02_008.54_00002
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		TE

Disciplina		Nome oggetto	Tubazione
		Tipologia di famiglia	Sistema
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 20 00
	Titolo MasterFormat		HVAC Piping and Pumps
	Codice Categoria		TU
	Identificativo		TRP_IT_MEC_NA_RE_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		NA
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		NA



Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_GG
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 05 16
	Titolo MasterFormat		Expansion Fittings and Loops for HVAC Piping
	Codice Categoria		RT
	Identificativo		TRP_IT_MEC_GG_RA_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		NA
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		GG

Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_RQ
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 05 16
	Titolo MasterFormat		Expansion Fittings and Loops for HVAC Piping
	Codice Categoria		RT
	Identificativo		TRP_IT_MEC_RQ_RA_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		NA
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		RQ

Disciplina		Nome oggetto	TRP_IT_MEC_TF
		Tipologia di famiglia	Caricabile
Meccanica		Livello di sviluppo Raggiunto	C
LOG	Livello di visualizzazione	Descrizione visualizzazione	Rappresentazione grafica
	Basso	Elemento 2D	
	Medio	Elemento 3D approssimato	
	Alto	Elemento 3D definito	
LOI	Parametro		Codice parametro
	Progetto		TRP
	Edificio		IT
	Classi di unità tecnologiche		5
	Unità tecnologiche		5.1
	Classi di elementi tecnici		5.1.4
	Codice MasterFormat		23 05 16
	Titolo MasterFormat		Expansion Fittings and Loops for HVAC Piping
	Codice Categoria		RT
	Identificativo		TRP_IT_MEC_TF_RA_VAR_LI02_008.54_00001
	Codice Padre Meccanico		NA
	Codice esistente		ND
	Affidabilità		2
	Codice Famiglia		TF