

# **POLITECNICO DI TORINO**

Dipartimento di Ingegneria

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile**

Tesi di Laurea Magistrale

## **Metodologia BIM per la gestione di infrastrutture: il caso studio del viadotto Portella**



**Relatori:**

Prof. Ing. Fabio Manzone

Prof.ssa Ing. Anna Osello

**Correlatore:**

Ing. Anna Viola

**Candidato:**

Andrea Passaniti

25 marzo 2020



## Abstract

L'Italia sta attraversando un momento storico in cui una buona parte dei ponti e dei viadotti del proprio patrimonio infrastrutturale sono soggetti a forme avanzate di degrado, trovandosi ormai nella fase conclusiva della vita utile per cui sono stati progettati. Per questo motivo, il tema della gestione e della manutenzione delle infrastrutture è al centro dell'attenzione e risulta necessaria la definizione di nuove procedure in grado di migliorare le azioni di controllo e di intervento. A tal proposito, una grande risorsa è costituita dall'utilizzo della metodologia BIM, che si sta sempre più affermando anche nel campo delle infrastrutture, consentendo un notevole miglioramento del flusso di lavoro sia in fase progettuale che gestionale. A livello Normativo l'impiego della metodologia BIM nel nostro paese sta progressivamente divenendo obbligatorio in seguito all'adozione del "Decreto BIM" (Decreto n. 560 del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 1° dicembre 2017), in accordo con le altre Normative europee.

Nel presente elaborato è stata applicata la metodologia BIM al caso studio del viadotto Portella, ubicato lungo la Strada Statale 124 e facente parte del territorio comunale di Palazzolo Acreide (SR).

La prima fase del lavoro ha riguardato la modellazione BIM del viadotto, realizzata sulla base dei dati presenti nella documentazione a disposizione e di un sopralluogo, che ha permesso di comprendere meglio i dettagli costruttivi e il contesto nel quale è sita l'opera. Inoltre, in occasione del sopralluogo è stato realizzato un report fotografico di dettaglio che ha consentito di integrare la conoscenza dello stato di fatto in relazione agli ammaloramenti, permettendo così di realizzare un confronto con le immagini fotografiche risalenti al 2010, contenute nella documentazione a disposizione.

La seconda fase ha previsto la codifica di tutti gli elementi delle famiglie parametriche realizzate per la modellazione e l'inserimento all'interno del modello, insieme a tutte le altre informazioni a disposizione e appunto al dato fotografico.

Le operazioni fin qui descritte e un approfondito studio delle opportune procedure, hanno permesso di gettare le basi per la realizzazione di un piano di gestione e manutenzione del viadotto, descritto nell'ultima parte del lavoro. Per la realizzazione del presente elaborato sono stati utilizzati congiuntamente diversi software, ed è stato quindi possibile testare la loro interoperabilità.

L'obiettivo è stato dunque quello di definire una procedura in grado di raccogliere e gestire in modo operativo tutti i dati relativi alla storia e allo stato di fatto del viadotto Portella all'interno di un unico modello, che possa essere condiviso tra tutte le figure professionali coinvolte nel processo di gestione e manutenzione, al fine di estendere la vita utile in esercizio dell'opera.

## Abstract

Currently situation in Italy is focused on several bridges and viaducts which are showing advanced status of deterioration, considering that they are living the latest part of their lifecycle.

Due to this reason, the main topic in these days regards infrastructure maintenance and management. Hence it is required to update or create new procedures in order to improve and enhance monitor and overhaul actions.

On that account, the methodology BIM is a resourceful solution, which is increasingly becoming really popular in the field of infrastructure to improve the workflow both in the planning and management phase.

According with the European Normative, the methodology BIM is going to be mandatory in our country as well due to the “Decreto BIM” (*Decreto n. 560 del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 1° dicembre 2017*).

In the following work, the methodology BIM has been applied on the case study of Portella’s viaduct, which is situated in Palazzolo Acreide (SR) SS 124.

The first step of this work was focused on BIM modeling of Portella viaduct, it is based on available data and a site inspection. The latter has allowed us to understand better the construction details and the context in which the work is located.

In addition, during the site inspection, a detailed photographic report was issued to integrate the knowledge of the viaduct’s deterioration. Therefore, a comparison with the photographic images dating back to 2010, sourced in the available documentation, was done.

The second step was focused on coding all the elements of the parametric families, created for modeling and integration in the model, jointly with all the other information available and precisely to the photographic data.

Above-mentioned activities combined, with the study of the relevant procedures, allowed the possibility to create an infrastructure maintenance and management plan, which is described in the last section of the work.

The creation of the following work required the use of several software applications as well as testing their interaction, and lastly test of interoperability amongst them.

Conclusively, current work purpose is to define a procedure able to match all data regarding the Portella's viaduct with a model, which can be shared among all the professionals involved in the management and maintenance processes, in order to extend the useful life of the viaduct itself.

---

# Indice

---

<b>Introduzione .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Metodologia BIM.....</b>	<b>5</b>
1.1 Livelli di dettaglio “LOD”.....	6
1.2 Dimensioni del BIM e Facility Managment .....	9
1.3 Aspetti normativi .....	12
1.4 InfraBim .....	14
<b>2 Caso studio e Obiettivi .....</b>	<b>19</b>
2.1 Ubicazione e storia del viadotto Portella.....	19
2.2 Descrizione degli elementi strutturali del Viadotto.....	21
2.3 Dati a disposizione e obiettivi della Tesi.....	25
<b>3 Software utilizzati per la modellazione BIM.....</b>	<b>29</b>
3.1 Autodesk .....	32
3.1.1 Civil 3D .....	33
3.1.2 Infraworks.....	34
3.1.3 Recap PRO .....	36
3.1.4 Revit .....	37
3.2 Interoperabilità .....	39
3.3 Formato IFC .....	40
3.3.1 Descrizione dei formati utilizzati.....	41
<b>4 Modellazione parametrica del viadotto.....</b>	<b>45</b>
4.1 Modellazione del contesto e georeferenziazione.....	46

4.1.1	Modellazione del terreno.....	47
4.1.2	Georeferenziazione.....	54
4.2	Importazione della nuvola di punti.....	55
4.3	Modellazione del viadotto.....	57
4.3.1	Modellazione della sottostruttura.....	59
4.3.2	Modellazione dell'impalcato.....	65
4.3.3	Risultato finale della modellazione.....	75
<b>5</b>	<b>Implementazione del modello infraBIM.....</b>	<b>81</b>
5.1	Codifica WBS delle famiglie.....	82
5.2	Gestione delle informazioni.....	85
5.3	Gestione degli ammaloramenti.....	88
<b>6</b>	<b>Gestione delle attività di manutenzione.....</b>	<b>95</b>
6.1	Struttura di un Piano di Manutenzione.....	97
6.2	Definizione delle attività.....	99
6.2.1	Tentativo con Revit.....	101
6.3	Microsoft Access.....	103
6.3.1	Creazione del database in Access.....	105
6.4	Organizzazione del Piano di Manutenzione.....	109
6.4.1	Piano di Manutenzione delle “Parti d’opera”.....	111
6.4.2	Requisiti e Standard prestazionali del viadotto.....	115
6.4.3	Operazioni conclusive.....	118
	<b>Conclusioni e sviluppi futuri.....</b>	<b>123</b>
	<b>Bibliografia.....</b>	<b>129</b>
	<b>Sitografia.....</b>	<b>133</b>
	<b>Allegato 1.....</b>	<b>137</b>

---

## Indice delle figure

---

Figura 1.1: Building Information Modeling ( <a href="http://www.assobim.it">www.assobim.it</a> ).....	5
Figura 1.2: LOD “Level of details” ( <a href="http://truecadd.com">truecadd.com</a> ) .....	8
Figura 1.3: Dimensioni del BIM ( <a href="http://biblus.acca.it">biblus.acca.it</a> ) .....	11
Figura 1.4: Sviluppo del BIM in Europa (Spanish Chapter Building Smart website).....	13
Figura 1.5: Obbligatorietà del BIM secondo il Decreto Ministeriale 560/2017 ( <a href="https://www.ingenio-web.it/18347-bim-per-infrastrutture-lineari">https://www.ingenio-web.it/18347-bim-per-infrastrutture-lineari</a> ).....	14
Figura 1.6: Esempio di modellazione InfraBim (Ingmar Aija “InfraBIM showreel 2016”).....	16
Figura 2.1: Localizzazione della Strada Statale 124 ( <a href="https://it.wikipedia.org/wiki/Strada_statale_124_Siracusana">https://it.wikipedia.org/wiki/Strada_statale_124_Siracusana</a> ) .....	19
Figura 2.2: Inquadramento geografico del viadotto Portella.....	20
Figura 2.3: Vista di insieme .....	21
Figura 2.4: Sezione longitudinale del viadotto.....	21
Figura 2.5: Vista della carreggiata .....	22
Figura 2.6: Sezione dell’impalcato tipo.....	22
Figura 2.7: Vista da sotto dell’impalcato .....	23
Figura 2.8: Vista di insieme di pila e pulvino .....	23
Figura 2.9: Vista frontale della spalla S2.....	24
Figura 2.10: Particolare dei dispositivi di appoggio.....	24
Figura 2.11: Immagine aerea del viadotto Portella .....	25
Figura 3.1: Illustrazione del worksharing ( <a href="http://Autodesk.com">Autodesk.com</a> ) .....	30
Figura 3.2: Tipi di software BIM (“Una panoramica sul BIM”, Dalla Mora 2014).....	31
Figura 3.3: Logo di Autodesk .....	32
Figura 3.4: Logo di Autodesk Civil 3D .....	33

Figura 3.5: Interfaccia Civil 3D.....	34
Figura 3.6: Logo di Autodesk Infraworks .....	34
Figura 3.7: Model Builder di Infraworks .....	35
Figura 3.8: Logo di Autodesk Recap PRO.....	36
Figura 3.9 :Interfaccia Recap PRO ( <a href="https://www.motionmedia.com/autodesk-recap-pro-2020-single-user-monthly-subscription/">https://www.motionmedia.com/autodesk-recap-pro-2020-single-user-monthly-subscription/</a> ).....	36
Figura 3.10 :Logo Autodesk di Autodesk Revit 2019 .....	37
Figura 3.11 : Interfaccia di Autodesk Revit.....	38
Figura 3.12 : Logo di Dynamo .....	39
Figura 3.13: Interoperabilità BIM (biblus.acca.it/) .....	40
Figura 3.14: Logo IFC (ingenio-web.it) .....	41
Figura 4.1: Geo-localizzazione del territorio di interesse (Autodesk Infrawork) .....	47
Figura 4.2: <i>Individuazione viadotto Portella (Autodesk Infrawork)</i> .....	47
Figura 4.3: <i>Comando di importazione del file. IMX</i> .....	48
Figura 4.4: Finestra di dialogo di Civil 3D per le opzioni di importazione .....	49
Figura 4.5: Sovrapposizione immagine aerea.....	49
Figura 4.6: Individuazione del punto di origine .....	50
Figura 4.7: Illustrazione del comando “Superficie topografica” .....	50
Figura 4.8: Modello del terreno (Revit).....	51
Figura 4.9: Modello del terreno ottenuto con “Thopos” .....	52
Figura 4.10: Sovrapposizione dei due modelli .....	52
Figura 4.11: Finestra di gestione dei collegamenti (Revit) .....	53
Figura 4.12: Sovrapposizione dei due modelli del terreno .....	53
Figura 4.13: Comandi per la georeferenziazione (Revit).....	54
Figura 4.14: Localizzazione con Mappe Bing (Revit) .....	54
Figura 4.15: Visualizzazione nuvola di punti (Recap).....	55
Figura 4.16: Comando “Nuvola di punti” (Revit).....	56
Figura 4.17: Visualizzazione nuvola di punti (Revit).....	56

Figura 4.18: Settaggio delle unità di misura (Revit) .....	58
Figura 4.19: Gruppo di parametri condivisi .....	58
Figura 4.20: File .txt dei parametri .....	59
Figura 4.21: Modello e sezione della spalla .....	60
Figura 4.22: Modello e sezione delle pile .....	61
Figura 4.23: Modello e pianta dei plinti .....	62
Figura 4.24: Posizionamento di spalle e pile .....	62
Figura 4.25: Posizionamento dei piani vista frontale .....	63
Figura 4.26: Viste 3D del pulvino .....	63
Figura 4.27: Posizionamento del pulvino .....	64
Figura 4.28: Regolazione altezza pulvino .....	64
Figura 4.29: Modello e prospetto della trave .....	65
Figura 4.30: Posizionamento longitudinale delle travi .....	66
Figura 4.31: Regolazione altezza delle travi .....	66
Figura 4.32: Modello della soletta .....	67
Figura 4.33: Prospetto frontale della soletta .....	67
Figura 4.34: Modello e pianta dei traversi .....	68
Figura 4.35: Modello e pianta delle lastre predalles .....	69
Figura 4.36: Disposizione lastre predalles .....	69
Figura 4.37: Vista laterale dei traversi e della soletta .....	70
Figura 4.38: Posizionamento della pavimentazione .....	71
Figura 4.39: Modello e prospetto del giunto .....	71
Figura 4.40: Modello delle barriere di sicurezza .....	72
Figura 4.41: Risultato della modellazione .....	73
Figura 4.42: Modello della segnaletica orizzontale .....	73
Figura 4.43: Posizionamento elementi non strutturali .....	74
Figura 4.44: Barriere di sicurezza e giunto di dilatazione .....	75
Figura 4.45: Comando “Orientamento” (Revit) .....	76
Figura 4.46: Orientamento verso Nord dell’impalcato .....	76
Figura 4.47: Rendering con vista “Raytrace” .....	77
Figura 4.48: Vista “realistica con terreno” .....	77

Figura 4.49: Vista “realistica” con ombre .....	78
Figura 4.50: Vista “realistica” laterale .....	78
Figura 5.1: Istruzione operativa per la codifica della WBS di progetto di ANAS .....	83
Figura 5.2: Codifica WBS generale .....	84
Figura 5.3: Parametri iniziali del pulvino 5 .....	85
Figura 5.4: Gestione dei nuovi parametri condivisi .....	86
Figura 5.5: Inserimento informazioni Pila P5 .....	86
Figura 5.6: Immagine fotografica della Pila P5.....	87
Figura 5.7: Informazioni Relazioni Tecniche.....	88
Figura 5.8: Nuovo gruppo di parametri .....	89
Figura 5.9: Ammaloramenti parametrizzati del pulvino 5 .....	89
Figura 5.10: Confronto fotografico del pulvino 5 .....	90
Figura 5.11: Setting delle opzioni del filtro vista .....	91
Figura 5.12: Esempio del filtro vista.....	91
Figura 6.1: Descrizione dell'elemento .....	99
Figura 6.2: Manuale d'uso della spalla del viadotto .....	100
Figura 6.3: Manuale di Manutenzione della spalla del viadotto .....	101
Figura 6.4: Gruppo di parametri “Manutenzione” .....	102
Figura 6.5: Inserimento dei dati .....	102
Figura 6.6: Logo di Microsoft Access.....	103
Figura 6.7: Interfaccia di Microsoft Access.....	104
Figura 6.8: Revit DB Link .....	106
Figura 6.9: Menù di esportazione dati di Revit .....	106
Figura 6.10: Visualizzazione dei dati in Access.....	107
Figura 6.11: Tasto importazione file Excel.....	107
Figura 6.12: Procedura di importazione in Access .....	108
Figura 6.13: Risultato procedura importazione.....	108
Figura 6.14: Tabella degli elementi .....	110
Figura 6.15: Informazioni del “Manuale d'uso” .....	111
Figura 6.16: Informazioni del “Manuale di Manutenzione”.....	112

Figura 6.17: Struttura della query “Impalcato” .....	112
Figura 6.18: Visualizzazione della query “Impalcato” .....	113
Figura 6.19: Elenco oggetti di Access .....	113
Figura 6.20: Maschera degli elementi dell’impalcato .....	114
Figura 6.21: Maschera degli elementi del corpo stradale .....	114
Figura 6.22: Maschera degli elementi delle strutture in elevazione..	115
Figura 6.23: Requisiti e standard prestazionali selezionati .....	116
Figura 6.24: Requisiti e prestazioni del viadotto Portella .....	117
Figura 6.25: Funzionamento del pulsante “Descrizione” .....	117
Figura 6.26: Riepilogo finale degli oggetti di Microsoft Access .....	118
Figura 6.27: Importazione del database in Dropbox.....	119



---

# **INTRODUZIONE**

---



---

# Introduzione

---

Le infrastrutture forniscono i servizi indispensabili per il funzionamento della società e nel nostro paese costituiscono una porzione importante delle opere pubbliche presenti sul territorio.

Esistono differenti tipologie di infrastrutture, ognuna delle quali è contraddistinta dall'importanza delle dimensioni delle proprie opere e dalla necessità di essere mantenute in efficienza per tutta la vita utile.

Infatti, in tutte le opere ingegneristiche, l'insorgere delle prime forme di degrado coincide con l'inizio della fase di esercizio, ciò comporta grandi investimenti, soprattutto nel campo delle infrastrutture, al fine di garantire una gestione delle attività di manutenzione puntuale e rigorosa.

Negli ultimi anni si è investito molto nello studio dei materiali da costruzione, ciò ha permesso di ottenere ottimi progressi nella previsione dell'evoluzione del degrado, in relazione all'incidere del tempo sulle strutture.

Quindi, la naturale evoluzione degli ammaloramenti può essere contrastata in modo corretto e consapevole per mezzo di una approfondita progettazione di base ed un efficace programma di manutenzione, che permettano fin dalla messa in esercizio di intervenire sui ponti e i viadotti mediante valide tecniche di controllo e intervento.

Nella presente tesi verrà esposto in maniera dettagliata come sia stato possibile riunire tutti gli argomenti fin qui citati applicando la metodologia BIM al caso studio del viadotto Portella, ubicato lungo la Strada Statale 124 e facente parte del territorio comunale di Palazzolo Acreide (SR).

La metodologia BIM sta attraversando una fase di costante crescita nel campo delle infrastrutture, comportando un notevole miglioramento del flusso di lavoro, essendo peraltro fortemente incentivata dall'evoluzione delle

normative nazionali ed europee, che ne prevedono l'obbligatorietà di utilizzo a partire dai prossimi anni.

Infatti, tale metodologia consente di realizzare un unico modello dell'infrastruttura, che costituisce una vera e propria banca dati, messo a disposizione di ogni attore coinvolto nel processo di progettazione costruzione ed esercizio, permettendo una visione chiara e definita di ogni singolo dettaglio riguardante l'opera in oggetto.

Nella prima parte del presente lavoro è stata realizzata una modellazione parametrica 3D del viadotto Portella e del relativo contesto.

Successivamente è stato definito un metodo in grado di raccogliere e gestire tutti i dati relativi alla storia e allo stato di fatto del viadotto Portella all'interno di un unico modello.

Infine, sulla base di quanto realizzato e sullo studio delle opportune lavorazioni, è stato possibile ipotizzare un piano di manutenzione dell'opera. L'obiettivo è stato dunque quello di definire una procedura in grado di dimostrare come l'applicazione della metodologia BIM ad una infrastruttura, come nel caso studio del viadotto Portella, possa comportare un miglioramento dei processi di gestione e manutenzione.

La gestione del viadotto Portella è affidata ad Anas S.p.A., pertanto è stata la stessa società a fornire gli opportuni dati; alcuni dei quali sono soggetti a riservatezza per cui non sono presenti in questa Tesi.

Nei successivi capitoli verranno descritti la metodologia e le modalità di utilizzo dei software adottati per la realizzazione del presente lavoro.

---

# **METODOLOGIA BIM**

---



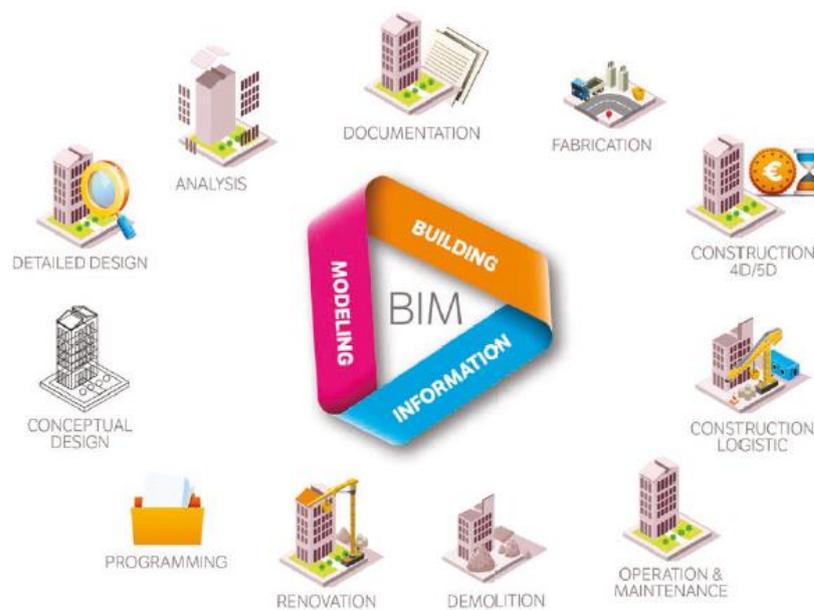
---

## Metodologia BIM

---

Il “Building Information Modeling” è una metodologia operativa di progettazione e gestione delle costruzioni, attraverso la creazione di modelli digitali completi di tutte le informazioni a disposizione.

Il modello BIM di un’opera raccoglie i dati provenienti dalle diverse discipline che cooperano alla sua realizzazione, mediante un approccio del tutto nuovo. L’introduzione di questa metodologia ha totalmente stravolto il modo di lavorare di un settore, come quello dell’edilizia, che dagli anni 70 era rimasto fermo all’utilizzo del CAD.



*Figura 1.1: Building Information Modeling (www.assobim.it)*

Le applicazioni CAD consistevano nella digitalizzazione del tradizionale disegno, ciò avveniva tramite l'utilizzo di linee ed altri elementi semplici bidimensionali e che riguardavano quindi il solo aspetto geometrico.

Invece, le applicazioni BIM permettono di riprodurre elementi parametrici 3D, come ad esempio travi e pilastri, che associano le informazioni alla geometria. Per questo motivo, la metodologia BIM è stata prima introdotta come strumento di supporto alla progettazione e solo in una fase successiva, una volta colte le potenzialità, utilizzata per l'ottimizzazione dell'intero processo, basato sulla collaborazione tra professionisti e sull'interoperabilità tra i software.

Infatti, oggi l'impiego di questo approccio metodologico prevede la realizzazione di un modello centrale, completo di tutte le informazioni riguardanti l'intero ciclo di vita dell'opera: dal progetto alla costruzione, alla gestione della manutenzione, fino alla dismissione.

Uno dei cambiamenti più evidenti risiede sicuramente nella fase di integrazione della documentazione, poiché con questo nuovo modo di operare, questa diventa parte integrante del modello e può essere aggiornata di pari passo con lo stato di avanzamento del progetto, limitando così la presenza di errori, di interferenze tra professionisti o di eventuali incongruenze.

Ne consegue un maggiore controllo di aspetti chiave, come la gestione economica e delle tempistiche, ciò comporta un consistente incremento del livello di efficienza del processo edilizio.

Attualmente il BIM trova il maggiore impiego nel campo della progettazione edile, ma negli ultimi tempi sta vivendo una fase di sviluppo in tanti altri settori, come ad esempio quello delle infrastrutture.

## **1.1 Livelli di dettaglio “LOD”**

I cosiddetti LOD, “Level Of Detail” regolano il rapporto tra la quantità di dettagli negli elementi del modello e le informazioni non grafiche in essi contenute.

Spesso vi è la tendenza a sovraccaricare il modello, così i LOD permettono di “pesare” il dato informativo in base all'importanza della progettazione, evitando ogni operazione superflua e comportando così un'ottimizzazione dei tempi e dei costi.

Un elemento interessante è l'interpretazione del termine LOD, che viene spesso scambiato con il "Level Of Development", associando il livello di dettaglio e il livello di sviluppo del modello in un'unica categoria, destando confusione tra i professionisti.

In ambito internazionale sono diverse le normative che riguardano la definizione di contenuti e gradi di dettaglio dei LOD, denominate in maniera diversa in base allo stato di pertinenza.

In attesa di una regolamentazione univoca, si riportano i cinque livelli riconosciuti per la Classificazione dei LOD dalla AIA (American Institute of Architects), pubblicati all'interno del protocollo standard "G 202-2013 BIM Protocol":

- **LOD 100:** rappresentazione concettuale; il modello elementare può essere rappresentato in forma grafica con simboli o rappresentazioni generiche;
- **LOD 200:** rappresentazione generica; l'elemento rappresentato nel modello può essere un oggetto o assemblaggio di quantità. Le forme, le dimensioni, la posizione e l'orientamento possono essere approssimati.
- **LOD 300:** rappresentazione specifica; l'elemento rappresentato nel modello deve essere un sistema specifico e le informazioni non grafiche dell'elemento possono essere collegate nel modello stesso;
- **LOD 400:** l'elemento rappresentato nel modello deve essere un sistema specifico e le informazioni devono contenere dettagli relativi alla fabbricazione e alle indicazioni di installazione e assemblaggio;
- **LOD 500:** rappresentazione veritiera; l'elemento rappresentato nel modello deve essere verificato in termini di: dimensioni, forma, orientamento, quantità e posizione.

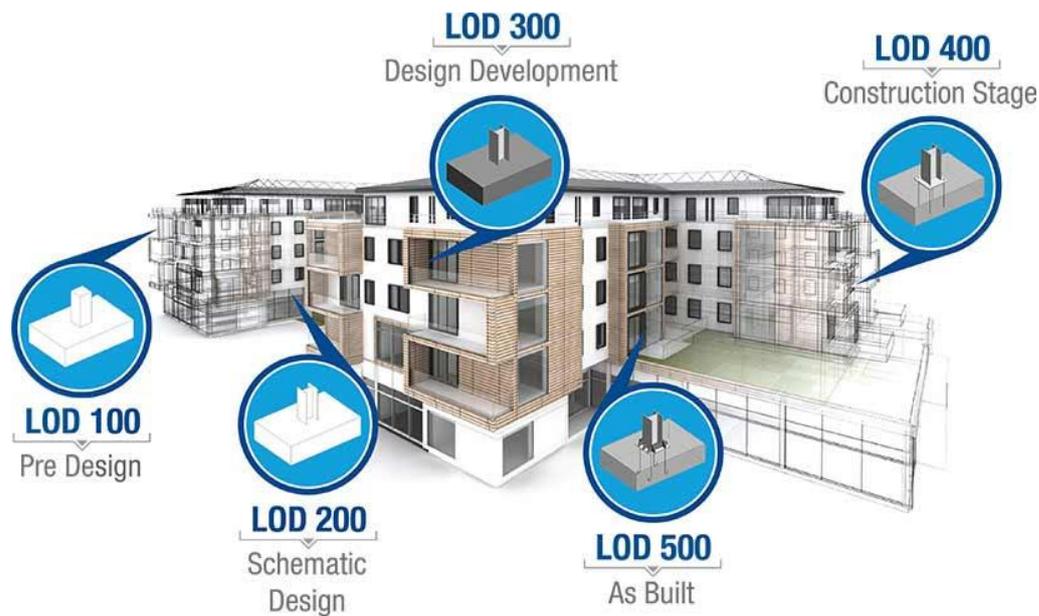


Figura 1.2: LOD “Level of details” (truecadd.com)

Per quanto riguarda la normativa italiana, si fa riferimento alle indicazioni delle Norme UNI 11337 – 4: 2017, che regolano le logiche, le specifiche e gli obiettivi che devono essere contenute in una scala di classificazione, in modo da essere quanto più chiare e trasparenti possibile affinché vi abbiano accesso agevolmente tutte le figure professionali interessate.

In questo caso, si fa riferimento ad un’altra scala generale di classificazione dei LOD, che è così definita:

- **LOD A:** oggetto simbolico; entità virtualizzate graficamente con sistema geometrico generico e caratteristiche quantitative e qualitative approssimate;
- **LOD B:** oggetto generico; entità virtualizzate graficamente con sistema geometrico generico e caratteristiche qualitative e quantitative approssimate;
- **LOD C:** oggetto definito; entità virtualizzate graficamente con sistema geometrico definito e caratteristiche qualitative e quantitative definite genericamente;
- **LOD D:** oggetto dettagliato; entità virtualizzate graficamente con sistema geometrico dettagliato e caratteristiche qualitative e quantitative specifiche;

- **LOD E:** oggetto specifico; entità virtualizzate graficamente con sistema geometrico specifico e caratteristiche qualitative e quantitative specifiche. Sono incluse informazioni relative ad assemblaggio, fabbricazione e l'installazione comprendendo specifici ingombri di manovra e manutenzione;
- **LOD F:** oggetto eseguito; questi devono esprimere la virtualizzazione verificata sul luogo del sistema produttivo eseguito o costruito. Caratteristiche qualitative e quantitative specifiche e relative al singolo sistema posato o installato, sono inoltre incluse informazioni relative a interventi di gestione, manutenzione o sostituzione;
- **LOD G:** oggetto aggiornato; questi devono esprimere la virtualizzazione aggiornata relativa allo stato di fatto in un tempo definito. Sono incluse le definizioni riguardanti interventi di gestione manutenzione e sostituzione da eseguire per l'intero ciclo di vita dell'opera.

## **1.2 Dimensioni del BIM e Facility Management**

Al giorno d'oggi sviluppare modelli BIM significa sviluppare modelli parametrici 3D con l'obiettivo di soddisfare a 360 gradi tutti gli aspetti progettuali e non solo quelli geometrici.

Per questo motivo, l'impiego della metodologia BIM necessita di approfondimenti sul nuovo concetto di "dimensione" del progetto.

La modellazione 1D, relativa all'organizzazione delle fasi, e la modellazione 2D, relativa alla loro pianificazione sono già ampiamente note, risultando di facile definizione per tutti.

Le Norme UNI 11337 si sono occupate di individuare delle definizioni idonee alle nuove "dimensioni" progettuali introdotte con l'utilizzo della metodologia BIM:

- **Modellazione 3D:** con la quale è possibile visualizzare in maniera tridimensionale la costruzione nel suo complesso e qualsiasi oggetto che la costituisce. La funzionalità di base di questo livello di modellazione è la verifica delle interferenze presenti all'interno del

modello (*clash detection*) e il controllo che questo sia aderente alle richieste progettuali (*code checkin*). Il *class detection* consente di individuare, già in fase di progettazione, errori nel modello, evitando modifiche in corso d'opera; tipico esempio sono le interferenze tra la parte strutturale e quella impiantistica. Il "*code checking*" permette di convalidare il progetto nel rispetto delle normative in maniera elettronica, e non più manuale, riducendo i tempi burocratici. Il modello 3D deve essere utilizzato in tutte le fasi della progettazione in modo da permettere la visualizzazione della struttura edilizia durante tutte le fasi della sua vita (progettazione, esecuzione e manutenzione);

- **Modellazione 4D:** viene aggiunta la variabile "tempo" al precedente livello di modellazione, in modo da pianificare la gestione temporale, relativamente a tutto il ciclo di vita del progetto. Può essere interpretato come una sorta di project management: a ogni oggetto del modello si collegano il tempo e le informazioni di pianificazione, in modo da ridurre le interferenze derivanti dalle diverse attività che si verificano durante la vita dell'opera, in particolar modo durante la sua costruzione. All'interno dei modelli 4D è possibile anche rappresentare l'utilizzo dello spazio durante la messa in opera della struttura (ad esempio le componenti temporanee dei cantieri), con il vantaggio di ottimizzare e coordinare la gestione dei tempi;
- **Modellazione 5D:** Il quinto livello di modellazione consente di pianificare i costi degli oggetti nel tempo, ottenendo costruzioni efficienti e convenienti. Man mano che il modello viene arricchito con nuovi particolari, la stima dei costi risulta essere sempre più precisa, ottenendone un pieno controllo. Il modello valuta i costi in base alle attività da svolgere e le dimensioni degli oggetti: infatti, individuata la giusta quantità di materiale per realizzare i vari elementi, noto il prezzo unitario per le singole lavorazioni, si ottiene l'importo finale;
- **Modellazione 6D:** è di tipo prestazionale: permette di gestire e mantenere l'oggetto edilizio e tutte le sue componenti durante

l'intero ciclo di vita: dalla progettazione, all'esercizio e fino alla demolizione, ottimizzandone la gestione operativa;

- **Progettazione 7D:** è relativo alla sostenibilità del progetto da un punto di vista ambientale, economico e sociale. Consente, ad esempio, di stimare i consumi energetici in modo più accurato di quanto fatto nel processo di progettazione, fornendo gli strumenti per una valutazione più completa del fabbisogno energetico, in modo da consentire una riduzione complessiva dei consumi. <sup>[1]</sup>

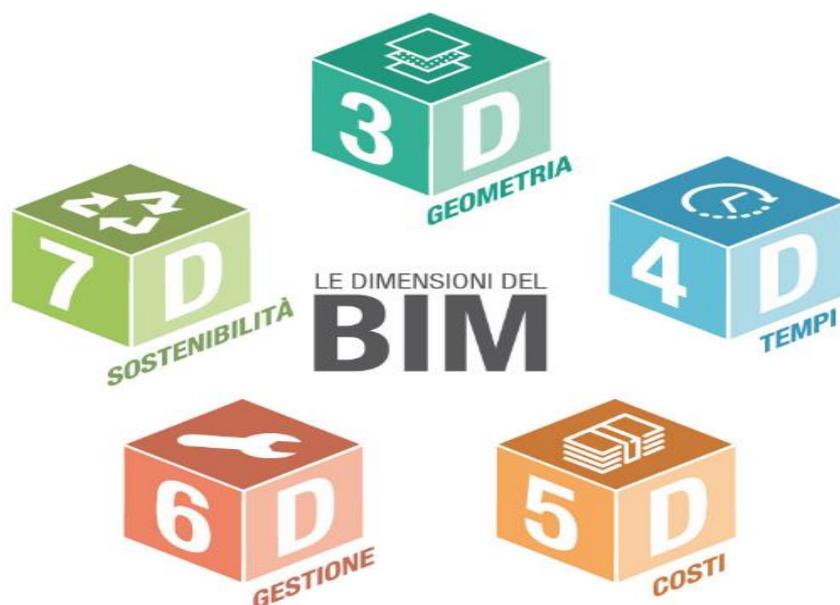


Figura 1.3: Dimensioni del BIM (biblus.acca.it)

Tra queste “dimensioni” BIM, una menzione particolare va riservata alla gestione tecnica dei patrimoni immobiliari per il settore del Facility Management, attività basata sulla raccolta, conservazione, produzione e aggiornamento di documenti.

In quest’ottica, l’utilizzo intelligente dei modelli BIM facilita notevolmente l’organizzazione e la gestione dei vari componenti del manufatto.

Tale approccio permette di semplificare operazioni di routine e agevola l’individuazione di eventuali problematiche, supportando in maniera più efficace le analisi e i processi decisionali.

---

<sup>[1]</sup> Dati recepiti da <https://www.bimstrutturale.org/bim-dimensioni-digitali/>

Il nuovo potenziale in termini di efficientamento così acquisito comporta una serie di cospicui vantaggi, tra i quali la possibilità di intraprendere le giuste azioni manutentive nei tempi corretti.

La gestione del Facility Management è associata a una figura professionali specifiche, quali i Facility Manager; professionisti ai quali vengono affidate le responsabilità delle attività decisionali, gestionali e di controllo.

### **1.3 Aspetti normativi**

L'evoluzione della metodologia BIM è stata incentivata dall'evoluzione delle normative europee e internazionali che ne hanno definito pratiche e standard di applicazione.

Negli USA il BIM venne introdotto all'inizio degli anni 2000 e già nel 2003 la GSA (General Services Administration, ovvero l'Agenzia indipendente del governo federale degli Stati Uniti d'America) diramò un programma nazionale con le prime linee guida, disponendo successivamente le prime applicazioni a partire dal 2007.

In Europa, con la "European Union Public Procurement Directive 2014/ 24" sugli appalti pubblici, vennero sollecitati i ventotto Stati membri dell'UE a "incoraggiare, imporre o specificare" tramite appositi provvedimenti legislativi, l'impiego del BIM come standard di riferimento dei progetti finanziati da fondi pubblici.

Grazie anche a questi provvedimenti, oggi i paesi nei quali il BIM è maggiormente utilizzato sono quelli scandinavi (Danimarca, Finlandia e Norvegia) e la Gran Bretagna, oltre agli Stati Uniti d'America, l'Australia e Singapore.

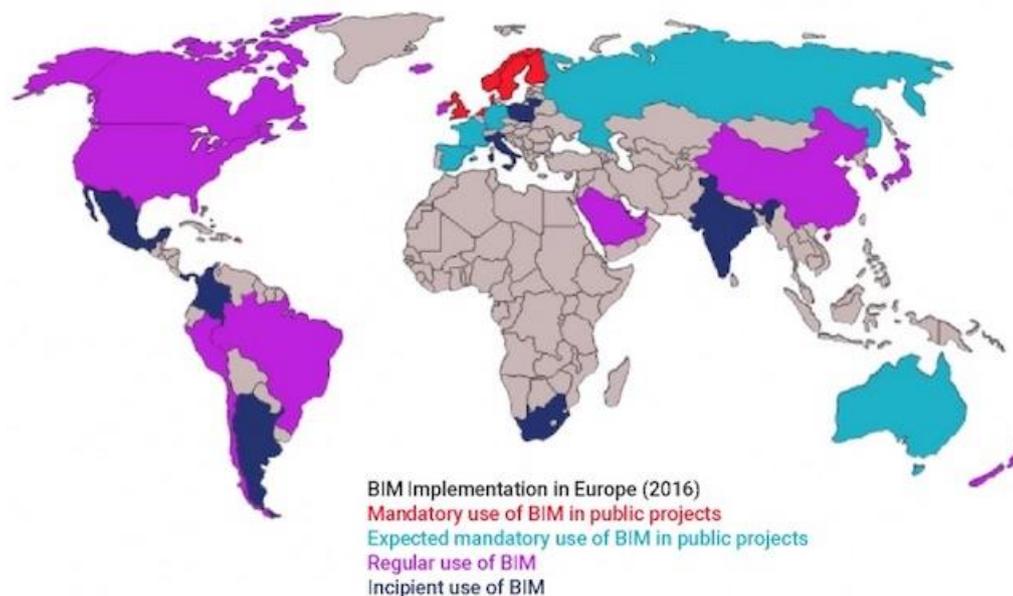


Figura 1.4: Sviluppo del BIM in Europa (Spanish Chapter Building Smart website)

In Italia il BIM fece la sua introduzione nella Normativa con l'Articolo 23, comma 13, all'interno del decreto attuativo del MIT (**DM 560/2017** dell'1/12/17, successivamente entrato in vigore il 12/01/2018).

Il più comunemente chiamato "Decreto BIM", è costituito da nove articoli, tre dei quali vengono riportati in maniera sintetica:

- Articolo 3: secondo il quale le stazioni appaltanti devono attrezzarsi definendo personale idoneo per gestire il processo collaborativo e munendosi di hardware adeguati (entro i termini dell'Art.6);
- Articolo 5: secondo il quale il BIM può essere requisito di ammissione gara solo se la stazione appaltante può supportarlo, altrimenti può essere inteso come premio in sede di offerta;
- Art.6: secondo il quale il BIM diverrà obbligatorio in modo graduale, secondo diversi step per le opere di importo a base gara:
  - ✓ Pari o superiore a 100 milioni di euro, a decorrere dal 1 gennaio 2019;
  - ✓ Pari o superiore a 50 milioni di euro, a decorrere dal 1 gennaio 2020;
  - ✓ Pari o superiore a 15 milioni di euro, a decorrere dal 1 gennaio 2021;
  - ✓ Pari o superiore a importi: in riferimento all'Art.3517Dlgs 50/2016, a decorrere dal 1 gennaio 2022;
  - ✓ Pari o superiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1 gennaio 2023;

- ✓ Inferiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1 gennaio 2025.

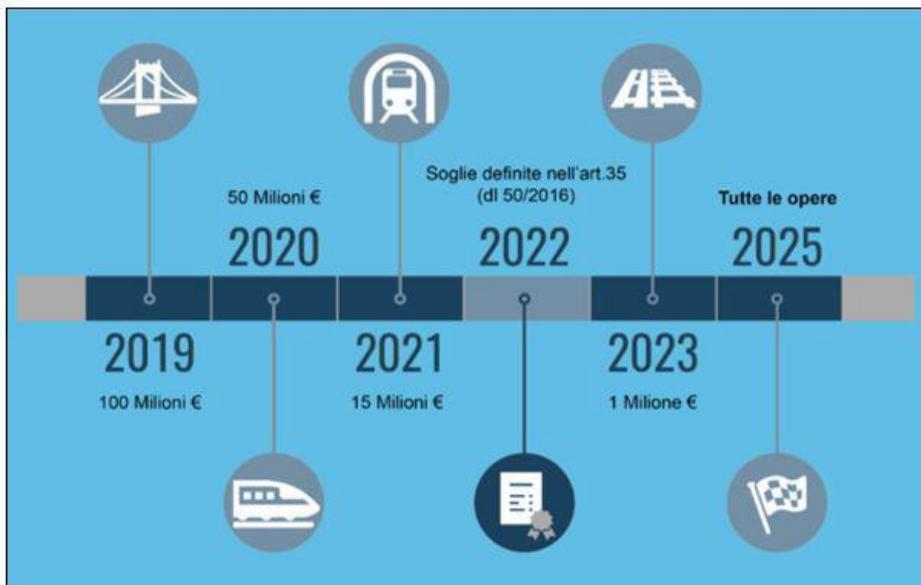


Figura 1.5: Obbligatorietà del BIM secondo il Decreto Ministeriale 560/2017 (<https://www.ingenio-web.it/18347-bim-per-infrastrutture-lineari>)

L'introduzione di questo decreto, quindi regola gli obblighi per le stazioni appaltanti e ne definisce le tempistiche di obbligatorietà nel campo dei lavori pubblici, rappresentando così un evento storico per il settore delle costruzioni del nostro paese.

## 1.4 InfraBim

Il termine InfraBim (Infrastructure Building Information Modeling) è utilizzato nel settore AEC per indicare le applicazioni della metodologia BIM nella progettazione, costruzione e gestione di infrastrutture.

Le infrastrutture forniscono i servizi indispensabili per il funzionamento delle società e rappresentano oltre il 35% delle opere pubbliche presenti sul nostro territorio.

La tipologia di infrastrutture di interesse nel presente lavoro sono quelle relative al sistema dei trasporti, che sono classificate in:

- Infrastrutture Stradali: che garantiscono la viabilità comunale e regionale e includono i sistemi autostradali;

- Infrastrutture Ferroviarie: composte dalle reti metropolitane e da quelle ferroviarie locali e interregionali;
- Infrastrutture Aeroportuali: includono il trasporto aereo, fluviale e marittimo.

Ognuna di queste tipologie è contraddistinta dalle grandi dimensioni delle proprie opere e dalla necessità di essere mantenute in efficienza per tutta la vita utile.

Questi aspetti inevitabilmente comportano grandi investimenti e richiedono una gestione attenta, idonea a garantire una manutenzione puntuale e rigorosa.

Il processo di realizzazione dei modelli digitali per le opere infrastrutturali coinvolge una serie di attività multidisciplinari, che richiedono l'impiego di formati differenti per il trattamento dei dati.

Infatti, vanno gestiti sia gli aspetti legati alla modellazione del territorio e quindi del contesto, che gli aspetti puramente strutturali e architettonici che riguardano le opere, senza mai perdere di vista il collegamento con il settore gestionale.

Un modello che garantisce una buona vista di insieme ha alla base una serie di lavorazioni preliminari, riguardanti le diverse discipline, che consistono nel trattamento dei singoli aspetti da parte dei professionisti; questi per mezzo dei parametri possono associare le informazioni agli elementi.

Realizzare un modello digitale 3D completo dell'opera significa includere in maniera chiara e ordinata gli aspetti relativi ai costi, ai tempi e infine alla gestione della manutenzione.



*Figura 1.6: Esempio di modellazione InfraBim (Ingmar Aija “InfraBIM showreel 2016”)*

L'applicazione della metodologia BIM alle infrastrutture comporta uno stravolgimento delle consuete tecniche di progetto e costruzione, costituendo inoltre un grande valore aggiunto per la gestione delle opere del nostro patrimonio, in termini di maggiore qualità, controllo e produttività.

Tuttavia, nonostante i benefici derivanti dall'impiego del BIM nel settore delle infrastrutture siano sotto gli occhi di tutti, ad oggi il suo effettivo impiego risulta essere una pratica ancora poco diffusa.

Lo stato dell'arte dell'infraBIM nel nostro paese è ancora parecchio indietro. Questo e altri fattori come l'elevato costo dei software, ne hanno inevitabilmente condizionato e ritardato lo sviluppo.

---

## **CASO STUDIO E OBIETTIVI**

---



### Caso studio e Obiettivi

---

#### 2.1 Ubicazione e storia del viadotto Portella

Il viadotto Portella è ubicato tra il km 80+300 e il km 80+500 della Strada statale Siracusana (SS124). Come mostrato in Figura 2.1, la strada è collocata nella porzione sud-orientale della Sicilia e la attraversa in direzione ovest-est.



*Figura 2.1: Localizzazione della Strada Statale 124*  
([https://it.wikipedia.org/wiki/Strada\\_statale\\_124\\_Siracusana](https://it.wikipedia.org/wiki/Strada_statale_124_Siracusana))

L'opera ricade nel territorio comunale di Palazzolo Acreide (Sr) e costituisce un'importante via di collegamento tra la città di Siracusa e Caltagirone (Ct).



Figura 2.2: Inquadramento geografico del viadotto Portella

La documentazione relativa al viadotto Portella è stata fornita da ANAS S.p.A., società commissionaria dell'opera. La storia del viadotto è stata ricostruita sulla base di ricerche di archivio e di informazioni raccolte presso il compartimento di Catania, non è stato tuttavia possibile recuperare la documentazione progettuale originaria nonostante le ricerche effettuate.

Il progetto esecutivo è stato redatto nel 1974 in occasione dei lavori di sistemazione ed ammodernamento del tratto della SS124 "Siracusana" compreso tra il km 79+090 (Palazzolo Acreide) ed il km 83+850 e del tratto della SS287 "Di Noto" compreso fra il km 0+000 (Bivio Palazzolo Acreide) ed il km 9+600 (Bivio Canicattini Bagni), e lo stato finale dei lavori risale al 18 marzo 1980. Risulta di fondamentale importanza sottolineare che la documentazione reperita non contiene informazioni circa i dettagli costruttivi dell'opera, come ad esempio carpenterie ed armature. Sono state recuperate soltanto le planimetrie ed i profili del tratto di strada, con l'ubicazione del viadotto in esame, la relazione geologica, le stratigrafie di alcuni sondaggi (di cui non è nota l'ubicazione) ed il computo metrico estimativo. Sulla base di

quest'ultimo è stato possibile ricavare informazioni relative alle proprietà dei materiali ed alla tipologia delle fondazioni delle pile e delle spalle.

Per mezzo delle ricerche effettuate e delle informazioni raccolte, non risulta che l'opera sia stata oggetto di importanti interventi successivi alla costruzione né di eventi significativi.



Figura 2.3: Vista di insieme

## 2.2 Descrizione degli elementi strutturali del Viadotto

L'opera presenta sei campate con luce pari a 33 metri, poggianti su 5 pile e due spalle, per una lunghezza complessiva di circa 197 metri.

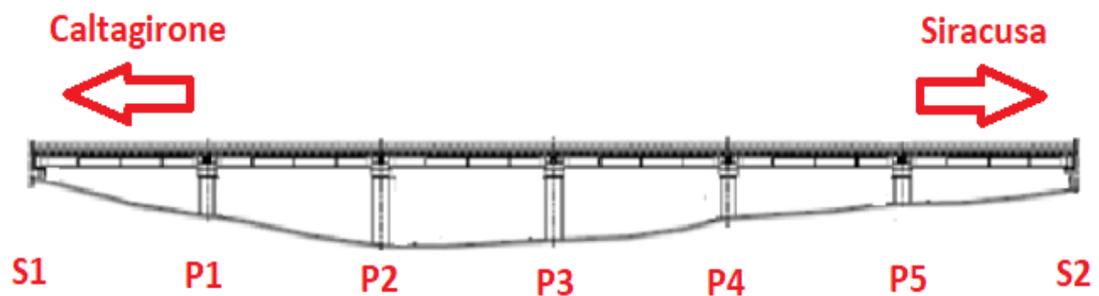


Figura 2.4: Sezione longitudinale del viadotto

Il tracciato planimetrico del viadotto è complessivamente rettilineo, nonostante vi sia una curva destrorsa con un raggio di 410 metri, presente in corrispondenza del tratto di strada tra la prima spalla e la seconda pila in

direzione Siracusa. L'andamento altimetrico è, invece caratterizzato da una leggera pendenza in direzione Caltagirone. La carreggiata è unica e presenta una sola corsia per senso di marcia con larghezza della pavimentazione pari a 9,50 metri.



Figura 2.5: Vista della carreggiata

L'impalcato è semplicemente appoggiato su pile a fusto unico e spalle a parete sottile in calcestruzzo armato. La larghezza complessiva è di circa 10,50 metri ed è costituito da quattro travi a doppia T che, dalle informazioni a disposizione, sono risultate essere in calcestruzzo armato precompresso di altezza 1,80 metri. L'impalcato è completato da una soletta di spessore pari a 0,30 metri, che presenta due sbalzi laterali di lunghezza media pari a 1,25 metri circa.

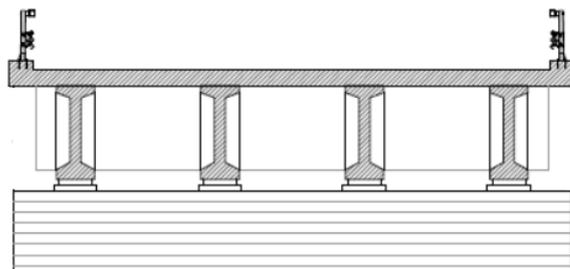


Figura 2.6: Sezione dell'impalcato tipo

Lo schema statico dell'impalcato è isostatico e la soletta è interrotta dalla presenza di giunti di dilatazione presenti in corrispondenza di ogni pila e di ogni spalla. In corrispondenza delle estremità delle travi sono presenti due

trasversi di calcestruzzo armato avente sezione rettangolare ed altri tre della medesima tipologia sono invece ubicati in campata, come mostrato in Figura 2.7.



Figura 2.7: Vista da sotto dell'impalcato

Le cinque pile circolari a sezione piena in calcestruzzo armato sono a fusto unico e di diametro pari a 2,90 metri, la loro altezza massima fuori terra è di circa 10 metri e la minima di circa 4 metri.

Le pile sono direttamente collegate a cinque pulvini realizzati in calcestruzzo armato, che hanno la forma di un parallelepipedo a sezione pressoché rettangolare. La vista di insieme dei due elementi è riportata in Figura 2.8.



Figura 2.8: Vista di insieme di pila e pulvino

Alle due estremità del viadotto trovano collocazione le due spalle in calcestruzzo armato, che sono costituite da una mensola a parete sottile, con altezze visibili fuori terra di circa 2 metri.



Figura 2.9: Vista frontale della spalla S2

Gli appoggi sono costituiti da cuscini in neoprene, aventi spessore di pochi centimetri e poggianti su baggioli in cemento armato. Sono presenti quattro dispositivi di appoggio della medesima tipologia per ogni pila e ogni spalla del viadotto.



Figura 2.10: Particolare dei dispositivi di appoggio

Le fondazioni delle pile e delle spalle risultano essere di tipo diretto, ma dalle informazioni a disposizione non è stato possibile risalire alle effettive dimensioni geometriche.

In Figura 2.11 viene infine riportata un'immagine aerea estrapolata da Google Earth, sulla quale viene riportata la disposizione degli elementi della sottostruttura del viadotto.

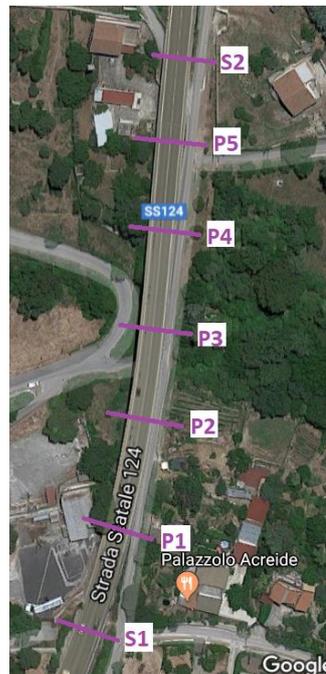


Figura 2.11: Immagine aerea del viadotto Portella

### 2.3 Dati a disposizione e obiettivi della Tesi

Il viadotto Portella è gestito da Anas S.p.A., ed è la stessa Società che per mezzo della cartella "Project work ANAS" ha gentilmente fornito il materiale necessario allo studio dell'opera, permettendo la realizzazione di questo lavoro. Dunque, per questioni di riservatezza, essendo la documentazione di proprietà di Anas S.p.A., non è stato possibile mostrare i risultati delle analisi. I dati a disposizione che sono stati utilizzati sono tutti relativi agli anni 2009-2011 e consistono in un report fotografico dell'opera, schede di sintesi delle verifiche sismiche, rapporto finale delle verifiche sismiche contenente le varie indagini e analisi effettuate, progetto preliminare delle opere di adeguamento.

Completano la documentazione un file AutoCAD contenente le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, con relative indicazioni grafiche dei degradi e un modello 3D a nuvole di punti ottenuto mediante impiego di tecnologia laser scanner terrestre.

L'obiettivo del presente lavoro è quello di applicare la metodologia BIM al caso studio del viadotto Portella, al fine di realizzare una modellazione con alto livello di dettaglio geometrico composta da elementi completamente parametrici e contemporaneamente la realizzazione di un piano di manutenzione che coinvolga tutti gli elementi modellati ed "etichettati" secondo la codifica WBS di Anas.

Al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati il lavoro è stato suddiviso in diversi step. Prima di applicare la metodologia BIM è stato necessario un lavoro di studio del materiale, in termini di caratteristiche storiche, strutturali, costruttive e morfologiche.

Al termine della fase di studio iniziale, con l'ausilio dei software di Autodesk è stato possibile modellare parametricamente tutti gli elementi strutturali del viadotto e il terreno di base, ed effettuare la georeferenziazione del modello finale. È stato effettuato un sopralluogo con lo scopo di cogliere ancora meglio gli aspetti chiave e le particolarità degli elementi strutturali; ciò ha sicuramente consentito di migliorare il livello di dettaglio della modellazione. Poiché le ultime immagini fotografiche a disposizione, relative alle condizioni del viadotto, erano relative al 2009, si è colta l'occasione, nella stessa data del sopralluogo, per realizzare un ulteriore report fotografico per poter confrontare le immagini sugli ammaloramenti nel successivo arco temporale di dieci anni.

Infine, sulla base delle linee guida di Anas sulle attività di manutenzione degli elementi strutturali di interesse e delle informazioni a disposizione è stato realizzato un database, che ha permesso di stilare un piano di manutenzione. Nei successivi capitoli verranno dettagliatamente esposte le modalità di sviluppo dei punti fino ad ora elencati, includendo nel Capitolo 3 una breve descrizione dei software messi a disposizione dal Politecnico di Torino, adoperati per la realizzazione del lavoro.

---

**SOFTWARE UTILIZZATI PER LA  
MODELLAZIONE BIM**

---



---

# Software utilizzati per la modellazione BIM

---

Per la realizzazione del presente lavoro di Tesi è stato necessario l'impiego di diversi software che lavorano in ambito BIM, adoperati con licenza studente e messi a disposizione dal Politecnico di Torino.

La loro principale caratteristica è quella di consentire la realizzazione di un unico modello 3D completo di tutte le informazioni a disposizione.

Fino ad oggi le più comuni attività di scambio dati hanno riguardato l'utilizzo di dispositivi fisici come USB, oppure attraverso le mail.

Questa pratica è sempre stata contraddistinta dalla presenza di errori e a interpretazioni personali a causa della mancata comunicazione all'interno dei gruppi di lavoro. La centralità del modello nel BIM ha reso indispensabile l'introduzione di un mezzo rivoluzionario, il worksharing, che consiste nella condivisione del lavoro riguardante uno stesso progetto tra più utenti, grazie ad apposite piattaforme connesse a Internet.

Quest'ultimo è ormai uno strumento indispensabile, che permette la gestione di un'opera interdisciplinare tra più professionisti facenti parti di uno stesso team, ognuno dei quali si occupa di curare la realizzazione degli aspetti di pertinenza, potendo al contempo monitorare in tempo reale l'evoluzione del modello centrale.

Con questo strumento è assicurata una notevole ottimizzazione del flusso di lavoro, in quanto tutte le figure hanno costantemente a disposizione tutte le informazioni di interesse, ne consegue una drastica riduzione del margine di errore.

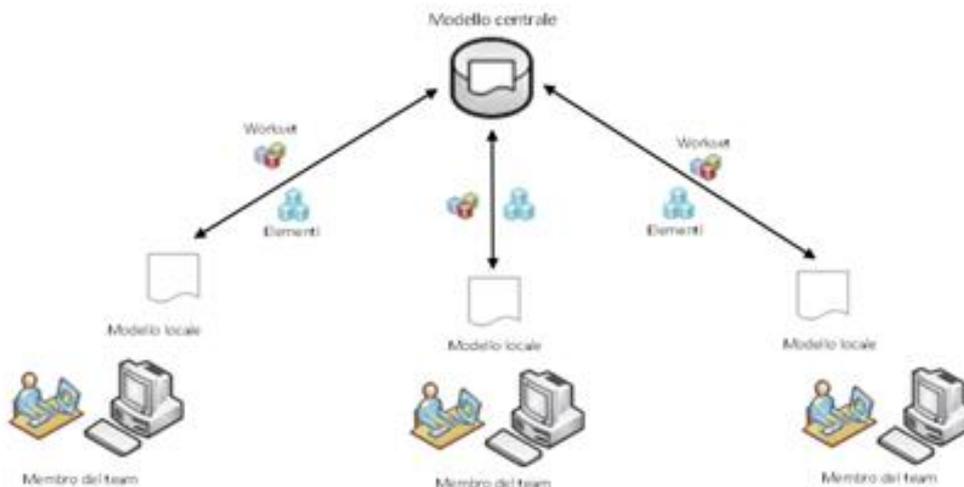


Figura 3.1: Illustrazione del worksharing (Autodesk.com)

Inoltre, il connubio tra la completezza delle informazioni e l'aspetto visivo è fondamentale per gestire ogni fase progettuale, dallo studio del contesto in fase preliminare, alla progettazione, fino alle successive fasi di gestione e manutenzione, avendo anche la possibilità di includere informazioni riguardanti il fattore tempo e i costi.

L'utilizzo della metodologia BIM prevede per sua natura l'utilizzo di diversi software per la realizzazione di uno stesso progetto, questi software a loro volta sfruttano la possibilità di interscambiare dati in formati differenti.

Ci si trova quindi spesso di fronte problematiche relative all'interoperabilità. Infatti, seconda del tipo e dell'importanza del progetto che si vuole realizzare, può essere preferito l'uso di un determinato programma rispetto ad altri, a tal proposito in Figura 3.2 viene riportata una breve panoramica di alcuni dei software presenti oggi sul mercato.

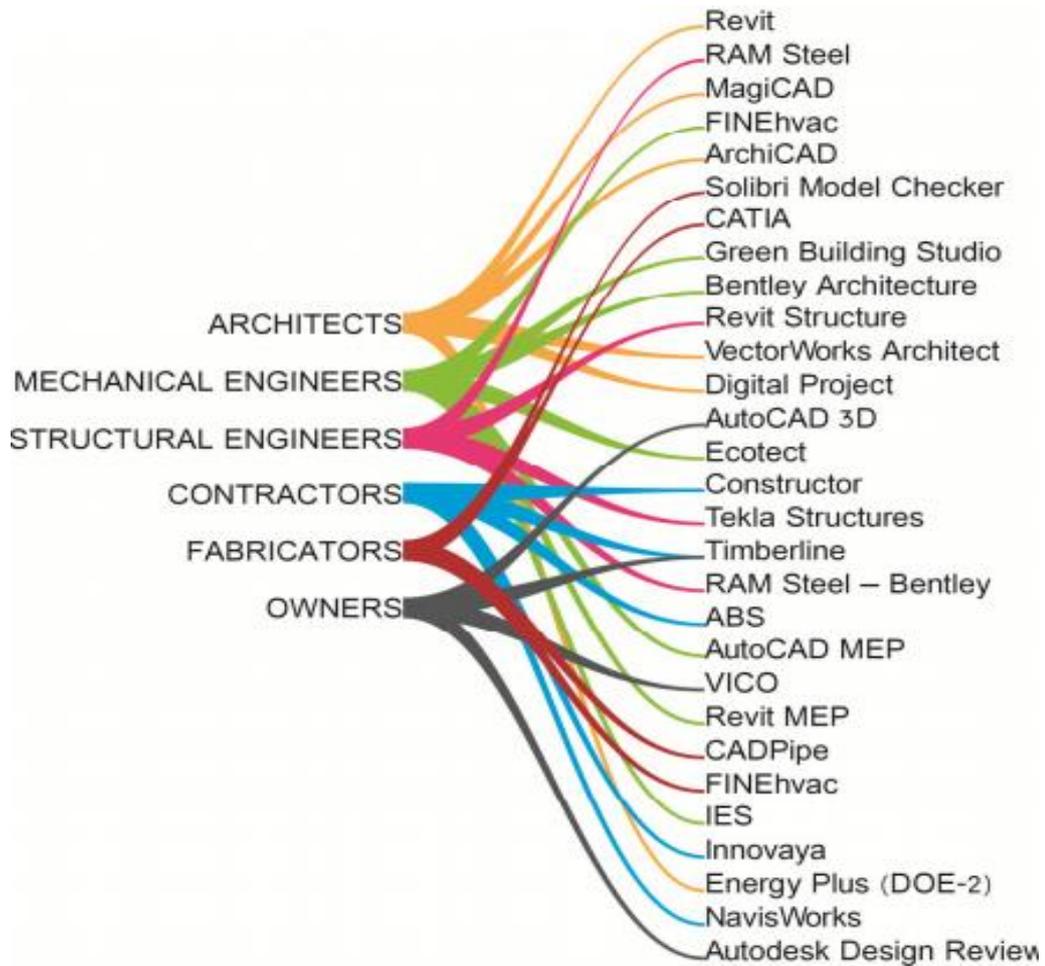


Figura 3.2: Tipi di software BIM (“Una panoramica sul BIM”, Dalla Mora 2014)

In particolare, in questa Tesi è stata applicata la metodologia BIM ad una infrastruttura, per tale motivo la scelta è ricaduta sull'utilizzo di programmi di una delle software-house leader nel settore.

Si è scelto di utilizzare i software di Autodesk e al fine di realizzare un modello finale completo si è scelto di lavorare con quanti più programmi possibili, potendone quindi valutare l'interoperabilità.

Nei paragrafi seguenti si riporta una breve descrizione dei programmi e dei formati utilizzati.

### 3.1 Autodesk

Autodesk è un'azienda di software e servizi rivolti alla progettazione di infrastrutture, costruzioni civili e industriali e anche di contenuti multimediali per l'intrattenimento, progettazione meccanica, manifatturiera e sistemi PLM (Product Lifecycle Management).



Figura 3.3: Logo di Autodesk

È un'azienda leader nello sviluppo di software 3D e BIM, fu fondata nel 1982 da John Walker e da altri 12 cofondatori, ed è attualmente divisa in 4 grandi dipartimenti rivolti a diversi ambiti industriali di riferimento:

- **MSD** (Manufacturing Solutions Division): si occupa dello sviluppo di Autodesk Inventor/Valut e AutoCAD Mechanical;
- **AEC** (Architecture, Engineering & Construction): si occupa della gestione e sviluppo di AutoCAD (Architecture, Civil3D e MEP), oltre che alla famiglia Revit (Architecture, MEP e Structure);
- **M&E** (Media and Entertainment Division): si occupa dei software 3D Studio Max e Maya, in particolare della loro gestione e del loro sviluppo;
- **PSEB** (Platform Solutions & Emerging Business): si occupa dei prodotti di punta come AutoCAD e dello sviluppo e gestione di diversi altri prodotti per settori emergenti. <sup>[2]</sup>

I clienti appartengono a diversi settori, come: dell'architettura, dell'edilizia, dei media e dell'intrattenimento e utilizzano i software di Autodesk per

---

<sup>[2]</sup> Dati recepiti da wikipedia.org

visualizzare, progettare e simulare le loro idee per poi successivamente realizzarle.

Oggi stanno avendo grandissimo successo tra i clienti le diverse Applicazioni create dagli sviluppatori Autodesk per i sistemi iOS e Android, esse rendono più facile e veloce lo scambio e la visualizzazione dei file tra gli utenti.

I software di Autodesk più utilizzati sono Autocad e Revit per la progettazione CAD E BIM rispettivamente.

Lo sviluppo dei software Civil 3D, Infracad e Naviswork, ha permesso ad Autodesk di andare oltre la leadership nel settore edile e di affermarsi anche nell'ambito della progettazione strutturale ed infrastrutturale.

Ad oggi, infatti gli utilizzatori sono oltre 10 milioni che professionisti che, che operano in circa 185 paesi del mondo utilizzando i software di Autodesk.<sup>[3]</sup>

### 3.1.1 Civil 3D

Autodesk Civil 3D è uno dei software di riferimento per la progettazione infrastrutturale di dettaglio nell'ingegneria civile e supporta la metodologia BIM con opportune funzioni, oggetto di costante sviluppo e aggiornamento.



Figura 3.4: Logo di Autodesk Civil 3D

Tale software è specializzato nella modellazione dinamica di strade, ferrovie e di molti elementi infrastrutturali, permettendo il rispetto degli standard normativi e di produrre una completa documentazione progettuale.

Grazie alle numerose estensioni scaricabili è in grado di scambiare file con Infracad e Revit permettendo la completa realizzazione di un progetto,

---

<sup>[3]</sup> Dati recepiti dai siti Autodesk.com e wikipedia.org

dall'elaborazione dei DTM, fino alle successive fasi di progettazione e modellazione.

Inoltre, presenta un'interfaccia semplice e del tutto simile a quella di Autocad, che permette anche agli utenti meno esperti di interfacciarsi con ottimi risultati già dopo pochissimo tempo di utilizzo.

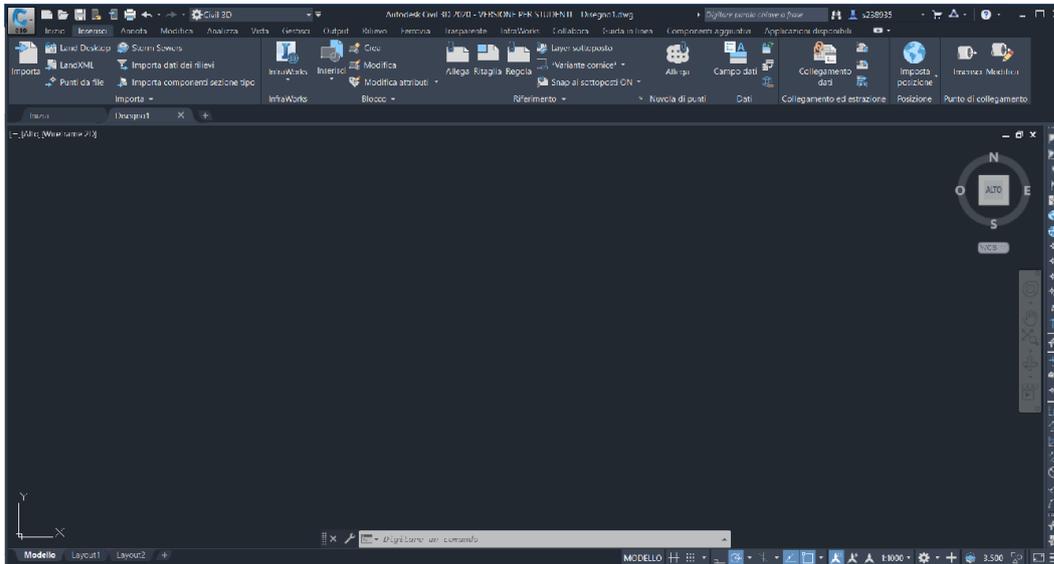


Figura 3.5: Interfaccia Civil 3D

### 3.1.2 Infracworks

Autodesk Infracworks è il software di riferimento della software-house per la progettazione preliminare nel campo delle infrastrutture.

Grazie agli ultimi aggiornamenti, alla velocità e intuitività dei propri comandi ha subito un'importante evoluzione, passando dall'essere un semplice generatore di modelli 3D territoriali al diventare un programma per la progettazione concettuale



Figura 3.6: Logo di Autodesk Infracworks

Come mostrato in Figura 3.7 la selezione della porzione di territorio di interesse risulta un'operazione semplice attraverso le funzionalità del "Model Builder", che dispone dell'ausilio grafico delle mappe Bing, permettendo così la generazione automatica del modello del terreno contenente la superficie, l'ortofoto e anche eventuali edifici e infrastrutture presenti, fornendo inoltre la possibilità di filtrare ed estrarre i dati di interesse.

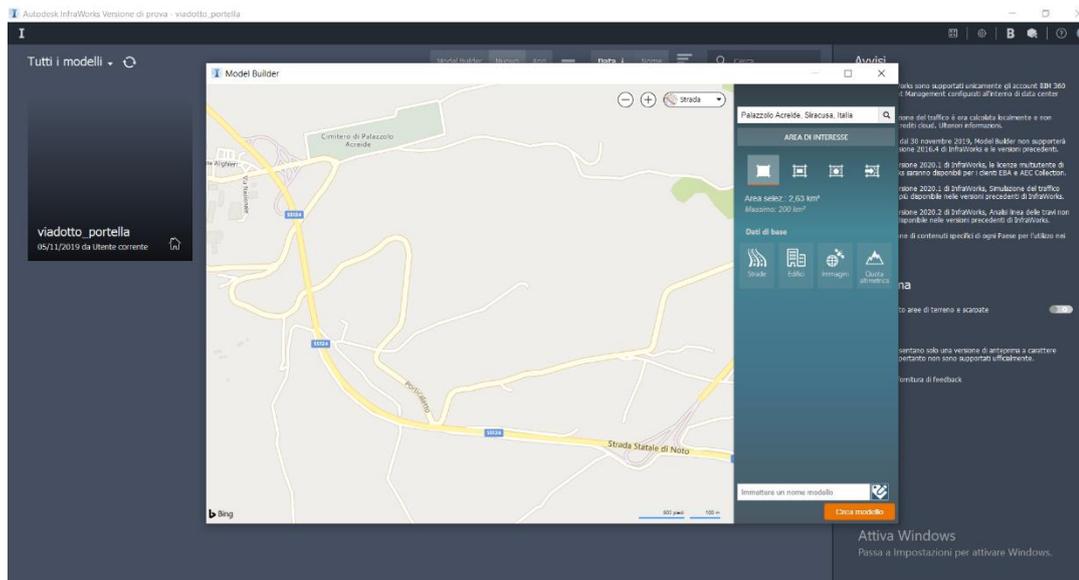


Figura 3.7: Model Builder di Infracworks

Per questo, la progettazione preliminare 3D di strade, ferrovie, ponti ed edifici risulta semplice e chiara. Inoltre, grazie ai servizi Cloud disponibili è possibile la condivisione del progetto tra le varie figure professionali, che sono così in grado di scegliere le migliori soluzioni possibili nelle prime fasi decisionali. Autodesk InfraWorks, grazie agli appositi comandi che permettono uno scambio diretto dei file, collabora strettamente con Civil 3D; quest'ultimo, successivamente permette di trasformare la progettazione preliminare in una progettazione di dettaglio. Altri vantaggi di utilizzo sono la possibilità di presentare ottime documentazioni progettuali, quella di realizzare filmati raffiguranti lo scenario creato nel modello e l'utilizzo del formato di salvataggio dati .SQLite, che consente la gestione e l'archiviazione dei dati in formato .ifc.

### 3.1.3 Recap PRO

Autodesk ReCap PRO è Software di scansione di dati 3D e di acquisizione della realtà, per la creazione di modelli intelligenti.

In particolare, è specializzato nell'elaborazione e nella gestione dei dati dei rilievi 3D realizzati con laser scanner terrestre o drone.



Figura 3.8: Logo di Autodesk Recap PRO

Con ReCap è infatti possibile lavorare con le nuvole di punti, e realizzare con successo i processi Scan-to-BIM. Infatti, l'elaborazione dei dati dei rilievi 3D, possono essere utilizzati per la modellazione CAD e BIM, un esempio è riportato in Figura 3.9.

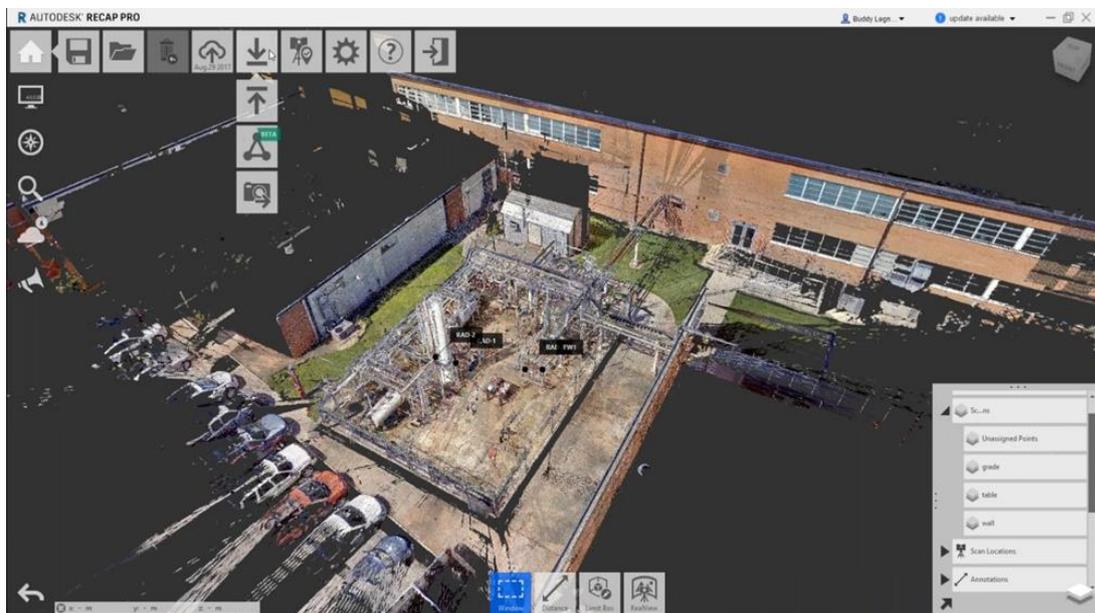


Figura 3.9 :Interfaccia Recap PRO (<https://www.motionmedia.com/autodesk-recap-pro-2020-single-user-monthly-subscription/>)

L'acquisizione di dati tramite la scansione fornisce un importante valore aggiunto al workflow BIM, infatti, l'utilizzo di ReCap nel presente lavoro ha permesso di visualizzare e salvare la nuvola di punti del viadotto Portella, permettendo la successiva importazione diretta in Revit.

### **3.1.4 Revit**

Autodesk Revit è senza ombra di dubbio il software leader del mercato nel settore della progettazione architettonica BIM.

Permette anche agli utenti meno esperti nel settore di avere un approccio nella modellazione BIM, attraverso la realizzazione di modelli 3D intelligenti, che permettono la gestione dei progetti dalle fasi preliminari, fino alla fase di demolizione.



Figura 3.10 :Logo Autodesk di Autodesk Revit 2019

Fu inventato dalla società “Revit Technologies Inc.” e in seguito acquistato dalla Autodesk per la cifra record di 133 milioni di dollari.<sup>[4]</sup>

È basato sulla modellazione parametrica di dettaglio degli elementi delle “famiglie”, e costituisce un elemento rivoluzionario nel settore, in quanto permette una completa percezione globale dei progetti per via del semplice settaggio di viste 3D, ma anche prospettiche e assonometriche.

Nasce come programma di progettazione per le opere “edili”, ma oggi grazie ai numerosi e costanti aggiornamenti è oggi dotato di funzionalità che permettono una progettazione multidisciplinare, includendo apposite sezioni per gli aspetti architettonici, meccanici, strutturali, e impiantistici (MEP).

---

<sup>[4]</sup> Dati recepiti dai siti Autodesk.com e wikipedia.org

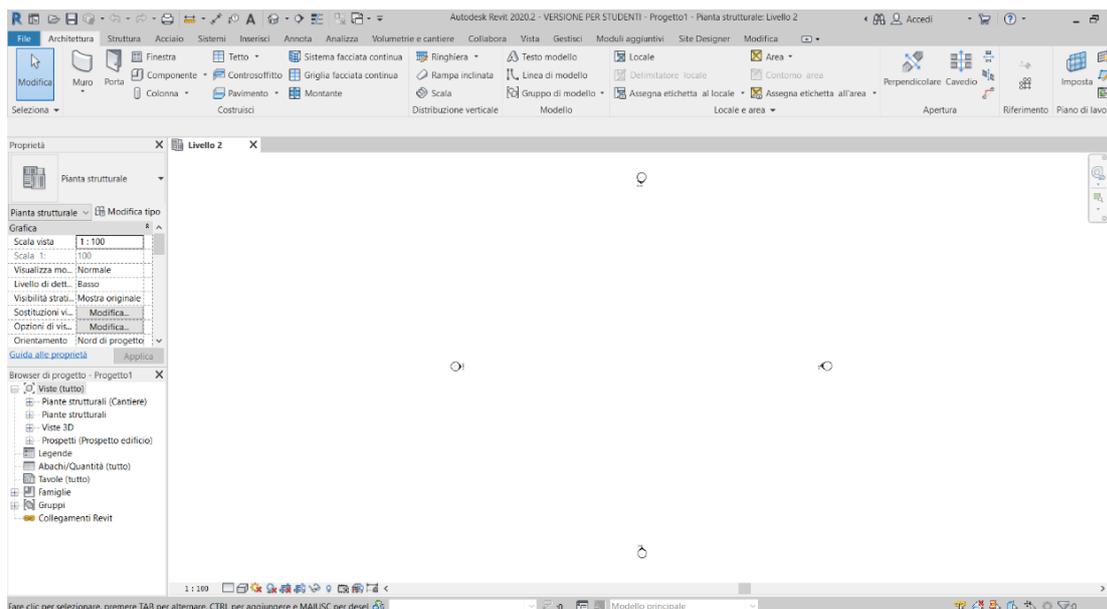


Figura 3.11 : Interfaccia di Autodesk Revit

Dall'immagine in Figura 3.11 è possibile apprezzare l'interfaccia di Revit, definita dagli esperti "userfriendly", poiché permette agli utilizzatori di lavorare con una disposizione semplice e intuitiva di tutti gli strumenti a disposizione.

Possono essere importati i file CAD in formato .dwg, .dxf e .dwt, che costituiscono spesso le basi per la realizzazione degli elementi parametrici.

È possibile includere sia gli aspetti relativi ai costi, che quelli relativi ai tempi del progetto e consente inoltre di realizzare appositi abachi che possono essere personalizzati a 360 gradi, in base alle diverse esigenze degli utenti.

Con le precedenti versioni il software risultava essere fortemente inadatto per la modellazione infrastrutturale, soprattutto in presenza di elementi curvi e/o complessi.

Oggi, invece, grazie agli ultimi aggiornamenti sono stati fatti grossissimi passi in avanti, infatti il modello del viadotto Portella oggetto di questa Tesi è stato interamente modellato in Revit 2020.

Va inoltre sottolineato lo sviluppo da parte di Autodesk di Dynamo, si tratta di un software ausiliario in grado di interfacciarsi in maniera diretta con Revit, permettendo così la modellazione e il posizionamento anche degli elementi geometricamente più complessi.



Figura 3.12 : Logo di Dynamo

Dynamo è disponibile in modalità Open Source e attraverso un linguaggio di programmazione composto da appositi script permette di modificare le geometrie degli elementi parametrici e tante altre importanti funzionalità, altrimenti difficilmente realizzabili con il solo impiego degli strumenti di base di Revit. Va inoltre sottolineato che Dynamo permette di interfacciarsi direttamente con Microsoft Excel.

### **3.2 Interoperabilità**

*“L’interoperabilità permette di scambiare i dati contenuti nel modello progettuale di partenza tra diverse piattaforme software e applicativi destinati alle varie funzionalità coinvolte nelle attività, non solo durante la fase di realizzazione dell’opera, ma anche nell’intero suo ciclo di vita, dalla manutenzione alla dismissione. Se tradizionalmente, infatti, i software specializzati sviluppati per la gestione ed elaborazione dei dati all’interno di specifici settori (quale quello dell’Engineering & Construction), mancavano della capacità di integrarsi reciprocamente, la trasversalità dell’approccio BIM richiede necessariamente l’accessibilità massima di tali informazioni progettuali e processuali a tutti i soggetti coinvolti.”<sup>[5]</sup>*

---

<sup>[5]</sup> Dati recepiti dal sito <https://www.str.it/magazine-edilizia/bim/interoperabilita>

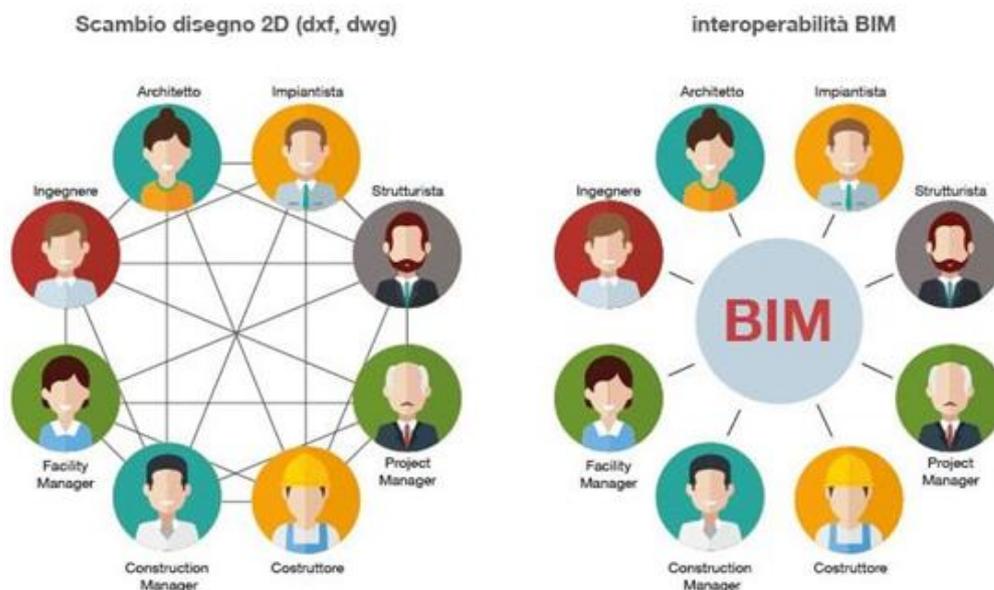


Figura 3.13: Interoperabilità BIM (biblus.acca.it/)

Dunque, l'interoperabilità, e tutti gli aspetti pratici che ne conseguono, sono il primo ostacolo a cui vanno incontro le figure professionali coinvolte nell'applicazione della metodologia BIM.

Il concreto impiego di tale metodologia dipende dalla corretta trasmissione delle informazioni tra diversi software e da un'attiva interazione tra le figure professionali coinvolte.

Infatti, non esiste sul mercato un software in grado di supportare ogni tipologia di file, diventa quindi necessario stabilire dei collaudati processi di scambio dati, sia in fase di importazione, che di esportazione, al fine di non far venir meno la quantità di informazioni in essi contenute.

### 3.3 Formato IFC

Nell'ottica di trovare una soluzione ai problemi di interoperabilità nel mondo BIM e di assicurare integrità e qualità nello scambio dati sono stati sviluppati gli schemi IFC.

La loro apparizione risale al 1994 ed è sviluppato da "buildingSMART" e ha previsto l'introduzione di un nuovo formato ".ifc", non appartenente in modo specifico a nessun software BIM, al fine di superare le difficoltà relative allo scambio dati tra le diverse discipline coinvolte nei progetti.



Figura 3.14: Logo IFC (ingenio-web.it)

Tale formato è supportato da diverse software house tra le quali Autodesk e si contraddistingue per la snellezza dei file e per l'obiettivo di offrire una possibilità di totale condivisione senza la perdita di informazioni.

Tuttavia, va sottolineato come ancora non si sia raggiunta una totale maturità nel progetto di sviluppo di IFC. Infatti, alcuni dei problemi più comuni riscontrati tra gli utilizzatori sono la mancata possibilità di modifica di alcuni file anche in seguito a una corretta visualizzazione e l'impossibilità di trasferire le totalità di informazioni dei propri modelli all'interno del formato, soprattutto a causa dei molti parametri da settare in fase di salvataggio.

### 3.3.1 Descrizione dei formati utilizzati

Anche a causa dei problemi appena descritti, al giorno d'oggi le software house lavorano prevalentemente con dei formati dati proprietari, il cui impiego risulta essere più collaudato di quello del formato .ifc.

Tra i tantissimi formati dati in circolazione, viene riportata una breve descrizione di quelli che sono stati maggiormente utilizzati nel presente lavoro:

- **DWG:** è un formato per i file di tipo CAD, sviluppato da Autodesk come database di definizione del disegno per AutoCAD ed altri propri programmi basati sulla medesima piattaforma. L'abbreviazione DWG, oltre ad essere l'estensione di tali file, sta per drawing, ovvero "disegno". Il DWG fu introdotto originariamente nel dicembre 1982 insieme ad AutoCAD 1.0, unitariamente al formato per la esportazione

verso altri sistemi CAD ovvero il DXF. Per il formato DWG Autodesk non ha mai rilasciato specifiche, forse proprio per la natura di "proprio strumento" contrapposta alla proposizione dello standard DXF;

- **DXF:** (Drawing Interchange Format, o Drawing Exchange Format) è un formato per i file di tipo CAD, sviluppato da Autodesk come soluzione per scambiare dati tra il programma AutoCAD e altri programmi. Il DXF fu introdotto originariamente nel dicembre 1982 insieme ad AutoCAD 1.0, e consentiva una rappresentazione esatta dei dati del formato originale di AutoCAD, DWG. Le versioni di AutoCAD dalla Release 10 (ottobre 1988) e successive supportano sia la versione ASCII che quella binaria del formato DXF. Le versioni iniziali supportavano solo il formato ASCII. Mentre AutoCAD diventava più potente, supportando oggetti sempre più complessi, il DXF diventava meno utile <sup>[6]</sup>;
- **IMX:** Il suffisso IMX del nome file viene utilizzato principalmente per i file DaVis Image. La specifica DaVis Image è stata creata da LaVision. I file IMX sono supportati dalle applicazioni software disponibili per i dispositivi che eseguono Windows. I file con estensione IMX sono classificati come file Graphic Files. Il sottoinsieme Graphic Files comprende 524 vari formati di file. DaVis è di gran lunga il programma più utilizzato per lavorare con i file .imx. È stato utilizzato in questa Tesi per trasferire i dati da Infracore a Civil 3D<sup>[7]</sup>;
- **RVT:** Il contenuto di un file di progetto di Revit è integrato con le specifiche di compilazione dei dati di proprietà di Autodesk utilizzati per il formato di file .rvt. I dati memorizzati in questi file di progetto Revit includono dettagli architettonici associati al progetto di un edificio e possono contenere dati relativi a elevazioni, planimetrie e sezioni di costruzione oltre che a immagini. Questi file di progetto possono mostrare immagini 3D e Rendering.

---

<sup>[6]</sup> Dati recepiti da wikipedia.org sia per "DXF" che per "DWG"

<sup>[7]</sup> Dati recepiti da <https://www.file-extension.info/it/format/imx>

---

**MODELLAZIONE PARAMETRICA DEL  
VIADOTTO**

---







---

# Modellazione parametrica del viadotto

---

Nel presente capitolo è trattata la modellazione parametrica 3D del viadotto e del relativo contesto, realizzata sulla base dei dati presenti nella documentazione a disposizione e di un sopralluogo, che ne ha facilitato la comprensione.

Non avendo conoscenze pregresse nell'ambito della modellazione BIM, fin dalle fasi preliminari si è scelto di utilizzare i software di Autodesk messi a disposizione dal Politecnico di Torino, sottolineando che alla base di questa decisione non vi è stato un motivo specifico che ha portato a preferire Autodesk rispetto alle altre software-house.

In particolare, il software di base utilizzato per realizzare il modello è stato Revit 2020, con l'ausilio di Civil 3D 2020, InRoads 2020 e Recur 2020.

Il viadotto Portella è caratterizzato dalla presenza di una pendenza longitudinale e di una curva di ampio raggio ed è composto da sei impalcati di similare lunghezza, poggiati su cinque pile e due spalle.

Nelle fasi iniziali ci si è trovati davanti a un bivio, che consisteva nella scelta tra:

- 1) Realizzare una modellazione approssimata trascurando le pendenze e la curva;
- 2) Realizzare una Modellazione di dettaglio.

In ultimo si è stabilito di non trascurare la pendenza e la curva, al fine di realizzare una modellazione con elevato livello di dettaglio geometrico, composta da famiglie completamente parametriche.

Tale scelta si è rivelata particolarmente complicata e dispendiosa in termini di tempo; per potere riprodurre la curva, dove ogni singolo elemento è stato trattato singolarmente, ed a causa dell'inclinazione longitudinale si è dovuto far ricorso agli offset non potendo contare sui livelli di riferimento orizzontali che caratterizzano l'utilizzo di Revit 2020.

In questo capitolo verranno descritti nel dettaglio tutti i passaggi eseguiti per la creazione del modello BIM, indicando i software che hanno permesso la realizzazione dei singoli elementi, includendo inoltre qualche riferimento ai comandi.

Il modello finale del viadotto, come mostrato nel capitolo 5, è stato successivamente arricchito dalla codifica di tutti gli elementi delle famiglie e dall'inserimento delle informazioni a disposizione. Nello specifico sono stati inseriti dati di tipo geometrico, informazioni reperite nelle relazioni tecniche e immagini fotografiche.

L'obiettivo finale è dunque quello di impostare un modello informativo unico e completo, in grado di essere una solida base di partenza per le successive fasi di gestione e manutenzione e codificato in maniera tale da poter essere di facile comprensione a tutti gli utilizzatori.

#### **4.1 Modellazione del contesto e georeferenziazione**

Non avendo a disposizione dati che permettessero né la geo-localizzazione diretta né un DTM del terreno di base, si è scelto di utilizzare tre software differenti, ovvero Infracore, Civil 3D e Revit e di testarne al contempo l'interoperabilità.

### 4.1.1 Modellazione del terreno

Il primo passo da cui si è partiti è stato la definizione del contesto ambientale in cui è localizzato il viadotto Portella; il software utilizzato è Infracore 2020. Sono state sfruttate le potenzialità del Model Builder individuando la porzione di territorio di interesse, come mostrato in Figura 4.1.

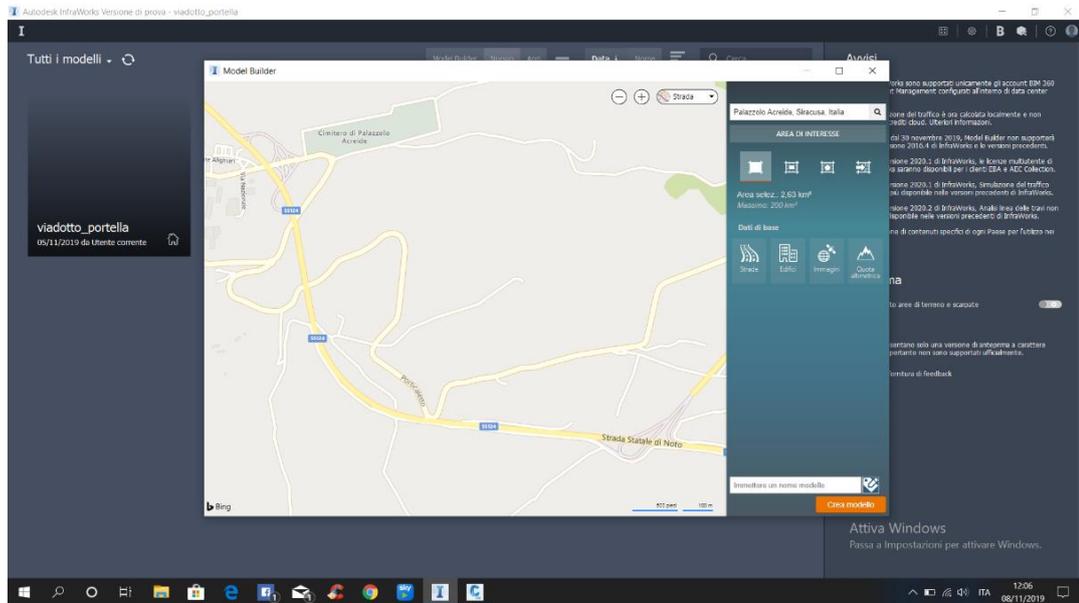


Figura 4.1: Geo-localizzazione del territorio di interesse (Autodesk Infracore)

Dopo avere selezionato l'area occupata dal viadotto ed avere impostato il nome del file, nel mio caso "viadotto\_portella", si è proceduto con la richiesta di Download del modello del terreno.

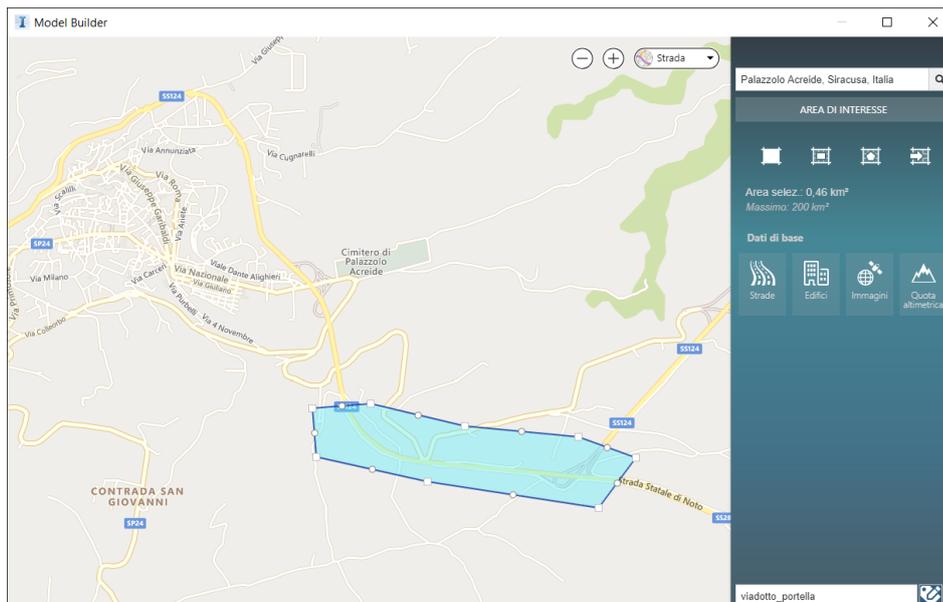


Figura 4.2: Individuazione viadotto Portella (Autodesk Infracore)

Tale procedura, infatti, non avviene in modo istantaneo, in quanto è possibile scaricare il modello desiderato solo dopo avere ricevuto l'autorizzazione dal server di Autodesk, nel mio caso il tempo di attesa è stato di circa venti minuti. Il modello 3D è stato salvato in formato .IMX secondo il sistema di coordinate "UTM84-32N".

Ottenuto il modello del terreno si è proseguito utilizzando il software Civil 3D 2020.

Come è possibile osservare in Figura 4.3, il modello generato con Infracworks è stato importato in modo semplice e veloce tramite il solo utilizzo dell'apposito comando "Importa IMX" nella dedicata sezione "Infracworks".

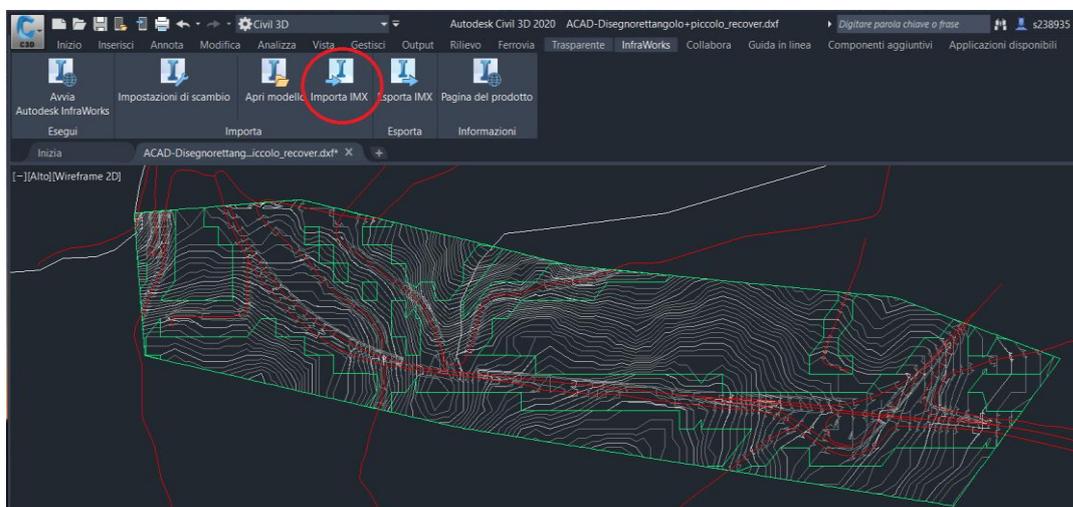


Figura 4.3: Comando di importazione del file .IMX

Affinché il processo di importazione vada a buon fine, risulta fondamentale settare come indicato in Figura 4.4 il medesimo sistema di coordinate impostato su Infracworks, ovvero UTM84-32N.

Nella stessa finestra, per mezzo del campo "Impostazioni oggetto" è inoltre possibile scegliere se importare le sole informazioni riguardanti il terreno e/o quelle riguardanti gli "oggetti" come ad esempio le strade.

Nel nostro caso sono stati importati entrambi.



Figura 4.4: Finestra di dialogo di Civil 3D per le opzioni di importazione

Al fine di verificare la corrispondenza geografica delle curve di livello e dei tracciati con la situazione reale, è stata sovrapposta l'ortofoto aerea alla superficie del terreno, riscontrando immediatamente una perfetta coerenza.

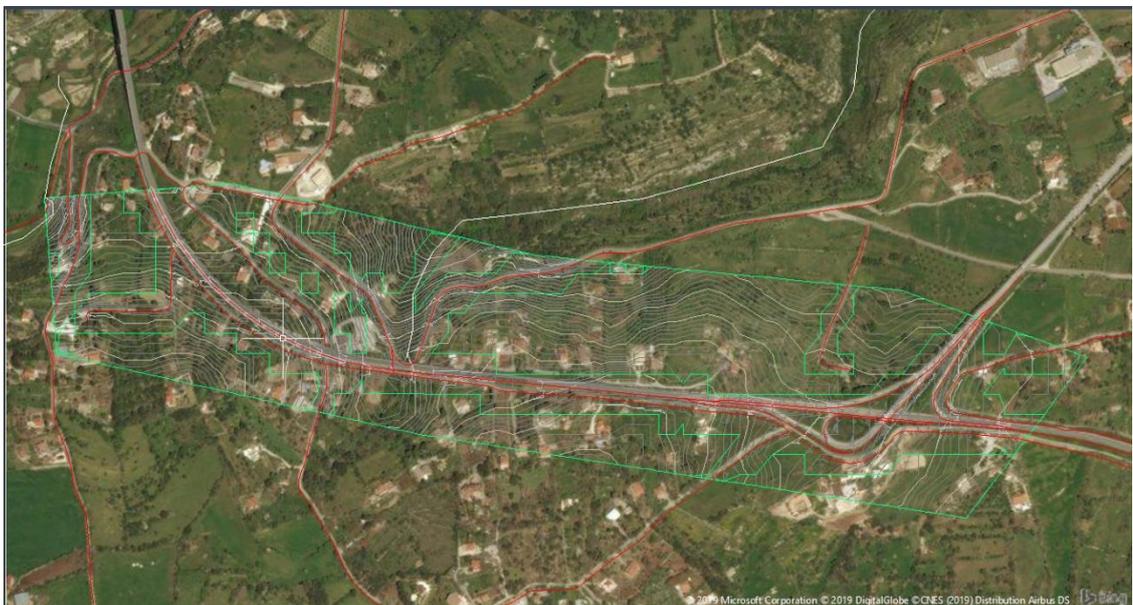


Figura 4.5: Sovrapposizione immagine aerea

Una volta verificata la correttezza del modello, con l'aiuto di Google Earth è stato possibile individuare il punto di inizio del viadotto, reso distinguibile cercando il punto in corrispondenza della spalla S1, come mostrato in Figura

4.6, tale punto nelle fasi successive verrà indicato anche come origine del modello in Revit.

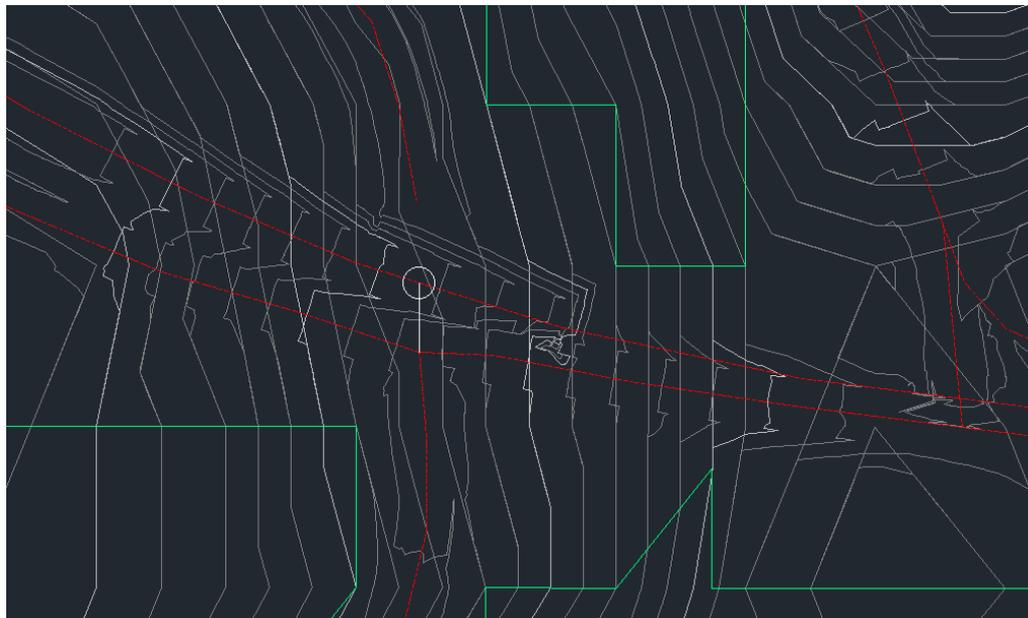


Figura 4.6: Individuazione del punto di origine

Lo stesso file è stato successivamente salvato in formato .dxf.

Una volta ottenute le isoipse in formato compatibile, si è passati all'utilizzo di Revit 2020. Il modello del terreno appena ottenuto è stato importato tramite l'apposito comando "Importa CAD".

Completata l'operazione, con l'utilizzo del comando "Superficie topografica" presente nella sezione "Volumetrie e cantiere" e mostrato in Figura 4.7, è stato possibile riprodurre l'andamento del terreno.



Figura 4.7: Illustrazione del comando "Superficie topografica"

Tale operazione non sarebbe stata possibile se non si fosse avuto a disposizione un file CAD con dati in 3D e se ogni curva di livello non fosse stata posizionata in corrispondenza del valore altimetrico corretto.

Il risultato di quanto appena descritto è mostrato in Figura 4.8.

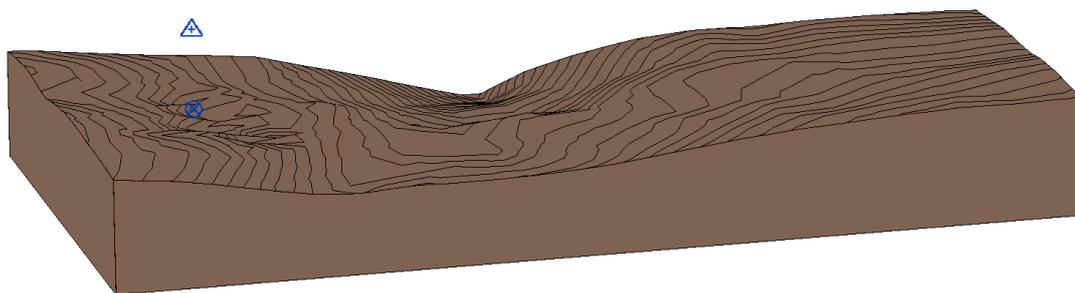


Figura 4.8: Modello del terreno (Revit)

Si è potuto appurare che l'iter di interoperabilità tra Infracore, Civil 3D e Revit abbia prodotto un ottimo risultato in relazione alla planimetria; avendo ottenuto una fedele rappresentazione del terreno.

Tuttavia, nel corso della procedura di individuazione in Revit del punto stabilito come origine del progetto, corrispondente alla spalla S1, ci si è accorti di una discordanza di circa 20 metri della quota altimetrica del modello rispetto al dato indicato per il medesimo punto nelle relazioni di Anas SPA.

Osservando la Figura 4.8, è possibile rendersi conto della discordanza; in particolare, il cerchio indica l'origine del progetto, mentre il triangolo indica le coordinate indicate nelle relazioni.

Al fine di verificare la correttezza nel dato altimetrico del modello ottenuto con Infracore, si è deciso di effettuare un'ulteriore procedura.

Infatti, è stato possibile confrontare il risultato appena ottenuto, con un file dalle medesime caratteristiche ottenuto con la versione Educational del Software Topos. [8]

Il modello generato e contenuto nel file "Tesi\_raster" in formato .dwg mostrato in Figura 4.9, contiene le curve di livello 3D, un'immagine raster correttamente posizionata e 4 punti georeferenziati.

[8] Il dato è stato gentilmente messo a disposizione dall'Ingegnere Campo, docente di topografia all'istituto di Istruzione Superiore di Messina "G. Minutoli"

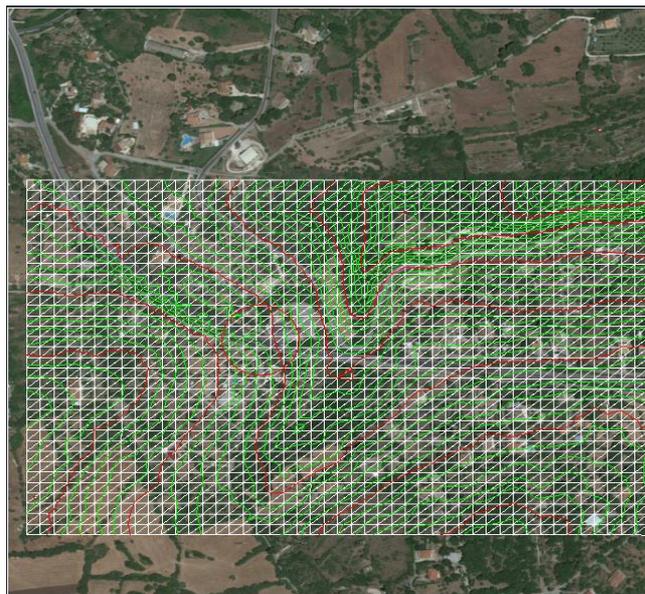


Figura 4.9: Modello del terreno ottenuto con “Thopos”

Tale file è stato importato in Civil 3D e con l’ausilio delle immagini raster si è riusciti a sovrapporre e orientare in modo corretto il file appena ottenuto con quello proveniente da Infracore, potendo riscontrare un’ottima corrispondenza, mostrata in Figura 4.10.

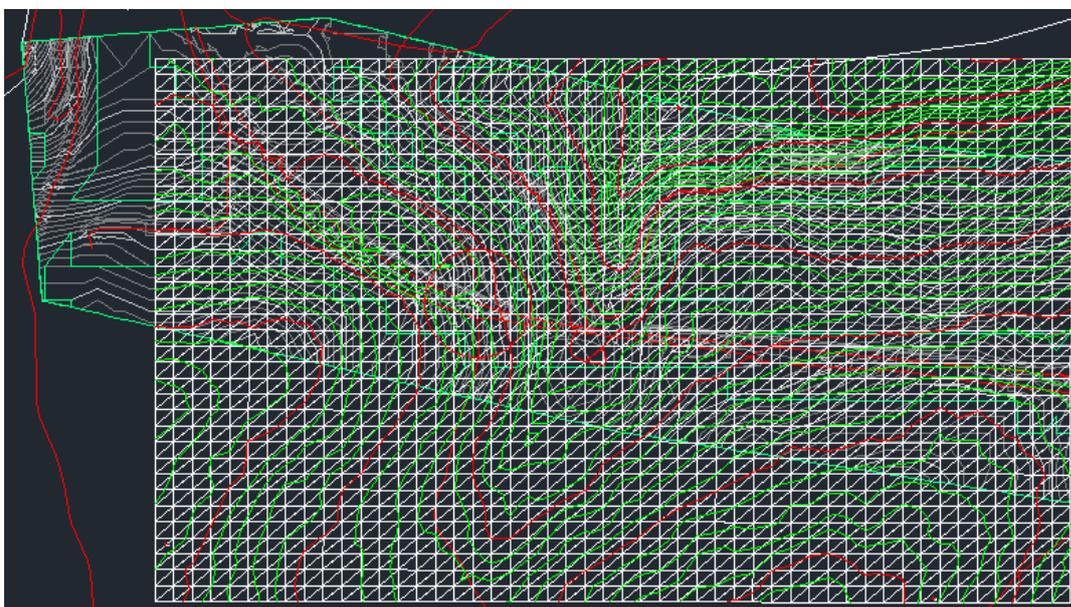


Figura 4.10: Sovrapposizione dei due modelli

Dopo avere salvato il file in formato .DXF, è stato importato in Revit insieme al file .DWG “Tesi\_raster” creato dall’Ingegnere Campo, tramite il comando “Aggiungi” presente nella sezione “Gestisci collegamenti”, come mostrato in Figura 4.11.

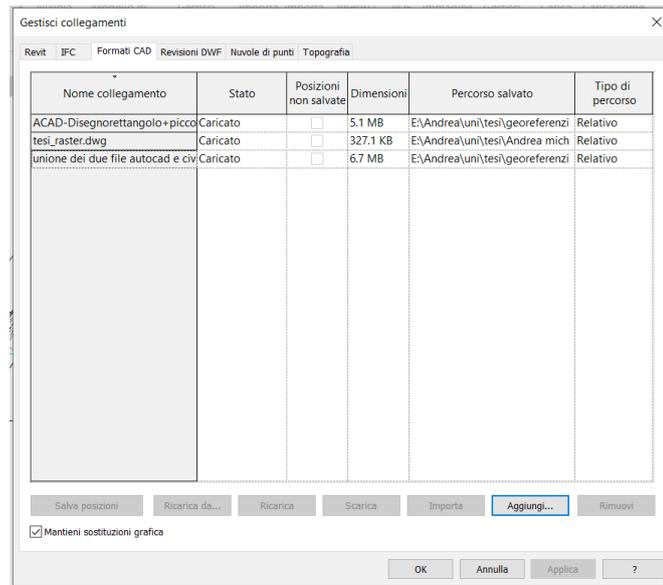


Figura 4.11: Finestra di gestione dei collegamenti (Revit)

A questo punto sono state confrontate le superfici topografiche ottenute con ognuno dei tre file importati su Revit. Osservando l'immagine presente in Figura 4.12 risulta possibile constatare che vi è una quasi perfetta corrispondenza tra il dato altimetrico ottenuto con il modello Infracworks e quello ottenuto grazie al file di Thopos.

Alla luce di quanto appena esposto è quindi possibile affermare che il risultato ottenuto risulta essere corretto sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico.

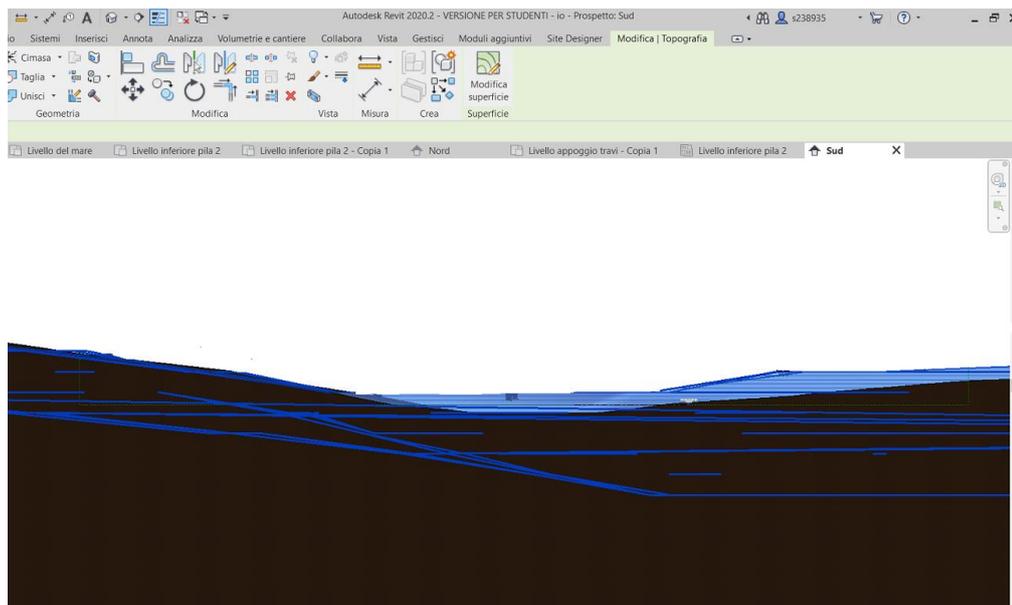


Figura 4.12: Sovrapposizione dei due modelli del terreno

## 4.1.2 Georeferenziazione

In ambito infrastrutturale risulta essere di fondamentale importanza la determinazione delle posizioni nello spazio reale.

Avendo già importato in Revit dei file già georeferenziati ed essendo già stato individuato il punto di origine del viadotto, si è proceduto con l'assegnazione delle coordinate anche in Revit dall'apposita sezione "Gestisci" come mostrato in Figura 4.13.

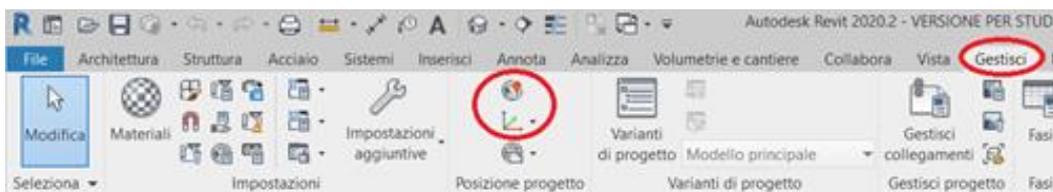


Figura 4.13: Comandi per la georeferenziazione (Revit)

Le coordinate sono state successivamente rese attive impostando cliccando sì sul comando "Rendi corrente" all'interno delle opzioni presenti nel comando "Località" della sezione "Gestisci", settando come punto di riferimento quello in corrispondenza della spalla S1.

Come mostrato in Figura 4.13, la Latitudine risulta essere di 37,05° e la Longitudine 14,92°, i dati combaciano con quelli presenti nelle relazioni fornite da ANAS.

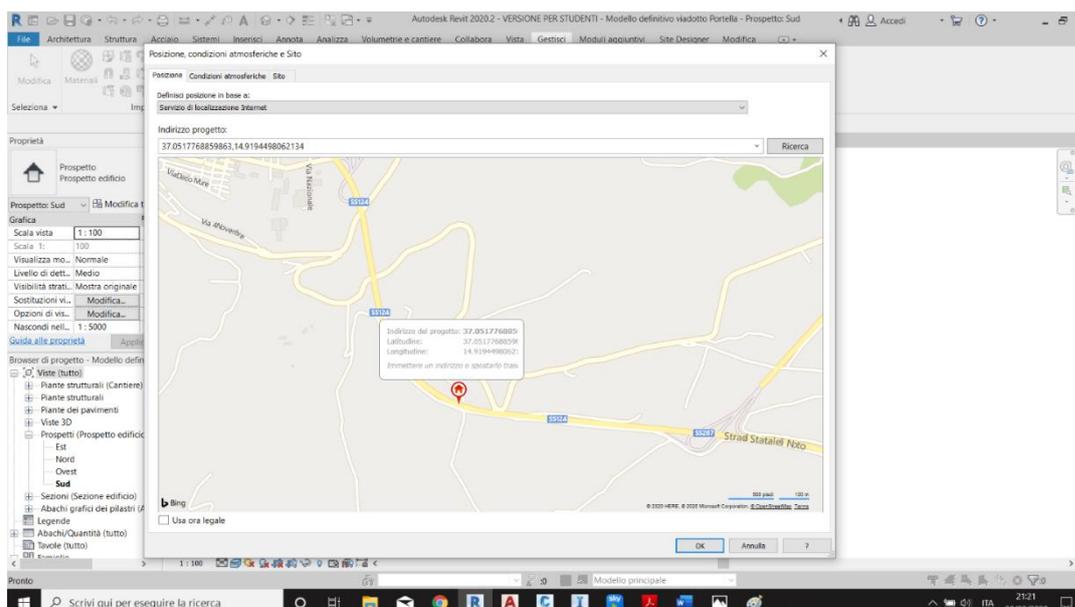


Figura 4.14: Localizzazione con Mappe Bing (Revit)

Per completare la georeferenziazione sarà necessario fare un'ulteriore operazione al termine della modellazione, ovvero l'orientamento finale del viadotto, cambiando l'impostazione da "Nord di Progetto" a "Nord reale".

Tale operazione verrà esposta nella parte finale del paragrafo 4.3.3 del presente capitolo.

## 4.2 Importazione della nuvola di punti

Dopo avere completato la modellazione del terreno e georeferenziato l'opera, ci si è occupati della nuvola di punti a disposizione, che ha costituito un riferimento fondamentale per la successiva fase di disposizione delle famiglie parametriche degli elementi costituenti il viadotto Portella.

Nella documentazione fornita da Anas sono presenti le relazioni e i file relativi alla ricostruzione 3D del manufatto realizzata con laser scanner terrestre.

La nuvola è stata ripulita dagli elementi di disturbo (come ad esempio la vegetazione) e rappresenta una fedele ricostruzione tridimensionale del manufatto.

Il file testo è stato importato con procedura diretta in Recap 2020, come mostrato in Figura 4.15.



Figura 4.15: Visualizzazione nuvola di punti (Recap)

Una volta visualizzata la nuvola, è stato sufficiente salvarla in formato .rcp ed importarla in Revit con l'apposito comando "nuvola di punti" presente nella sezione "inserisci" come mostrato in Figura 4.16.

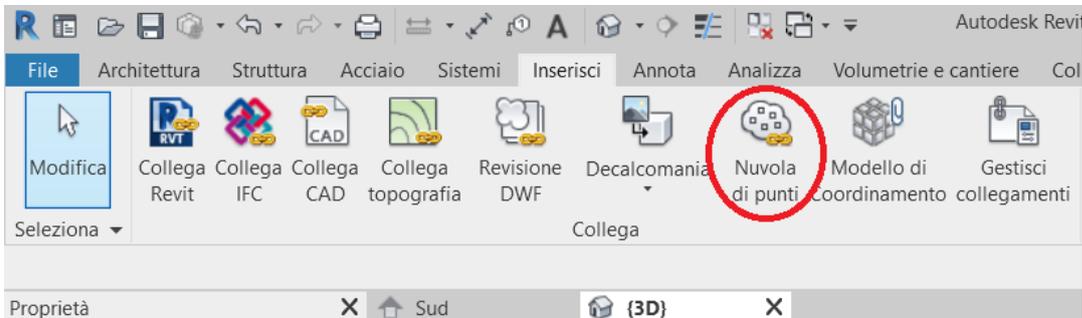


Figura 4.16: Comando "Nuvola di punti" (Revit)

Nella casella Posizionamento è stato necessario selezionare il comando automatico "da origine a origine".

Completato il processo di importazione è stato sufficiente orientare la nuvola nel verso corretto ed è stata bloccata con il comando "pin", il risultato è mostrato in Figura 4.17.

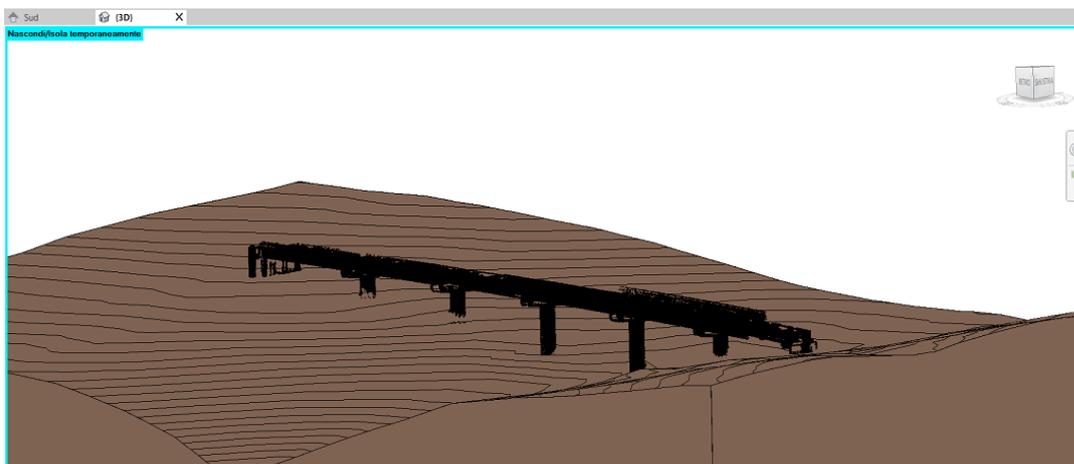


Figura 4.17: Visualizzazione nuvola di punti (Revit)

Come è possibile osservare, la nuvola di punti si adatta perfettamente al modello del terreno precedentemente realizzato; questo dato è stato interpretato come un'ulteriore conferma della correttezza del lavoro fin qui svolto. È doveroso sottolineare che, in prima battuta la nuvola è stata posizionata con la spalla S1 in corrispondenza del punto georeferenziato, ma

l'orientamento dello sviluppo dei punti del viadotto è stato inizialmente definito in maniera orientativa, regolandosi con l'altezza fuori terra delle pile, poiché non si avevano sufficienti elementi per definire la posizione esatta. Solo successivamente, al termine della modellazione, avvenuta in sovrapposizione alla nuvola, è stato possibile definirne la posizione nello spazio rispetto al nord reale, come spiegato nel paragrafo 4.3.3.

Inoltre, è stato possibile appurare la perfetta interoperabilità tra Recup e Revit; le operazioni descritte nel presente paragrafo sono risultate essere facili e veloci.

### **4.3 Modellazione del viadotto**

Una volta terminate le fasi precedenti, è stato possibile iniziare la modellazione delle famiglie parametriche degli elementi costituenti il viadotto Portella.

La struttura del viadotto è costituita da diversi elementi principali, ognuno dei quali viene modellato separatamente come "famiglia" e il tutto viene poi assemblato al fine di poter apprezzare l'opera nella sua interezza.

Con il termine "parametrizzare" si intende che gli oggetti sono realizzati con alcuni parametri, che ne descrivono le caratteristiche, quali ad esempio dimensioni, offset rispetto alla posizione originale, materiali, ecc.

Ciò descrive, ad esempio la capacità di modificare la geometria di un elemento cambiando semplicemente il valore della quota di interesse nell'apposita tavolozza delle proprietà.

Vi è dunque la possibilità di valutare in modo istantaneo e dinamico le variazioni e le relazioni dei tra gli elementi in gioco.

Dovendo modellare un viadotto, l'operazione preliminare è stata quella di impostare l'unità di misura in metri, con tre cifre decimali, sia nel modello che in tutte le famiglie parametriche realizzate, come mostrato in Figura 4.18.

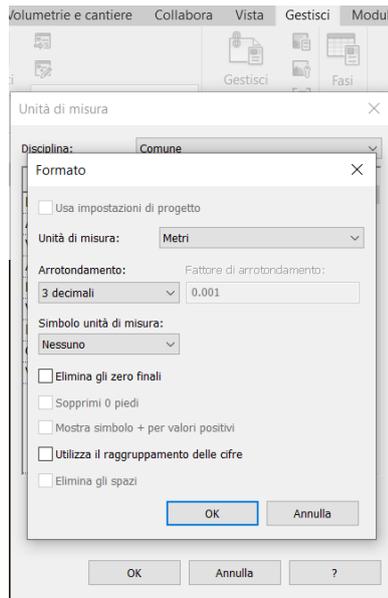


Figura 4.18: Settaggio delle unità di misura (Revit)

Successivamente è stato creato il primo gruppo di parametri condivisi, denominato “Dimensioni strutturali” e mostrato in Figura 4.19, contenente appunto tutti i dati relativi alle dimensioni geometriche degli elementi delle famiglie parametriche.

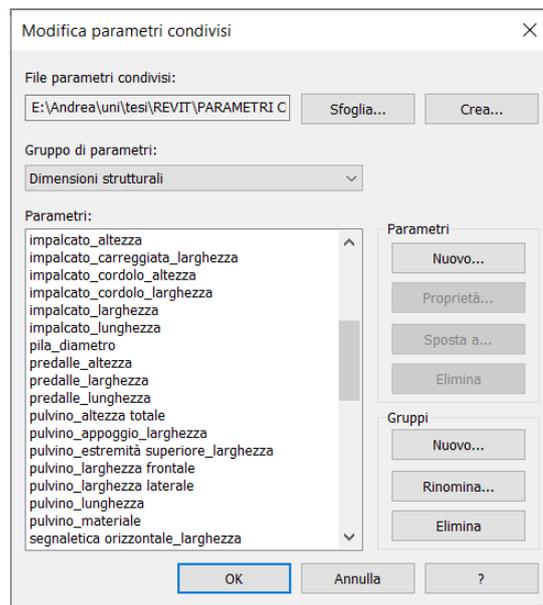


Figura 4.19: Gruppo di parametri condivisi

Tutti i parametri creati sono contenuti in un file testo appositamente realizzato, che è direttamente collegato a Revit.

```

PARAMETRI CONDIZIONI - Blocco note di Windows
# This is a Revit shared parameter file.
# Do not edit manually.
*META VERSION MINVERSION
MIRA >
*GROUP ID NAME
GROUP 1 Dimensioni strutturali
PARAM GUID NAME DATATYPE DATACATEGORY GROUP VISIBLE DESCRIPTION USERMODIFIABLE HIDDENHIDDENVALUE
PARAM 0528948d-2f23-42f1-b7ca-13e9f25c706a spalla piave altezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 08a4e01b-10aa-4e1b-a1ba-b2f27f8da52f basi plinti neoprene lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM c0755300b-cc0b-4b1b-a264-c704e1110ba6 trave anica lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM d0976189-63c6-4d0a-07d3-d82c0853cd11 giunto gomma armata altezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM ca7cfe80-ade0-4464-8010-f40cc543dbf0 boggolo lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 1b9938c1-180e-4502-a4d7-f4ab609e2890 elemento materiale MATERIAL 1 1 1 1 0
PARAM 52b54112-251b-4bf1-b1a11-b7abba1121da spalla piave lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 4007f481-ba22-4001-9b7e-22910246e791 trave altezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM d82b1417-1162-471c-0b70-b731c7c6a38a staffe scoperte TEXT 2 1 1 1 0
PARAM 64d6761b-fb00-4432-8040-0a703b04842c boggolo lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 6e14fd28-8603-4c5b-08cc-c07f3e6e4d5b impalcato lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 015ka112-1-1e7-4294-b45d-2953a2000f25 trave lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 9b15325-220b-45c8-a1d4-420b0b00049a traverso lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 8cc11c21-c810-4d52-0a76-c1883a7c7160 trave estremità tratto pieno appoggio lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 00030c2a-bd44-4d1c-97fc-d7883211c4c0 impalcato cordolo altezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 3792721c-f807-4d1a-9ec2-07f319924922 traverso lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 0101fba2-2-f17b-4e1b-b100-1-f001e0100e72 trave ala superiore inclinazione LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM c810272e-11d1-4c1d-a10e-420b0010da1a pedalle lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 1617a02c-95dd-4d38-b750-010c27dab044 soletta lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 3d6f3e3b-038c-4ec7-0dd2-409f301c0e18 cuscinetto neoprene altezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM ff21333f-25ad-4ef1-9276-016b01926e4d fondazione altezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 7f9e0410-4182-4d1e-9c1e-1701c2200011 pulvini appoggio lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 17b1c0d5-b7af-b7a2-9b5b-145254110b19 traverso altezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 120c851d-8d65-4016-b1d0-8e2121c103a0 trave estremità lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM c0d08fad-86f8-4d1c-b204-c0d3d384a2f2 impalcato altezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM e4d4784f-3c7a-4c49-b2b0-d6ef304e508c pulvino lunghezza laterale LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 00512275-1-1099-4151-b100-f10107f4010f2 fondazione lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM c710000b0-1110-410a-bc0a-7e110e0e0e04 trave testa lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM bb4d5163-51c4-4161-01f0-0c382d0788a3 spalla lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 8d97f0c4-71fd-4c0a-8df4-d63d8f08338d pila diametro LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 0b274071-f253-40ac-a057-40e16ca0372a Tenula perovabile LENGTH 2 1 1 1 0
PARAM 00211271-bf00-4f01-a011-007400100421 spalla appoggio altezza superiore LENGTH 1 1 1 1 0
PARAM 20106127-1d6a-471b-b2e2-010e2e1c74e1 cuscinetto neoprene lunghezza LENGTH 2 1 1 1 0
PARAM 7331c071-4300-4110-0060-0d6060c0d1dd liscioni verticali LENGTH 2 1 1 1 0
PARAM 6f4c5577-9e59-43ca-0b08-13e3bb030c87 giunto lunghezza LENGTH 1 1 1 1 0
    
```

Figura 4.20: File .txt dei parametri

Le dimensioni degli elementi strutturali sono state ricavate dalle relazioni tecniche e da un file Autocad 2D.

Tuttavia, non è stato possibile modellare le armature degli elementi in calcestruzzo armato e il cavo di precompressione delle travi per via dell'assenza di tali informazioni nei dati a disposizione.

A seguire, il lavoro in Revit è stato suddiviso in due parti:

- Modellazione delle sottostrutture;
- Modellazione dell'impalcato.

### 4.3.1 Modellazione della sottostruttura

Si è partiti con la creazione delle famiglie parametriche degli elementi costituenti la sottostruttura, quali: le spalle, le pile con i relativi plinti di fondazione e dei dispositivi di appoggio, ovvero: pulvini, baggioli in calcestruzzo armato e cuscinetti in neoprene.



#### 4.3.1.2 Modellazione delle Pile

Le cinque pile del viadotto hanno altezze diverse tra loro e sono realizzate in calcestruzzo armato.

Sono stati gli elementi più semplici da realizzare, infatti è bastato scegliere la categoria “pilastri strutturali” ed impostare il diametro di 2,90 metri, definire la forma circolare della sezione e assegnare il materiale

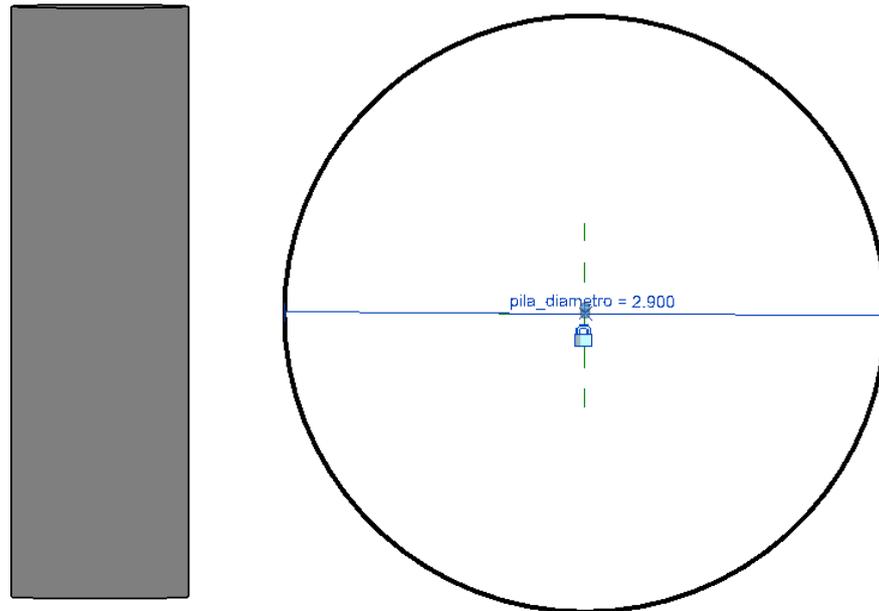


Figura 4.22: Modello e sezione delle pile

#### 4.3.1.3 Modellazione dei plinti

In seguito, sono state realizzate le fondazioni delle pile, costituite da plinti rettangolari in calcestruzzo armato. Per la modellazione si è partiti dalla categoria “fondazioni strutturali” sono stati assegnati i parametri dimensionali di interesse ed è stato assegnato il materiale.

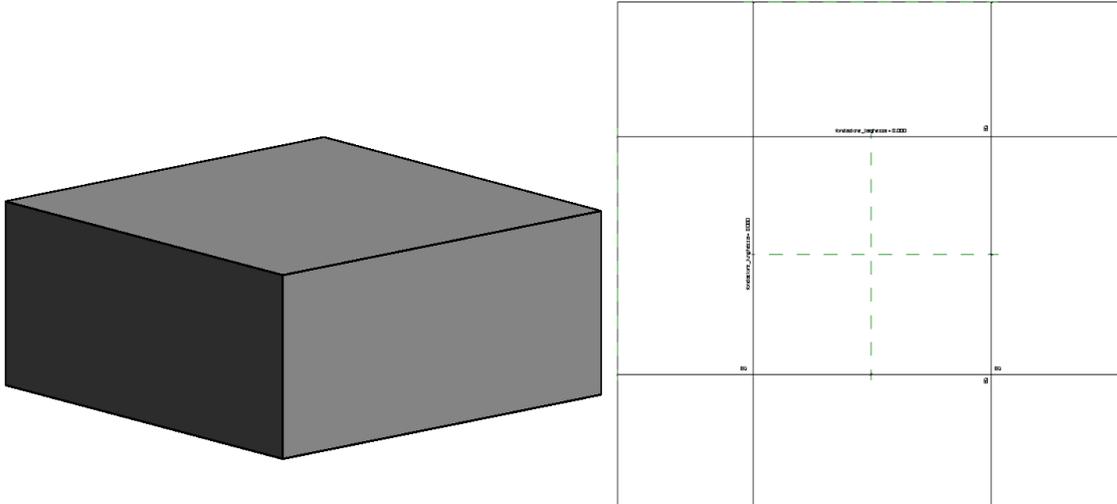


Figura 4.23: Modello e pianta dei plinti

I plinti sono stati successivamente collegati alle basi delle rispettive pile.

#### 4.3.1.4 Posizionamento di pile e spalle

A questo punto si è tornati a lavorare sul modello del viadotto, al fine di posizionare le famiglie fin qui create. Sfruttando la nuvola di punti a disposizione è stato facile, come mostrato in Figura 4.24, impostare una visuale di pianta e collocare le pile e le spalle nella posizione corretta.

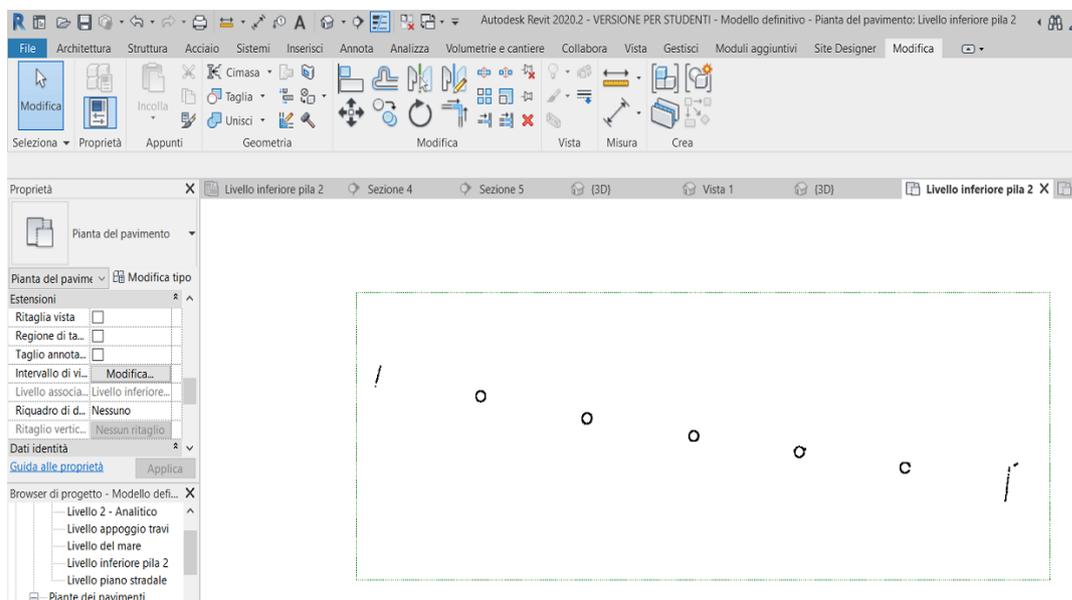


Figura 4.24: Posizionamento di spalle e pile

#### 4.3.1.5 Modellazione dei Pulvini

Il pulvino è stato senza ombra di dubbio l'elemento più difficile da modellare a causa della sua particolare geometria. Prima di riuscire a completare la modellazione di questo elemento sono stati effettuati numerosi tentativi, infatti, inizialmente è stata ottenuta la forma desiderata realizzando più geometrie semplici, rese solidali con il comando "unione".

In un secondo momento si è optato per modellare il pulvino come elemento unico; anche in questo caso si è partiti da "telaio generico metrico", e grazie ad un accurato posizionamento dei piani, si è riusciti a concludere correttamente la modellazione.

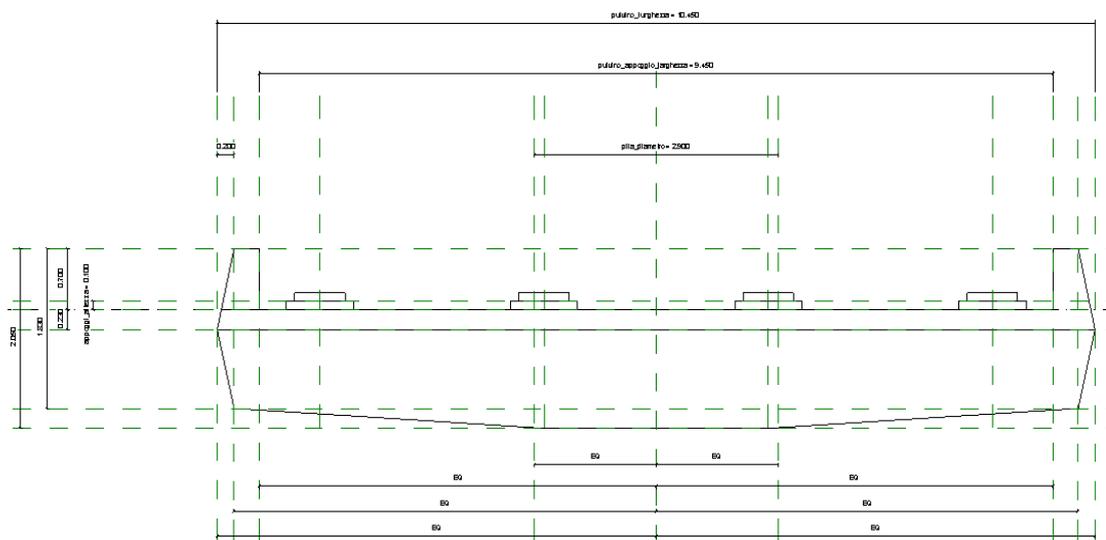


Figura 4.25: Posizionamento dei piani vista frontale

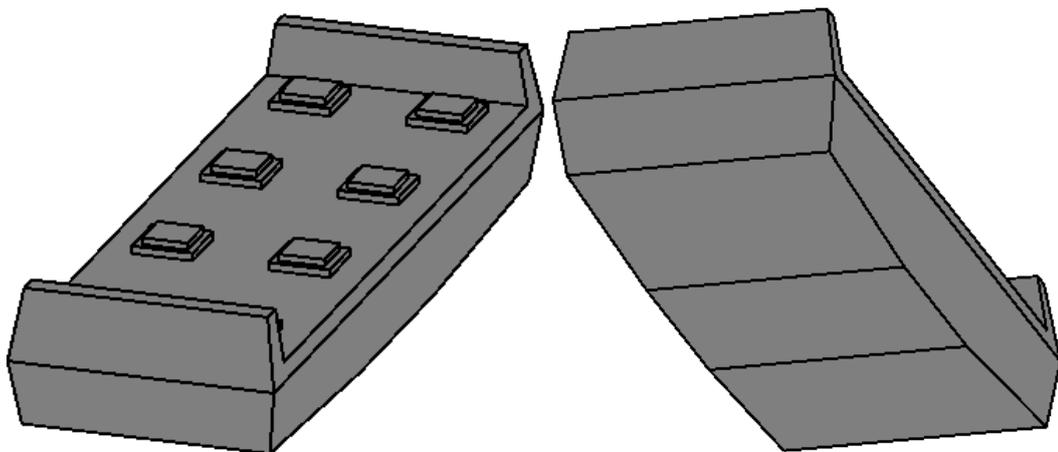


Figura 4.26: Viste 3D del pulvino

Come è possibile notare dalle immagini in Figura 4.25 e 4.26, anche per questo elemento sono stati posizionati i dispositivi di appoggio e sono stati assegnati i rispettivi materiali.

#### 4.3.1.6 Posizionamento dei pulvini

Sempre sfruttando la nuvola di punti, sono state create delle apposite viste, la cui inclinazione è stata regolata in funzione dell'altezza strutturale di interesse. Osservando le immagini presenti nelle Figure 4.27 e 4.28 è possibile apprezzare la corrispondenza tra i punti rilevati dal laser scanner e la posizione della famiglia parametrica dei pulvini appena realizzata.

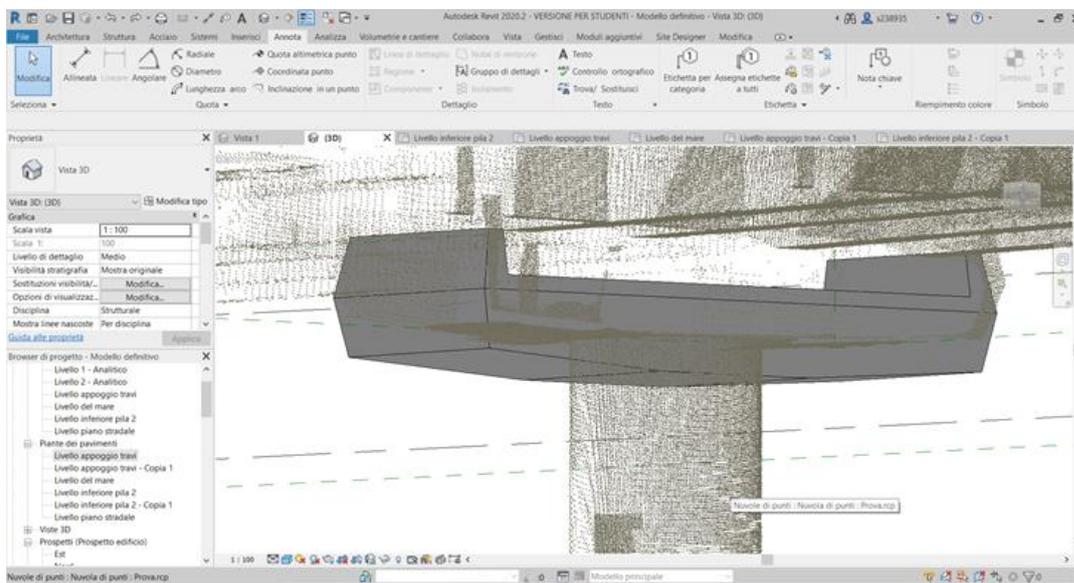


Figura 4.27: Posizionamento del pulvino

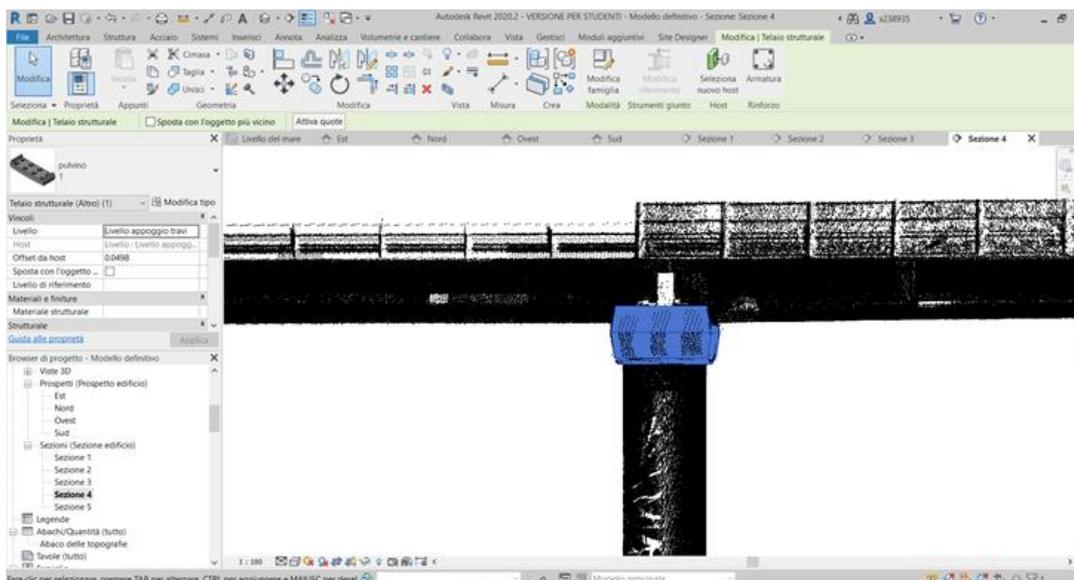


Figura 4.28: Regolazione altezza pulvino

### 4.3.2 Modellazione dell'impalcato

La seconda fase di modellazione ha riguardato la realizzazione delle famiglie parametriche degli elementi che compongono l'impalcato. In particolare, sono stati modellati gli elementi che hanno funzione strutturale, come le travi, le solette, i traversi e le lastre predalles, tutti gli elementi componenti la sovrastruttura stradale, come la pavimentazione, le barriere di sicurezza, i giunti di dilatazione e la segnaletica orizzontale.

#### 4.3.2.1 Modellazione delle travi

La sovrastruttura del ponte è sostenuta da quattro travi in calcestruzzo armato precompresso a “doppia T” di lunghezza circa uguale a 33 metri.

Per la realizzazione di tali elementi in Revit si è partiti da “telaio generico metrico”, in particolare la modellazione è iniziata da una vista di prospetto frontale, sono stati assegnati e disposti i piani di riferimento, gli opportuni parametri circa le dimensioni strutturali e il materiale.

La forma dell'anima della trave è stata realizzata con il comando “solido di sottrazione” che ne ha caratterizzato l'estrusione.

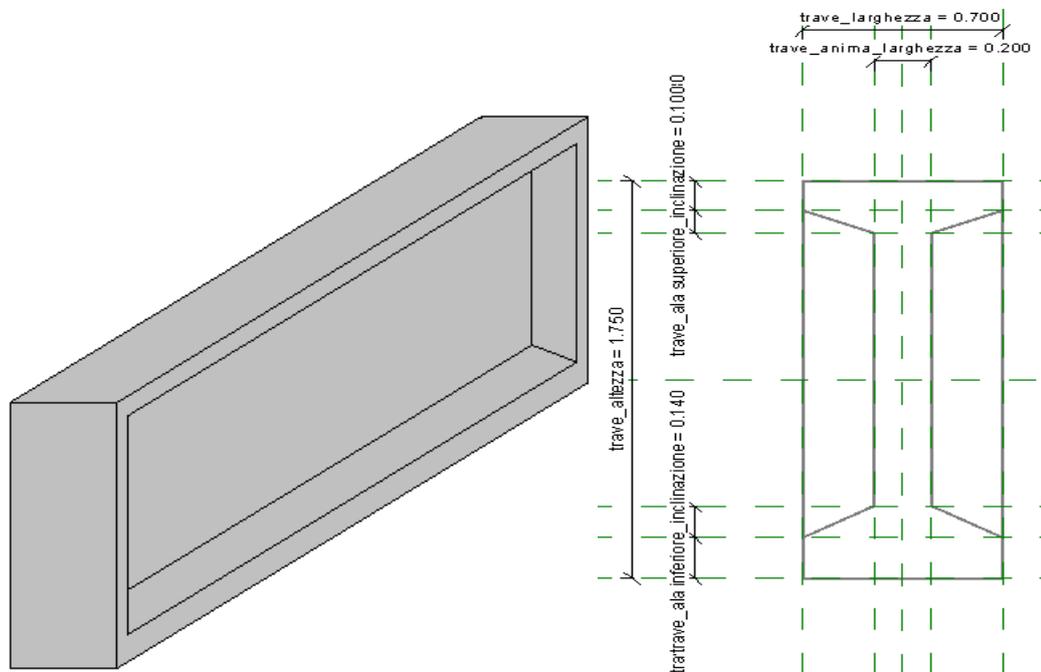


Figura 4.29: Modello e prospetto della trave

### 4.3.2.2 Posizionamento delle travi

Con l'ausilio delle nuvole di punti, e il settaggio di apposite viste sono state posizionate le travi in corrispondenza dei dispositivi di appoggio presenti sui pulvini e sulle spalle, le modalità sono mostrate nelle Figure 4.30 e 4.31.

Va sottolineato che al fine di riprodurre la pendenza longitudinale del viadotto è stato necessario il settaggio degli offset, specifici per ogni singola trave.

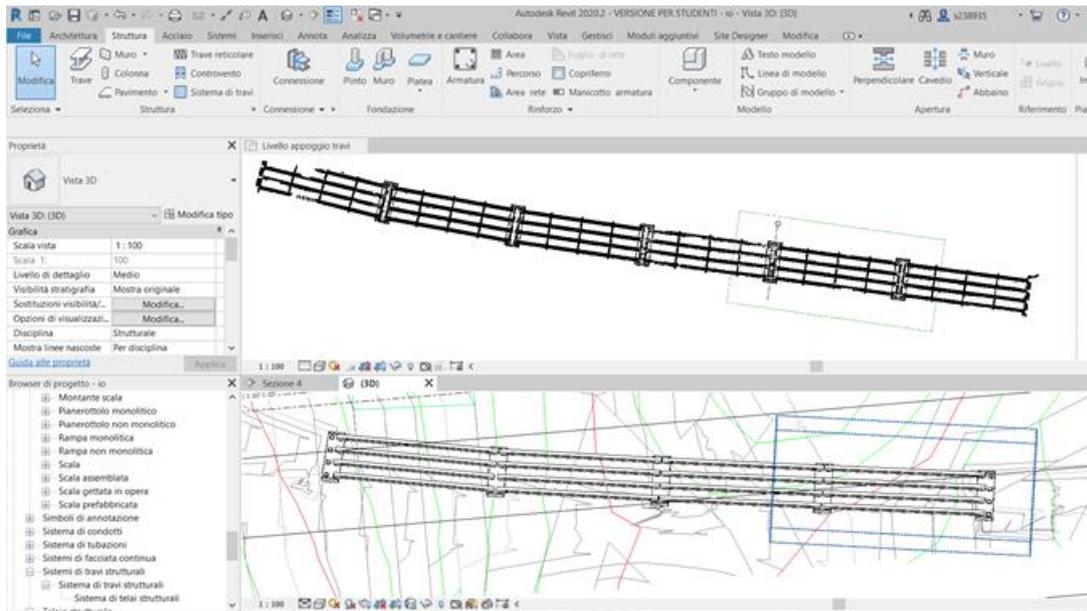


Figura 4.30: Posizionamento longitudinale delle travi

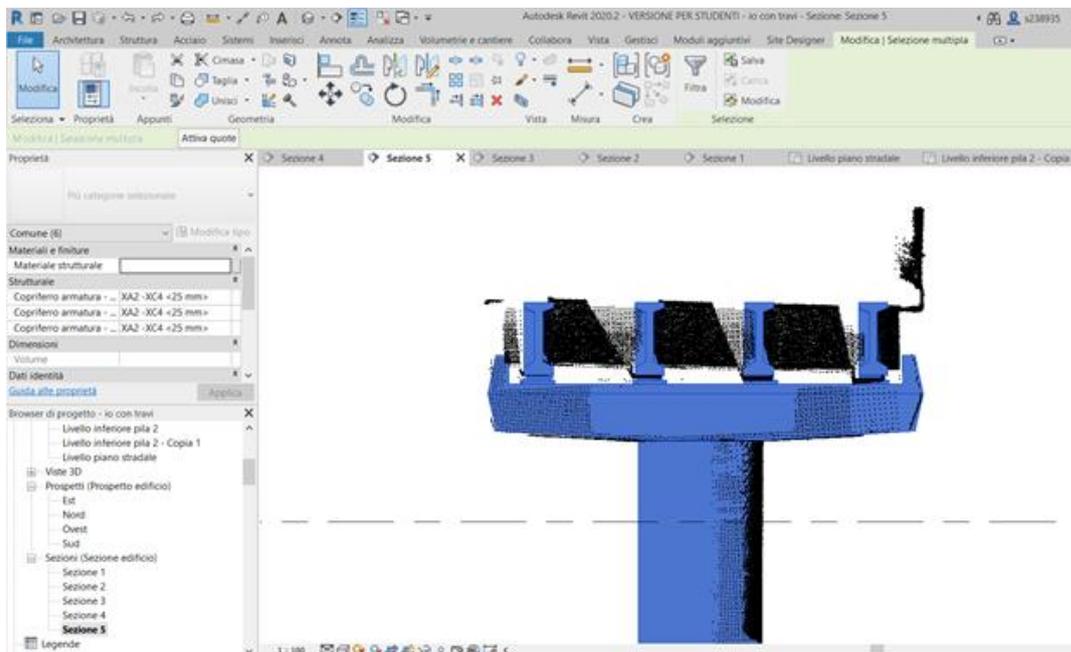


Figura 4.31: Regolazione altezza delle travi

### 4.3.2.3 Modellazione della soletta

La soletta in calcestruzzo armato con spessore pari a 25 cm è stata realizzata come un unico elemento insieme ai cordoli laterali (di 45 x 45 cm) per questioni legate alla riproduzione dell'andamento curvo dell'impalcato.

Si è partiti da "telaio generico metrico", è stato parametrizzato il prospetto frontale ed è poi stata realizzata l'estrusione di circa 33 metri, pari quindi alla lunghezza di ogni impalcato, come apprezzabile dalle immagini in Figura 4.32 e 4.33.

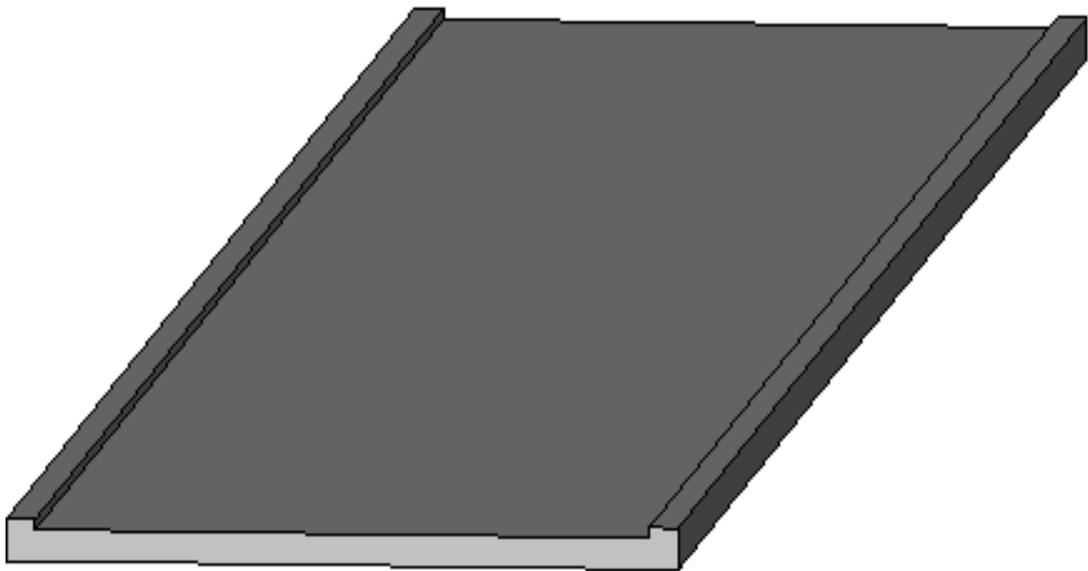


Figura 4.32: Modello della soletta

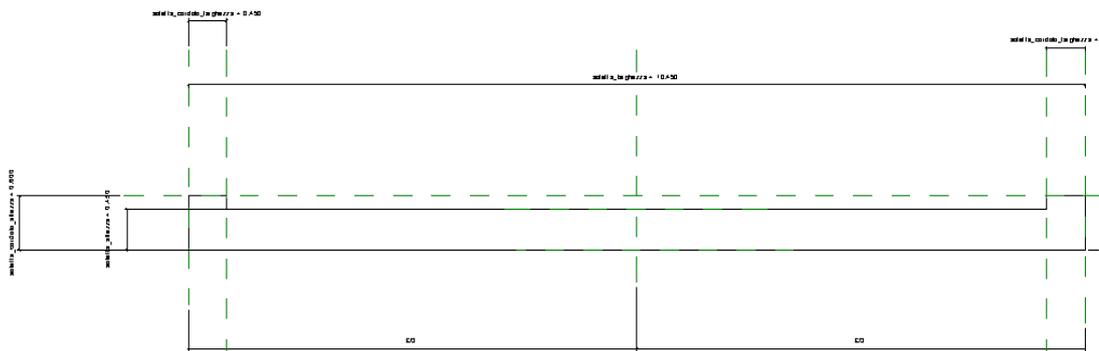


Figura 4.33: Prospetto frontale della soletta

#### 4.3.2.4 Modellazione dei traversi

Sono presenti tre serie di traversi disposti lungo la campata e una serie in corrispondenza di ogni pulvino o spalla e hanno una funzione irrigidente.

A seconda della posizione centrale o laterale questi elementi assumono larghezze leggermente diverse, quindi è stato necessario realizzare più "Tipi".

I traversi sono realizzati in calcestruzzo armato e sono stati gettati in opera, la loro presenza non interrompe la continuità delle travi, risultando comunque ad esse solidali. La loro modellazione è stata semplicissima, si è infatti partiti dalla vista di pianta come mostrato in Figura 4.34 e dopo avere impostato i parametri relativi alle dimensioni e al materiale è stata realizzata l'estrusione.

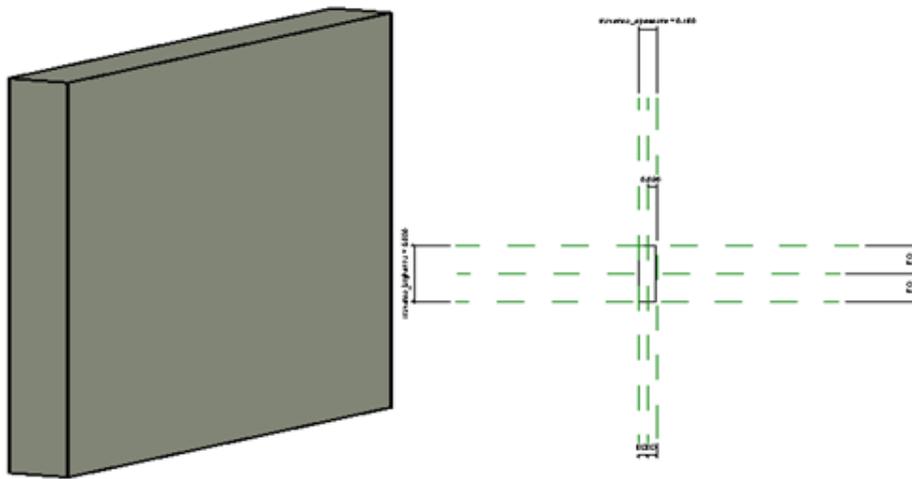


Figura 4.34: Modello e pianta dei traversi

#### 4.3.2.5 Modellazione delle lastre predalles

Questi elementi sono presenti tra l'estradosso delle travi e l'intradosso delle solette e fungono da casseri autoportanti sia nella parte centrale che nella parte a sbalzo laterale.

Sono state realizzate con forma rettangolare di dimensioni 3,8 per 2 metri con spessori di 5 cm. Le modalità di realizzazione sono state analoghe a quelle impiegate per realizzare i traversi e anche in questo caso è stata assegnata la categoria di telaio strutturale.

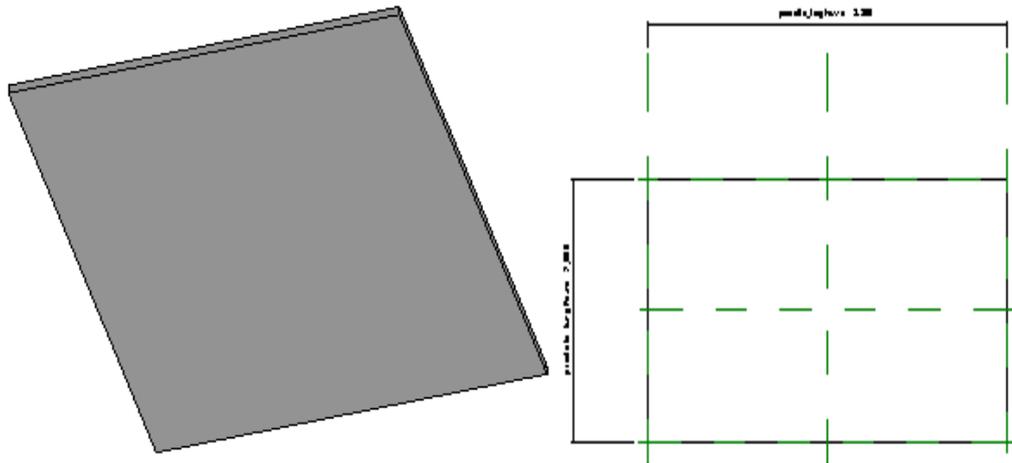


Figura 4.35: Modello e pianta delle lastre predalles

#### 4.3.2.6 Posizionamento di: traversi, lastre predalles e soletta

Il posizionamento delle lastre predalles e quello della soletta è stato abbastanza agevole, in quanto le prime sono state adagiate sulla trave e la seconda è stata a sua volta “incollata” alle predalles un impalcato per volta. Si è dovuto solo prestare attenzione al rispetto della pendenza, precedentemente riprodotta con la disposizione delle travi.



Figura 4.36: Disposizione lastre predalles

Invece, l’operazione di posizionamento dei traversi è stata più lunga e complessa; sono stati posizionati uno alla volta, prestando costantemente attenzione per via delle diverse dimensioni degli elementi in base alla

posizione interna o esterna degli stessi. Il risultato è riportato in Figura 4.36 e 4.37.

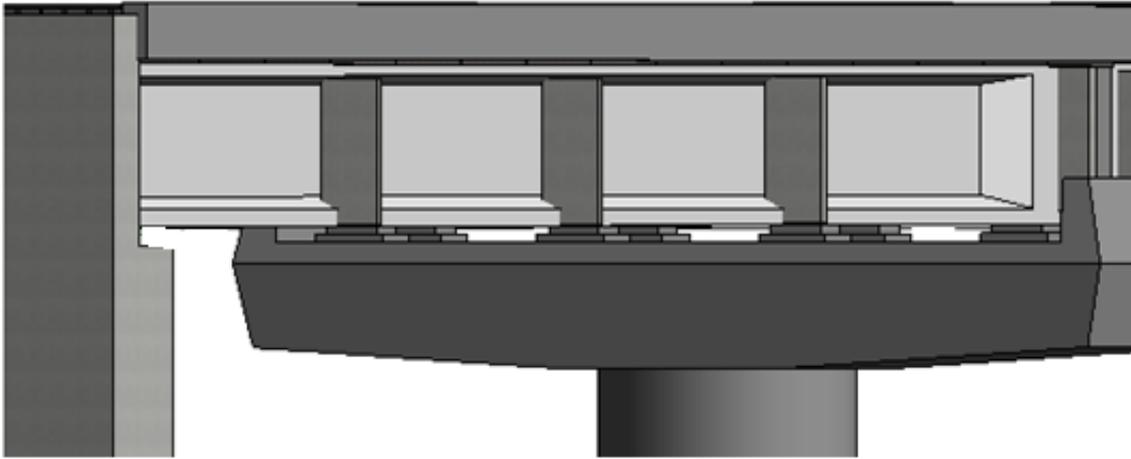


Figura 4.37: Vista laterale dei traversi e della soletta

#### 4.3.2.7 Modellazione della pavimentazione stradale

Lo strato di asfalto è stato l'unico elemento a non essere stato realizzato tramite un'apposita famiglia parametrica.

Il comando utilizzato è stato "pavimenti", che si trova all'interno della sezione "Modifica".

I pavimenti sono stati disegnati come mostrato in Figura 4.38, utilizzando come riferimento i punti di angolo del cordolo della soletta per orientarsi con i confini.

È stato possibile utilizzare anche una vista 3D, impostando come piano di lavoro l'estradosso della soletta per definire le opportune pendenze longitudinali e trasversali dei tratti in curva e di quelli in rettilineo della pavimentazione.

Lo spessore del pavimento è di 10 cm e non sono stati distinti gli strati di usura e binder a causa dell'assenza di informazioni a riguardo.

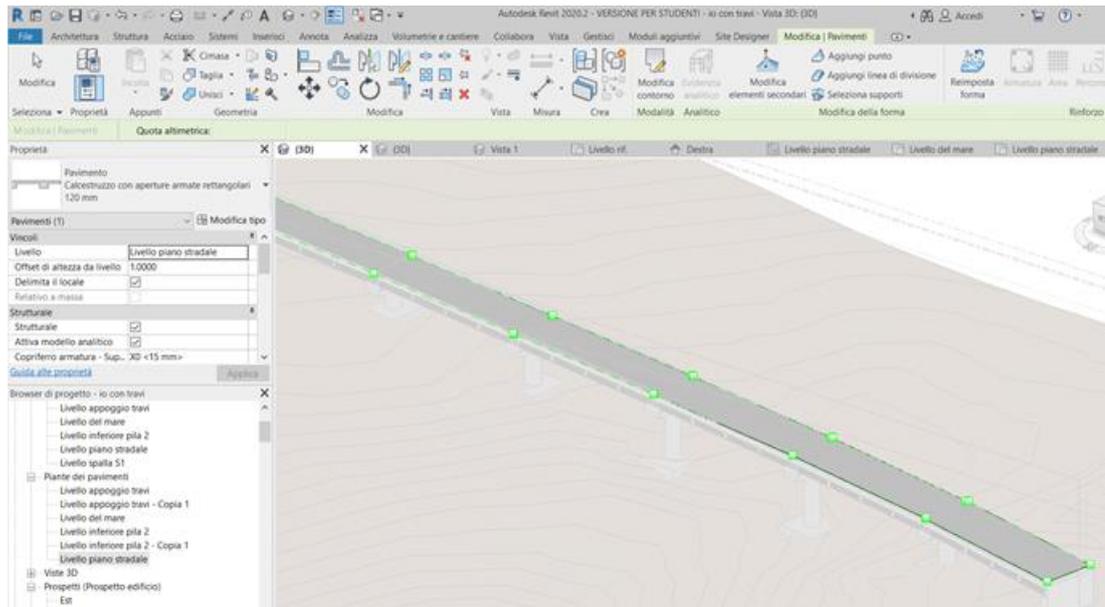


Figura 4.38: Posizionamento della pavimentazione

#### 4.3.2.8 Modellazione dei giunti di dilatazione

Non essendoci informazioni riguardo la tipologia dei giunti di dilatazione, si è stabilito di modellarli, rappresentandoli come giunti in gomma armata di media escursione.

I dati geometrici di riferimento degli elementi sono stati assunti a titolo esemplificativo dal catalogo dell'azienda "Somma", specializzata nel settore, facendo riferimento alla tipologia più adatta per la Strada Statale in oggetto.

Il risultato della modellazione è mostrato in Figura 4.39.

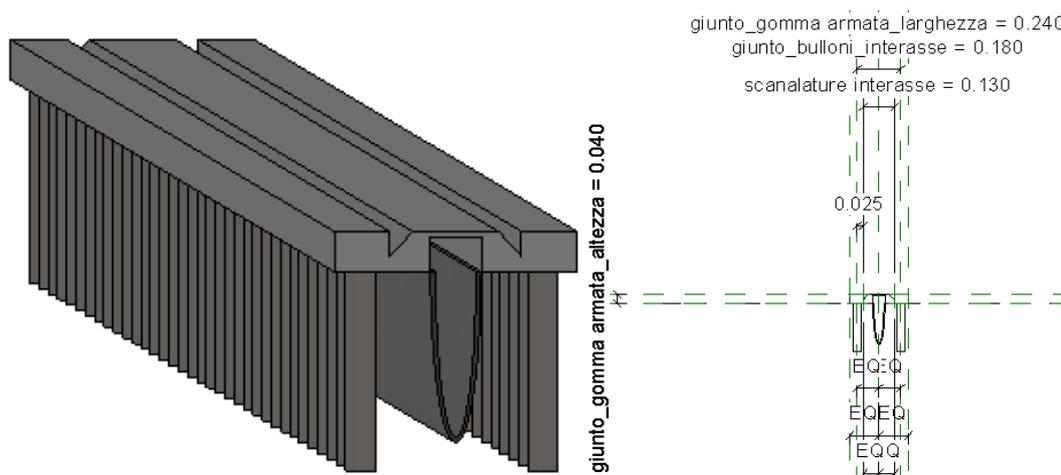


Figura 4.39: Modello e prospetto del giunto

Osservando il modello del giunto è possibile notare come, oltre alla piastra, siano stati modellati anche i bulloni e l'apposita scossalina in gomma, elemento fondamentale per il regolare deflusso delle acque meteoriche.

Tutti gli elementi presenti nel modello sono parametrici, per i bulloni e per la scossalina sono state utilizzate le altezze di 24 e 20 cm rispettivamente, inoltre la lunghezza totale del giunto è stata impostata pari alla larghezza complessiva della carreggiata, facendo combaciare le loro estremità con la parte interna dei cordoli. Per la modellazione si è partiti da un "modello generico metrico" e sono stati impostati i parametri geometrici su una vista di prospetto frontale, assegnati i materiali di pertinenza a tutti gli elementi e come operazione finale è stata realizzata l'estrusione.

#### 4.3.2.9 Modellazione delle barriere di sicurezza

Per creare le barriere di sicurezza, è stato utilizzato l'apposito strumento "Ringhiera" presente su Revit.

Le dimensioni geometriche di riferimento sono state assunte dal modello di AutoCad 2D a disposizione.

La modellazione ha previsto la realizzazione dei singoli componenti delle barriere di sicurezza, l'assegnazione del materiale "acciaio galvanizzato", e il successivo assemblaggio. Il risultato è mostrato in Figura 4.2.

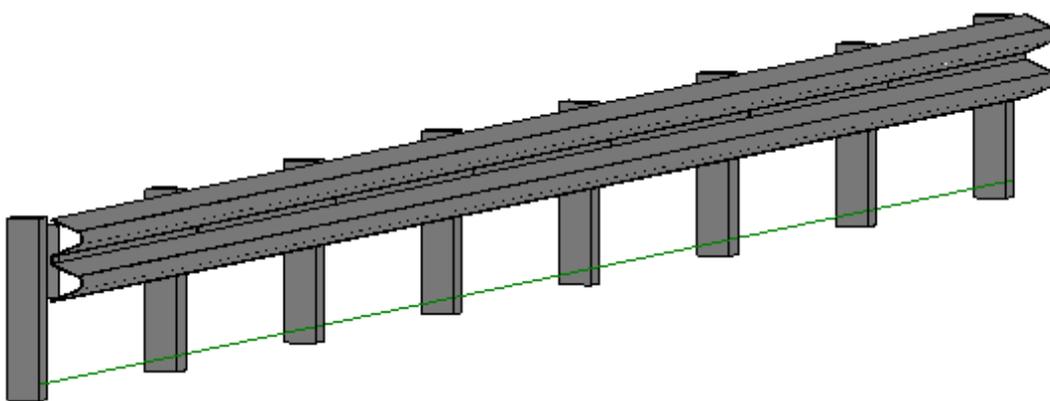


Figura 4.40: Modello delle barriere di sicurezza

#### 4.3.2.10 Modellazione della segnaletica orizzontale

Per ultime sono state modellate le strisce longitudinali continue.

Le dimensioni geometriche standard per la segnaletica orizzontale di una Strada Statale sono state ricavate dal Codice della strada, in particolare la “larghezza” assegnata è stata di 15 cm e l’altezza di 1,5 cm.

La categoria assegnata è stata “elementi planimetrici” e sono state realizzate con una semplice estrusione ed è stato assegnato il colore bianco che caratterizza questi elementi. Il risultato è mostrato nelle immagini in Figura 4.41 e 4.42.

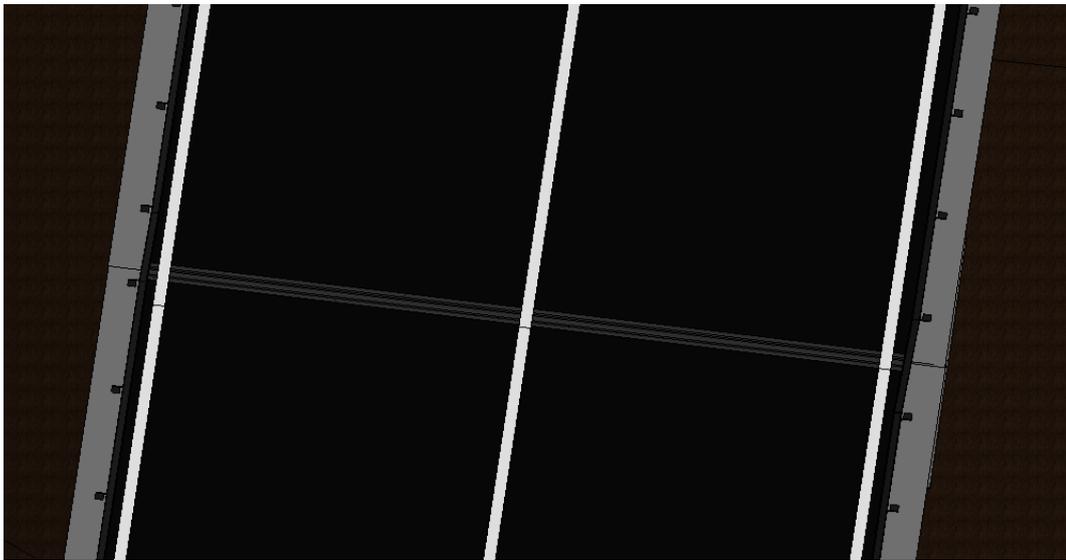


Figura 4.41: Risultato della modellazione

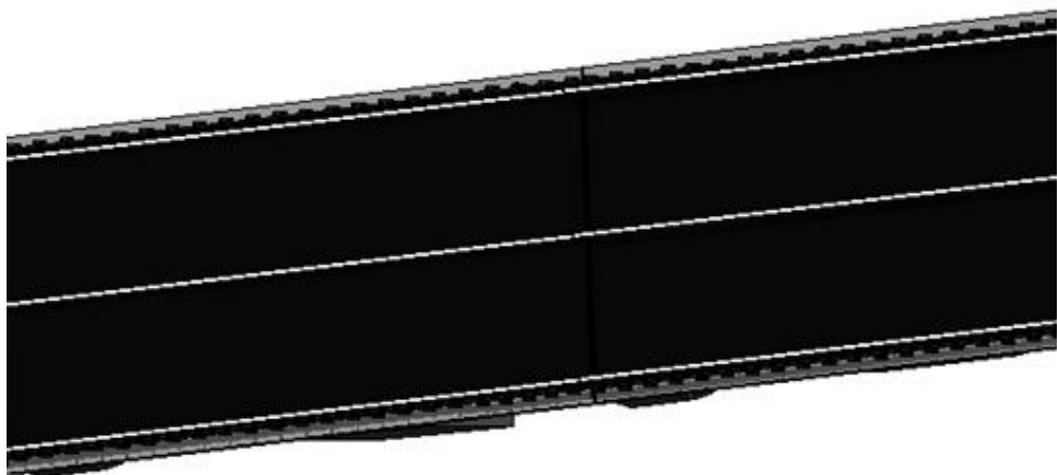


Figura 4.42: Modello della segnaletica orizzontale

#### 4.3.2.11 Posizionamento degli elementi non strutturali

Gli ultimi elementi ad essere stati posizionati nel modello centrale sono stati: i giunti di dilatazione, le barriere di sicurezza e la segnaletica orizzontale.

In particolare, la posa delle strisce continue e dei giunti di dilatazione è stata una pratica abbastanza agevole; le prime sono state disposte dalla vista di pianta ad una distanza fissa dai cordoli per tutta la lunghezza degli impalcati, i secondi invece sono stati posizionati in corrispondenza degli appoggi, da cordolo a cordolo regolando l'altezza di ogni singolo giunto con gli offset.

Invece, il posizionamento delle barriere di sicurezza è stato molto complicato a causa della diversa inclinazione degli impalcati contigui e della presenza del tratto curvo.

Per la corretta messa in posa della famiglia parametrica, è stato necessario fissare opportuni parametri per regolare la distanza tra i "paletti", l'altezza e l'inclinazione dei vari tratti di barriera, attenzionando in maniera particolare le parti degli elementi presenti in corrispondenza delle giunzioni tra due diversi impalcati.

In Figura 4.43 viene riportata un'immagine di pianta relativa al posizionamento degli elementi non strutturali.

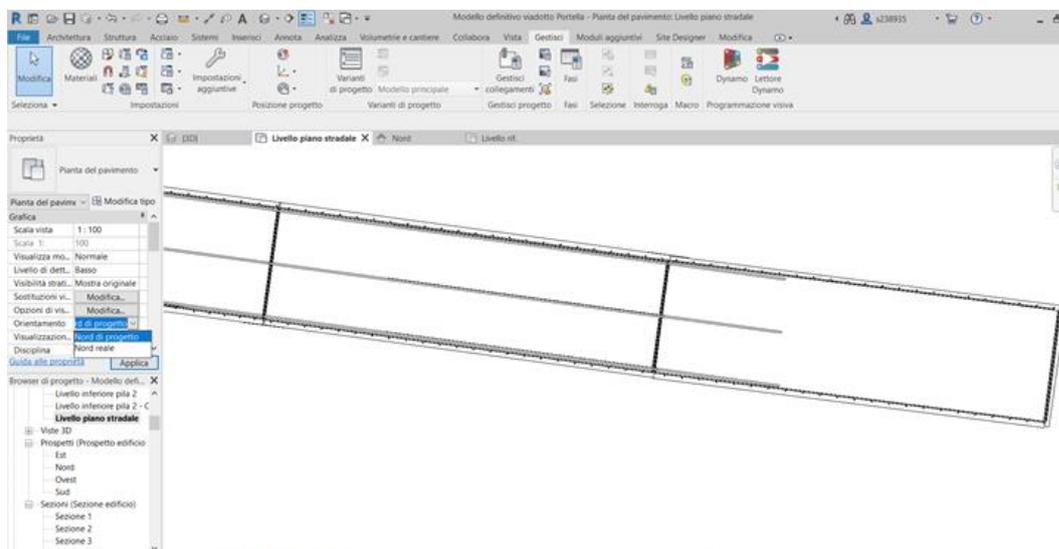


Figura 4.43: Posizionamento elementi non strutturali

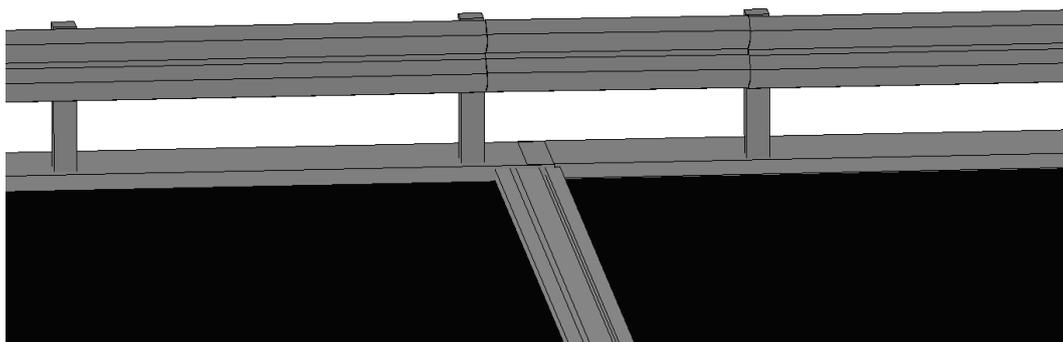


Figura 4.44: Barriere di sicurezza e giunto di dilatazione

### 4.3.3 Risultato finale della modellazione

Il risultato ottenuto al termine di tutte le operazioni fino ad ora descritte, è un modello 3D parametrico del viadotto Portella con un elevato livello di dettaglio geometrico.

Va sottolineato che il risultato non era per nulla scontato in fase preliminare, essendo Revit un software che si presta sicuramente meglio alle modellazioni architettoniche, piuttosto che a quelle infrastrutturali.

In tal senso, sarebbe stata una scelta molto più facile e meno dispendiosa in termini di tempo quella di realizzare una “campata tipo”, da replicare fedelmente con un processo di “copia e incolla” per tutti e sei gli impalcati, ma questo avrebbe implicato delle semplificazioni, portando a un risultato peggiore, dato che inevitabilmente non sarebbe stato possibile riprodurre la pendenza longitudinale e soprattutto il tratto curvo.

Nella fase di assemblaggio delle varie famiglie parametriche, l’aver avuto a disposizione la nuvola di punti, ha consentito a livello operativo di effettuare una serie di verifiche dimensionali e geometriche, la perfetta sovrapposizione tra i punti della nuvola e gli elementi costruttivi realizzati, ha garantito il corretto posizionamento nello spazio.

La modellazione geometrica si è conclusa con queste operazioni, lo studio, come descritto nei prossimi due capitoli, proseguirà con l’inserimento delle opportune informazioni al fine di ottenere un unico modello collaborativo per le successive fasi di gestione e manutenzione.

Come accennato nel paragrafo 4.1.2, per completare la georeferenziazione, come mostrato in Figura 4.45, è stata impostata una vista in pianta e dal menù delle proprietà, alla voce “Orientamento”, è stata cambiata l’impostazione da “Nord di Progetto” a “Nord reale”.

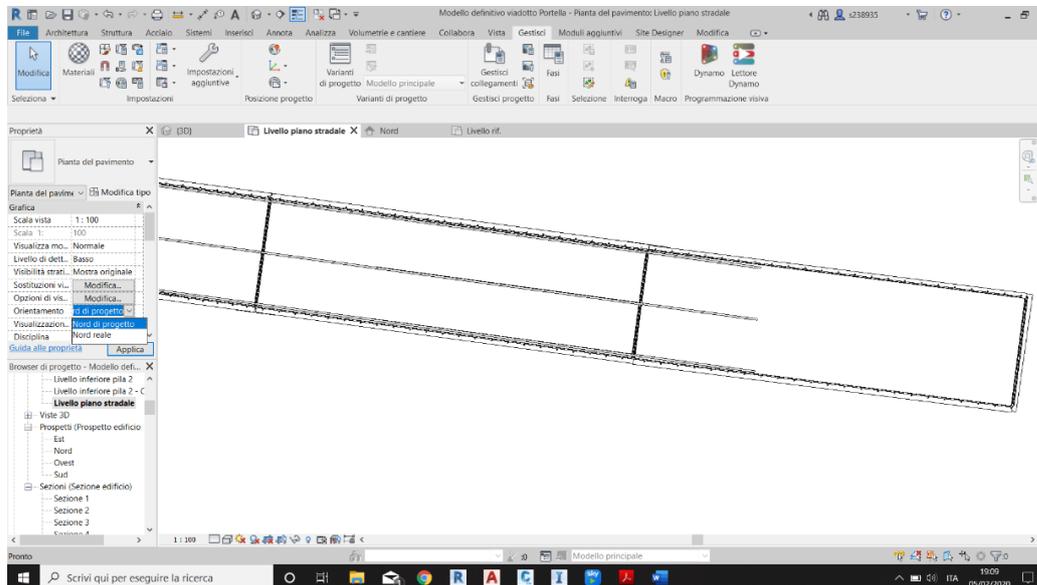


Figura 4.45: Comando “Orientamento” (Revit)

Successivamente, tramite il comando Posizione “Ruota nord reale” presente nella sezione “Gestisci” è stato posizionato il centro di rotazione in corrispondenza della spalla S1 ed è stato così possibile, aiutandosi con le mappe Bing presenti su Revit, orientare il posizionamento del viadotto rispetto al Nord geografico, come mostrato in Figura 4.46.

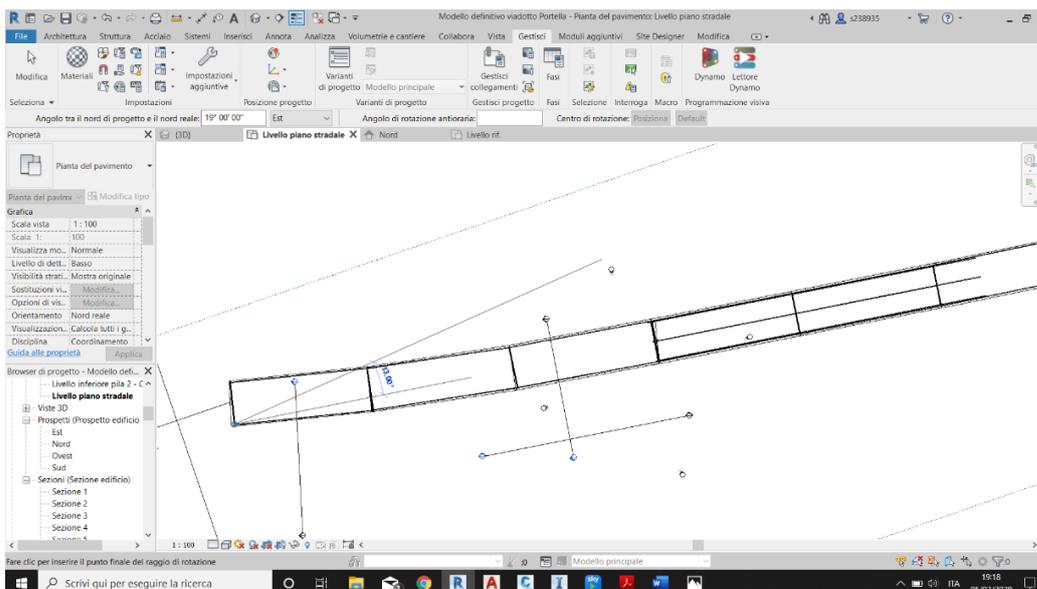


Figura 4.46: Orientamento verso Nord dell’impalcato

A conclusione del presente capitolo, vengono riportate una serie di immagini raffiguranti il del modello 3D del ponte, che sono stati creati grazie alle apposite funzionalità di Revit.

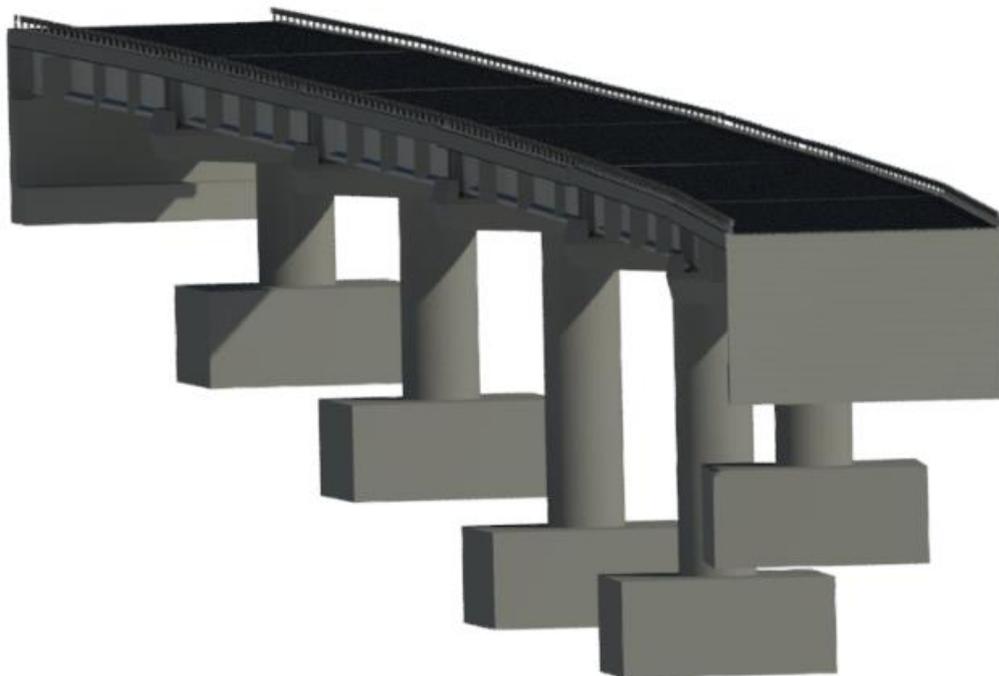


Figura 4.47: Rendering con vista “Raytrace”

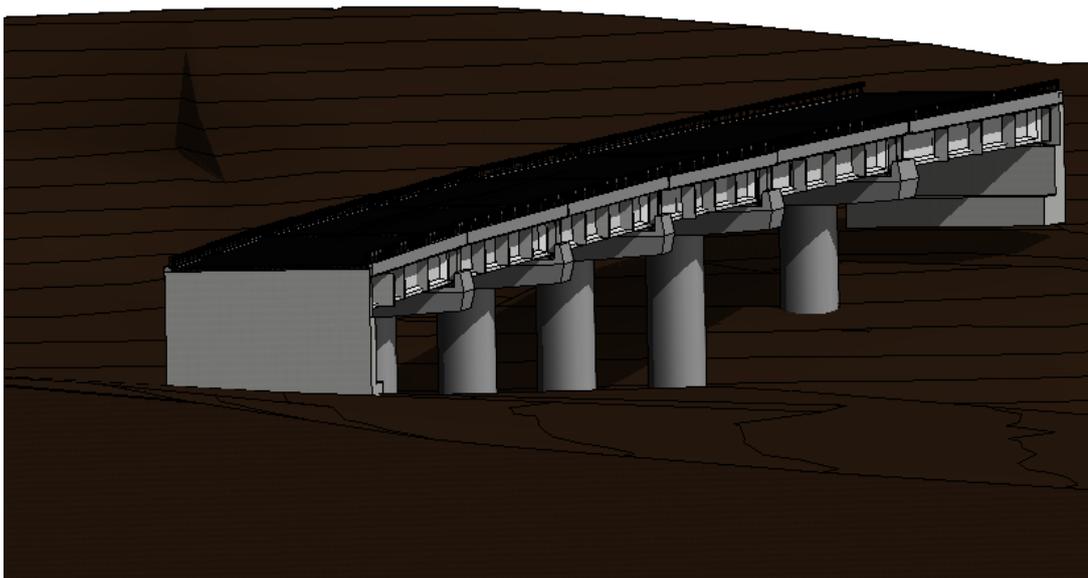


Figura 4.48: Vista “realistica con terreno”

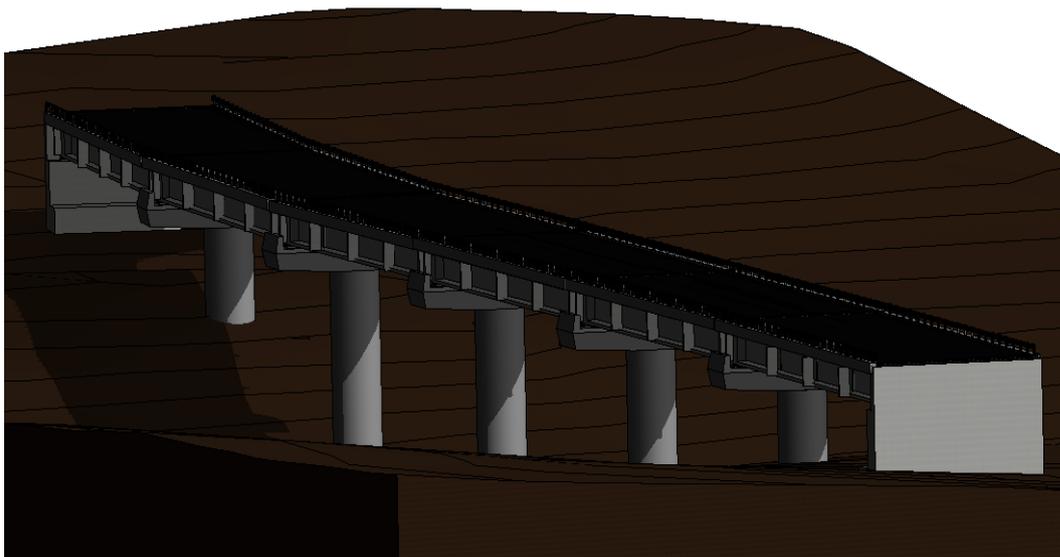


Figura 4.49: Vista “realistica” con ombre

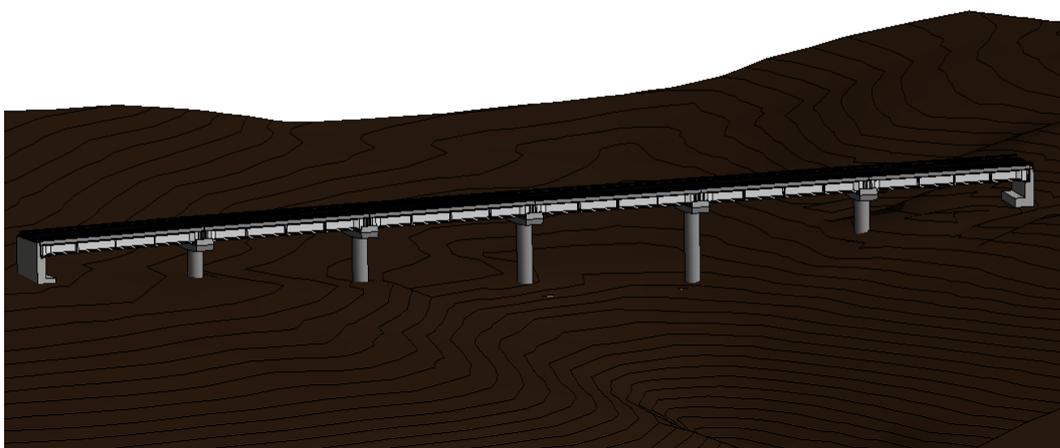


Figura 4.50: Vista “realistica” laterale

---

# **IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO BIM**

---



# Implementazione del modello infraBIM

---

Applicare la metodologia BIM ad una infrastruttura significa realizzare dei modelli digitali completi di tutte le informazioni a disposizione e che possano essere aggiornate con regolarità, al fine di poter consentire agli attori coinvolti nel processo edilizio di avere sempre a disposizione un quadro veritiero della situazione.

Il modello parametrico 3D fin qui realizzato, permette un'ottima vista di insieme degli elementi costruttivi del viadotto Portella e di inquadrare il contesto territoriale in cui è sito, ma i parametri creati sono relativi al solo dato geometrico. Per questo motivo si è scelto di sfruttare a pieno le potenzialità dell'infraBIM, definendo una procedura in grado di raccogliere e gestire in modo operativo tutti i dati relativi alla storia e allo stato di fatto del viadotto Portella all'interno di un unico modello.

L'obiettivo è quello di realizzare un vero e proprio database, che possa essere condiviso tra tutte le figure professionali coinvolte nell'attività di gestione e manutenzione del viadotto.

In questo modo, l'infraBIM viene utilizzato come uno strumento di digitalizzazione a supporto della condivisione e gestione delle informazioni.

Infatti, una buona conoscenza dei dati di inventario e di ispezione delle opere sono l'elemento chiave per la redazione di un efficace piano di manutenzione programmata.

Nel presente capitolo verranno spiegate le modalità di inserimento e di organizzazione di tutte le informazioni a disposizione all'interno del modello

e come queste abbiamo permesso di gettare le basi per la realizzazione di un piano di manutenzione che verrà successivamente descritto nel capitolo 6.

## **5.1 Codifica WBS delle famiglie**

La prima operazione eseguita, al fine di migliorare la gestione del progetto è stata la codifica degli elementi delle famiglie parametriche 3D realizzate, definendo così una procedura oggettiva di individuazione degli stessi a disposizione di tutti gli utilizzatori.

L'obiettivo di questa fase è dunque quello di facilitare la comprensione del progetto, permettendo un collegamento più efficace con le successive attività di programmazione e controllo.

Per questo motivo è stata utilizzata una WBS (Work Breakdown Structure), che è *uno strumento di scomposizione analitica di un progetto in parti elementari*.<sup>[9]</sup>

La traduzione in italiano del termine è “struttura di scomposizione del lavoro” e può essere applicata a qualsiasi tipologia di progetto dal più facile al più complesso, articolandosi di conseguenza in un numero qualsiasi di livelli.

Esistono vari approcci di scomposizione in elementi come ad esempio il “top-down”, ovvero dall'elemento posizionato più in alto a quello più in basso, o il “bottom-up”, che indica la procedura contraria.

Qualsiasi sia la tipologia di classificazione scelta, i vantaggi che ne derivano sono comuni, tra i più importanti troviamo:

- evitare fraintendimenti tra le figure professionali, facilitandone la comunicazione;
- ridurre gli errori, evitando il sovraccarico dei lavori;
- definire le attività da svolgere attribuendo le varie responsabilità;
- collegare le diverse fasi progettuali.

---

<sup>[9]</sup> Definizione reperita dal sito <http://biblus.acca.it/>.

Per il presente lavoro si è deciso di utilizzare le istruzioni operative indicate da ANAS, queste sono spiegate in apposite tabelle, come nell'esempio riportato in Figura 5.1, relativo alla codifica dei lavori e dei relativi file.

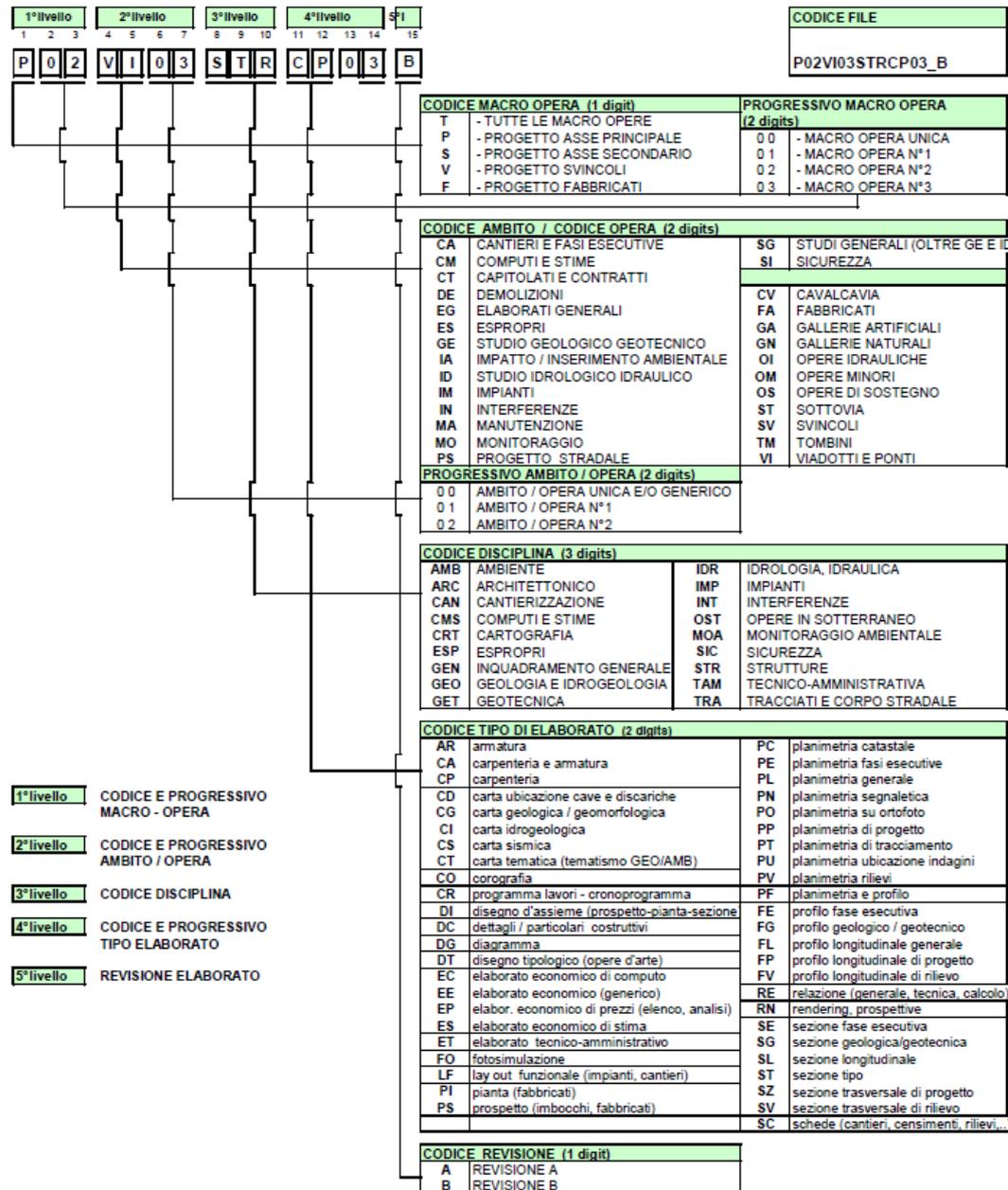


Figura 5.1: Istruzione operativa per la codifica della WBS di progetto di ANAS

In particolare, si è deciso di codificare i soli elementi costruttivi del viadotto Portella, in relazione alle apposite istruzioni relative ai componenti dei viadotti.

In Figura 5.2 viene riportata la codifica “WBS generale” che è stata realizzata.

WBS GENERALE							
Lotto	Opera		Parte d'opera		Sub categoria		Codice WBS
	Progressivo	Descrizione	Progressivo	Descrizione	Progressivo	Descrizione	
00	VI 01	Viadotto					
			IP 01	Impalcato	TCP 01	Travi in CAP	00.VI.01.IP.01.TCP.01
					ST 01	Soletta con cordolo	00.VI.01.IP.01.ST.01
					CGS 01	Traversi in CA	00.VI.01.IP.01.CGS.01
					PR 01	Predalles	00.VI.01.IP.01.PR.01
			AG 01	Appoggi e Giunti	APA 01	Apparecchi di appoggio	00.VI.01.AG.01.APA.01
					GD 01	Giunti di dilatazione	00.VI.01.AG.01.GD.01
			SCS 01	Sicurezza e Segnaletica	BS 01	Barriere di sicurezza	00.VI.01.AG.01.BS.01
					SO 01	Segnaletica orizzontale	00.VI.01.SCS.01.SO.01
			SP 01	Spalle	SES 01	Struttura in elevazione spalle	00.VI.01.SP.01.SES.01
			PL 01	Pile	SEP 01	Struttura in elevazione pile	00.VI.01.PL.01.SEP.01
			PV 01	Pulvini	PB 01	Pulvini e baggioli	00.VI.01.PV.01.PB.01
			FD 01	Fondazioni	PZ 01	Plinti di fondazione	00.VI.01.FD.01.PZ.01
			SS 01	Sovrastruttura stradale	PV 01	Pavimentazione stradale	00.VI.01.SS.01.PV.01

Figura 5.2: Codifica WBS generale

Con questa specifica, è possibile individuare tutte le famiglie parametriche che compongono lo stesso gruppo di elementi e che sono indicate con lo stesso codice WBS.

Volendo entrare più nel dettaglio, si riporta una breve spiegazione delle varie parti che compongono il codice finale:

- **Lotto:** viene indicato “00”, in quando il viadotto è un’opera unica; non facente parte come progetto di una rete di infrastrutture più ampia
- **Opera:** viene indicata la tipologia di infrastruttura;
- **Parte d’opera:** vengono individuati i principali “macro elementi” che caratterizzano l’opera;
- **Sub categoria:** gli elementi indicati nel livello precedente vengono ulteriormente scomposti, permettendo di identificare ogni singolo componente;
- **Codice WBS:** viene indicato il codice finale, generato dall’assemblaggio delle parti di codice delle voci precedenti.

È possibile notare che si innesca un meccanismo di progressiva articolazione delle parti del progetto in elementi sempre più piccoli.

Al fine di poter individuare ogni singola famiglia del viadotto e di collegarlo direttamente alla successiva fase di gestione della manutenzione, è stata realizzata anche una “WBS di dettaglio”.

Il criterio con cui i diversi elementi appartenenti a una stessa famiglia sono stati numerati è stato quello di impostare una numerazione crescente nel verso di percorrenza che va dalla spalla S1 alla spalla S2 e per gli elementi

affiancati come le travi si è usato il criterio di numerazione progressiva “da destra verso sinistra”, seguendo sempre il medesimo verso di percorrenza. La codifica “WBS di dettaglio” viene riportata in Allegato 1.

## 5.2 Gestione delle informazioni

Le operazioni successive sono state quelle di arricchire il modello 3D del viadotto Portella realizzato con Revit, inserendo tutte le informazioni a disposizione.

Fino a questo punto la tipologia di informazioni presenti nel modello, sotto forma di parametri sono relative alle sole dimensioni geometriche e alla tipologia dei materiali degli elementi, come mostrato in Figura 5.3.

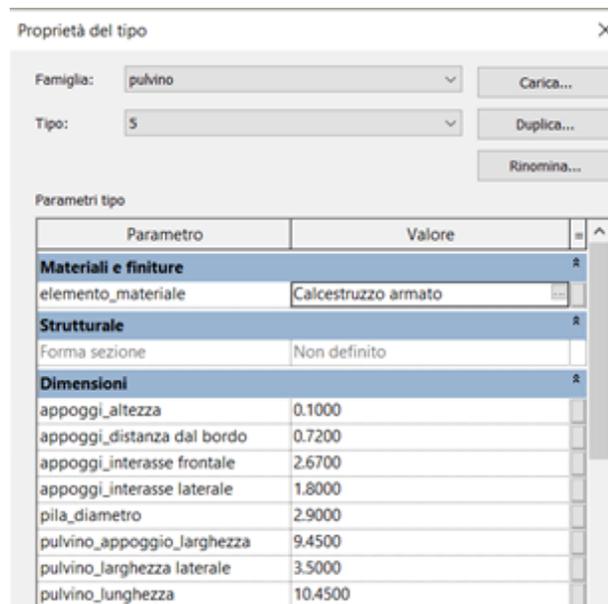


Figura 5.3: Parametri iniziali del pulsino 5

Sono stati quindi creati in Revit una serie di parametri, utili ad organizzare in modo ordinato i dati, in relazione alle caratteristiche di ciascuna famiglia. L’operazione è stata quella di impostare un nuovo gruppo di parametri condivisi, denominati “Dati generali”.

Le tipologie di informazioni che si è deciso di considerare in questa fase sono state quelle relative a:

- Codice identificativo WBS
- Immagine fotografica dell'elemento relativa al 2009
- Informazioni presenti all'interno delle Relazioni Tecniche

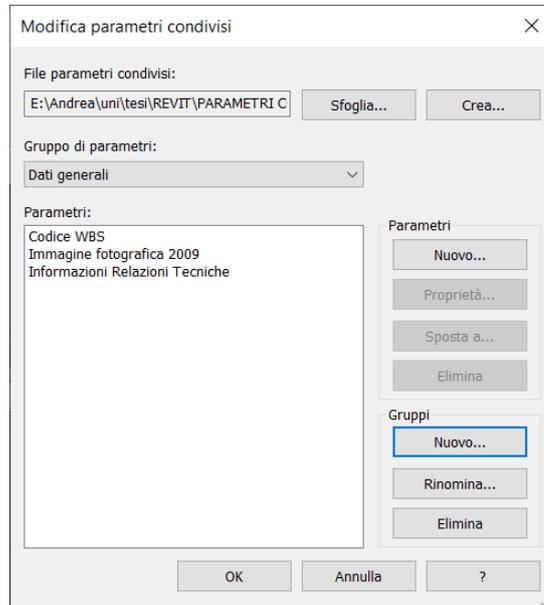


Figura 5.4: Gestione dei nuovi parametri condivisi

Il passaggio successivo è stato quello di compilare i vari parametri di istanza dei vari elementi del viadotto, inserendo le informazioni di pertinenza.

Si riporta da esempio in Figura 5.5 la procedura effettuata per la pila P5.

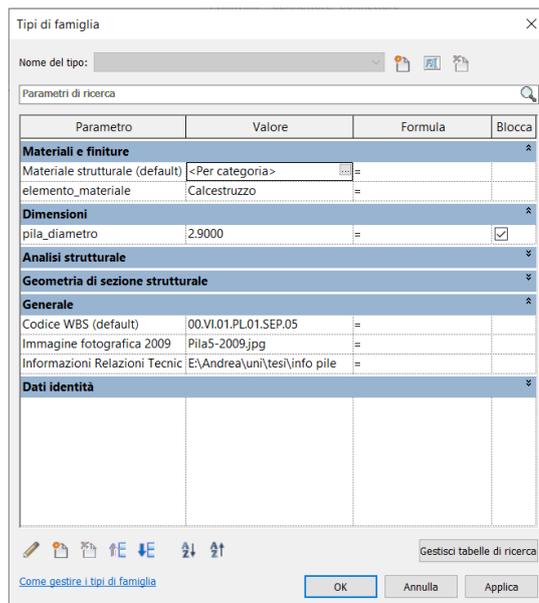


Figura 5.5: Inserimento informazioni Pila P5

Come è possibile notare, sotto la voce “Generali” compaiono le informazioni inserite, per il Codice WBS è stato semplicemente inserito il dato in formato “testo”, invece per le altre due voci sono state sfruttate le potenzialità di Revit. Per la seconda informazione è stato possibile caricare direttamente il dato fotografico di pertinenza, come mostrato in Figura 5.6.

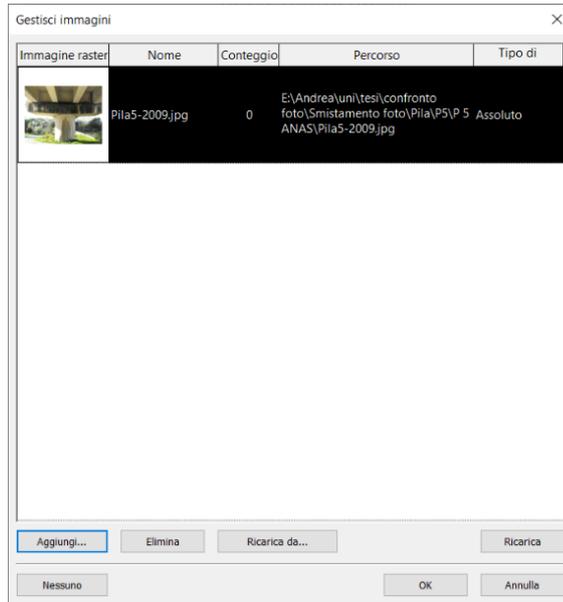


Figura 5.6: Immagine fotografica della Pila P5

Invece per l’inserimento delle informazioni di progetto presenti nelle relazioni è stato possibile inserire il dato sotto forma di “parametro URL”.

Infatti, dopo aver settato il percorso URL relativo alla cartella di interesse, è possibile accedervi direttamente con un semplice click. Nella fattispecie, si tratta di un file Excel, nel quale sono state raccolte tutte le informazioni presenti nelle relazioni a disposizione, relative alle analisi condotte sulle pile. Tale file è riportato per completezza in Figura 5.7.



La prima operazione è stata quella di creare l'apposito gruppo di parametri condivisi relativi agli ammaloramenti su Revit.

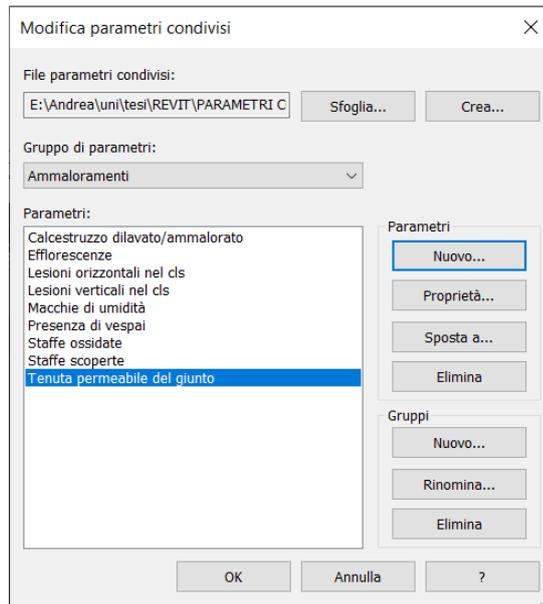


Figura 5.8: Nuovo gruppo di parametri

I parametri creati successivamente e relativi alla singola tipologia di ammaloramento sono stati del tipo "si/no", in maniera tale da poter essere associati efficacemente all'elemento di pertinenza. In Figura 5.9 è riportato a titolo di esempio il risultato ottenuto per il pulvino 5.

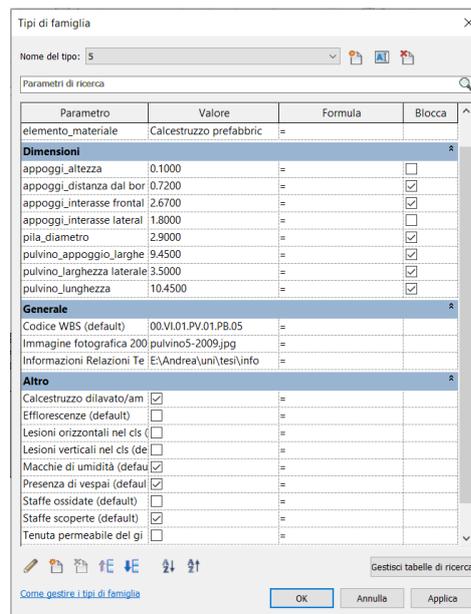


Figura 5.9: Ammaloramenti parametrizzati del pulvino 5

Come è possibile notare dalla stessa immagine in Figura 5.9, i parametri degli ammaloramenti vanno ad aggiungersi a quelli inseriti nelle precedenti fasi e posizionati all'interno della sezione "Altro", sono state conseguentemente spuntate le sole caselle relative all'ammaloramento che riguarda l'elemento costruttivo in oggetto.

Successivamente, dopo avere catalogato per elemento di pertinenza le immagini fotografiche realizzate in occasione del sopralluogo in apposite cartelle, sono state inserite nel modello su Revit, come mostrato per l'esempio del pulvino 5 in Figura 5.10.

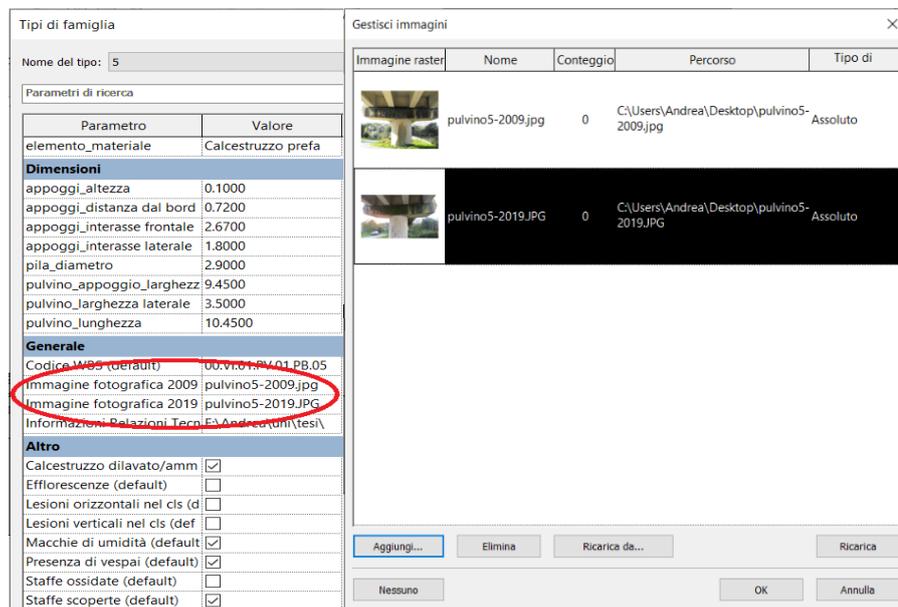


Figura 5.10: Confronto fotografico del pulvino 5

Una volta completata tale procedura per tutti gli elementi, è possibile effettuare un confronto tra rilievi effettuati in tempi diversi, sulla base del dato fotografico che è direttamente accessibile dal modello. Ad esempio, nel caso specifico del pulvino 5, osservando l'immagine più recente, ci si è potuti rendere conto della presenza di un getto di ripristino in sovrapposizione alla parte dell'elemento che nell'immagine del 2009 risultava interessata dal distacco del calcestruzzo copriferro nello spigolo. Giunti a questo punto, sulla base dei risultati raggiunti, è possibile creare un altro set di parametri relativi al dato aggiornato degli ammaloramenti nel 2019 e assegnarli nuovamente ai diversi elementi, con modalità analoghe a quanto fatto precedentemente.

In ultimo, le modalità con le quali sono state inserite le informazioni, sotto forma di parametri nel modello, hanno permesso di sfruttare le potenzialità dell'apposito "filtro vista" di Revit.

Infatti, settando gli opportuni comandi, come indicato in Figura 5.11, è possibile interrogare il programma, che restituisce una vista di insieme, nella quale vengono posti in evidenza i soli elementi di interesse.

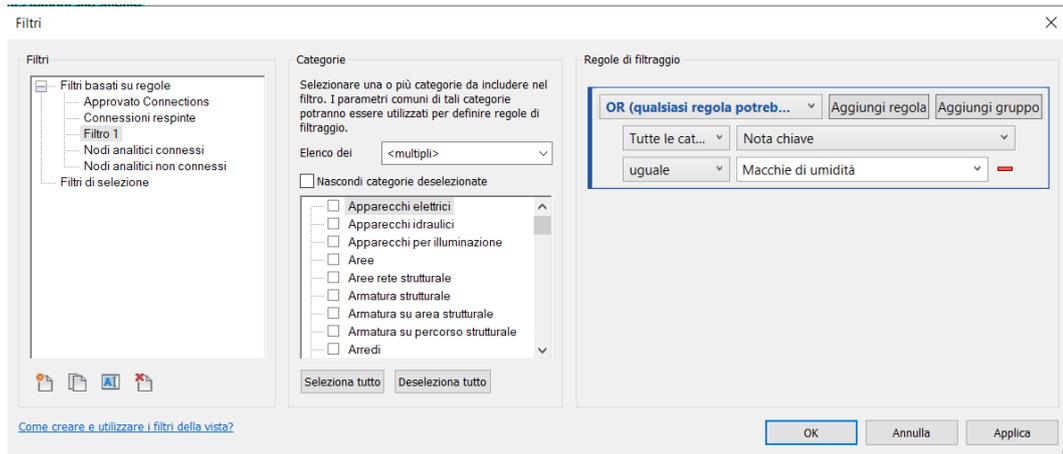


Figura 5.11: Setting delle opzioni del filtro vista

In Figura 5.12 è riportato un risultato, come esempio di un'operazione effettuata con il filtro vista, nella quale è impostato di contrassegnare in rosso i soli pulvini interessati dal parametro "macchie di umidità".

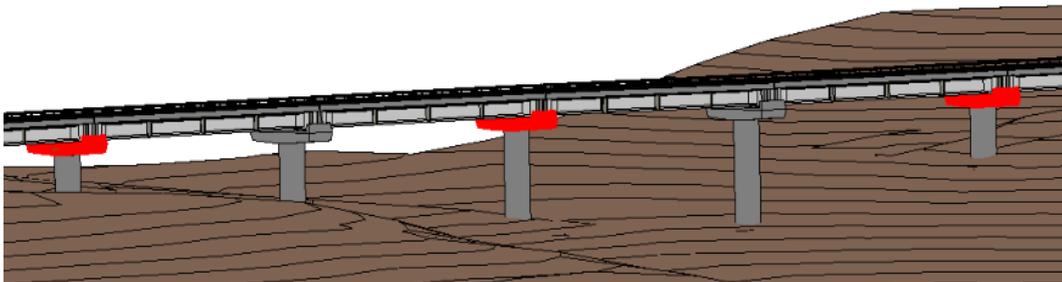


Figura 5.12: Esempio del filtro vista

Alla luce di quanto esposto, è possibile affermare che una procedura del genere, se correttamente impostata, può sicuramente costituire un valido strumento di supporto alle fasi di gestione e pianificazione delle attività di manutenzione dell'opera.



---

**GESTIONE DELLE ATTIVITÀ DI  
MANUTENZIONE**

---







---

# Gestione delle attività di Manutenzione

---

La Norma UNI 10147 definisce la manutenzione come: *“la combinazione di tutte le azioni tecniche e amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o riportare una entità in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta”*. In modo analogo è possibile definire la manutenzione di una infrastruttura stradale nella fase di esercizio quale: *“insieme di operazioni ed attività atte a conservarne le caratteristiche funzionali e prestazionali nel periodo di vita utile di progetto. In particolare, attraverso la manutenzione si deve garantire alla sovrastruttura ed alla sottostruttura (ordinaria e specializzata) la capacità di sopportare il traffico in condizioni di percorribilità, sicurezza e comfort.”*

La maggior parte dei ponti e viadotti italiani, così come il viadotto Portella oggetto di questo studio, sono realizzati in calcestruzzo armato ordinario o precompresso e nel corso della loro vita utile sono soggetti ad ammaloramenti causati soprattutto da fattori ambientali.

Va, inoltre, tenuto in considerazione che:

- la maggior parte dei ponti e viadotti del nostro patrimonio infrastrutturale esistente sono stati progettati per una vita utile di 50 anni;
- nelle più recenti progettazioni, con l'evolversi delle conoscenze tecniche e delle normative, lo spessore dello strato di calcestruzzo coprifermo è circa raddoppiato rispetto a quello adottato negli scorsi decenni;

- la qualità dei calcestruzzi si è di pari passo evoluta in termini prestazionali e di durabilità, essendo stato affinato sperimentalmente sia il mix design che il contenuto di specifici additivi che ne migliorano le prestazioni in funzione delle varie problematiche ambientali del sito di realizzazione.

Alla luce di quanto appena esposto, considerando inoltre che molti ponti in esercizio mostrano ormai prestazioni insufficienti, si può ben comprendere l'importanza di attuare una rigorosa ed efficace politica di manutenzione che massimizzi l'affidabilità statica della struttura durante tutta la sua vita utile prevista.

Non si ha a disposizione un apposito Piano di Manutenzione del viadotto Portella, quindi l'obiettivo di quest'ultima parte del lavoro è stato quello di mettere a punto, sulla base anche di quanto fatto fino ad ora, una procedura che permetta la gestione delle attività di manutenzione, in assenza della realizzazione di eventuali interventi di adeguamento.

Si cercherà di mettere a punto una procedura chiara e in grado di dare priorità agli interventi anche in funzione del fattore tempo.

Ai fini dello studio di questa metodologia, oltre la documentazione a disposizione, sono stati consultati una serie di altri documenti che hanno permesso la definizione delle procedure, delle tempistiche e delle codifiche delle attività di controllo e degli interventi.

I documenti consultati sono stati:

- “Quaderni tecnici per la salvaguardia delle infrastrutture” di Anas S.p.A.
- “Listino prezzi 2019” per la Manutenzione ordinaria di Anas S.p.A.
- Vari articoli di riferimento sul sito internet “ingenio-web.it”
- Piano di Manutenzione S.S. 131 “Carlo Felice”
- Lezioni Master InfraBIM Manager del Politecnico di Torino
- Codice dei contratti pubblici (Decreto Legislativo 18/04/2016 n. 50)

## 6.1 Struttura di un Piano di Manutenzione

L'azione manutentiva è regolata con il Piano di Manutenzione dell'opera, costituito da tre documenti operativi:

- Il "**Manuale d'uso**": fornisce una serie di informazioni che consentono all'utente di conoscere la funzione e la modalità di gestione dell'asset, al fine di evitarne il degrado precoce. Indica i possibili danni che possono essere subiti dagli elementi a causa di un uso improprio e consente il riconoscimento tempestivo dei fenomeni anomali di deterioramento, per potere intervenire al bisogno anche con operazioni "specializzate";
- Il "**Manuale di Manutenzione**": fornisce le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione dell'infrastruttura, identificando e razionalizzando i tempi ed i modi di intervento per le diverse parti e componenti in relazione alle caratteristiche dei materiali che la costituiscono;
- Il "**Programma di Manutenzione**": definisce il sistema di controllo e degli interventi nel tempo, da eseguire a intervalli fissi, al fine di gestire correttamente e mantenere negli anni le necessarie caratteristiche funzionali e di qualità delle opere e delle loro parti. Il "Programma di manutenzione" è suddiviso in tre sottoprogrammi:
  1. **Sottoprogramma delle Prestazioni**: che definisce a livello programmatico lo stato d'uso, la conservazione e le prestazioni delle varie parti dell'asset durante il suo ciclo di vita;
  2. **Sottoprogramma dei Controlli**: che definisce il programma di verifiche e controlli, al fine di rilevare lo stato di esercizio durante la vita utile dell'opera, identificando i dettagli e la dinamica delle cadute delle prestazioni;
  3. **Sottoprogramma degli Interventi di Manutenzione**: che definisce il calendario e l'ordine da seguire per i vari

interventi di manutenzione, necessari per una corretta conservazione del bene.

Data la molteplicità delle situazioni riscontrabili nelle costruzioni esistenti, è impossibile stabilire delle linee guida delle attività di manutenzione che vadano bene a priori per tutti i casi.

Infatti, l'efficacia dei programmi di manutenzione dipende dalle attività di sorveglianza o ispezione, le cui tipologie sono:

- **Ispezione Ricorrente:** ispezione è visiva e senza mezzi speciali con controllo del piano viabile, delle barriere di sicurezza e dei parapetti, degli elementi strutturali, degli appoggi, dei giunti, dei drenaggi, dei cedimenti del terreno e di problemi in alveo come erosione delle pile e delle spalle del ponte. Si svolge ogni trimestre e la compie un semplice ispettore;
- **Ispezione Principale:** per ponti con lunghezze maggiori di 30 metri e per ponti di qualsiasi luce a seguito di allerte riscontrate durante l'ispezione Ricorrente. Deve essere svolta con una strumentazione per eventuali rilievi e prove non distruttive spedite da un Ingegnere con comprovata esperienza in materia di ispezioni di ponti e viadotti. L'obiettivo è di rilevare i difetti presenti nei singoli componenti dell'opera, la loro estensione e gravità, secondo criteri e linee guida che permettano di avere risultati confrontabili per ogni opera;
- **Ispezione Approfondita:** da compiere con mezzi speciali o personale abilitato per particolari mansioni. Tale ispezione è condotta ogni qualvolta si ritenga necessaria, in funzione ai dati raccolti dalle Ispezioni Principali oppure a seguito di eventi eccezionali di forte intensità, ad esempio un sisma di magnitudo significativa, piene fluviali che abbiano raggiunto la quota di intradosso o provocato fenomeni di erosione delle pile e/o delle spalle, incendi o incidenti che abbiano compromesso la sicurezza della struttura. È eseguita da un Ingegnere strutturista con squadra di tecnici ed eventuale personale con abilitazioni per specifiche attività.

## 6.2 Definizione delle attività

Sulla base dei documenti citati precedentemente, sono state studiate le lavorazioni, le tempistiche e le opportune codifiche che possono interessare gli elementi costruttivi del viadotto Portella.

La maggior parte di questi, sono realizzati in calcestruzzo armato, materiale che nella sua vita utile, è interessato da un inevitabile processo di progressivo degrado, che può causare nel medio o lungo periodo lesioni, fessure e distacchi più o meno profondi.

Quindi i principali interventi manutentivi che sono stati individuati, sono relativi al trattamento di tali problematiche e si tratta per lo più di azioni di tipo corticale, atte a mantenere e/o ripristinare la resistenza meccanica del conglomerato e di proteggere le sottostanti armature dalla corrosione.

Il lavoro è stato poi proseguito, "catalogando" in appositi fogli di Microsoft Excel la documentazione di pertinenza per ogni elemento considerato.

Questa operazione è stata messa in pratica in maniera del tutto schematica, al fine di risultare comprensibile.

Si è iniziato con una descrizione dell'elemento, nella quale è stato richiamato il codice WBS precedentemente definito.

Si riporta di seguito a titolo di esempio la procedura eseguita per le spalle.

<b>Elemento Manutenibile</b>	Spalla
<b>Codice WBS</b>	00.VI.01.SP.01.SES.01
<b>Descrizione</b>	Si tratta di elementi in C.A. che permettono il raccordo tra la parte in rilevato e il viadotto. Esse consentono da un lato l'appoggio ad una travata e dall'altra svolgono la funzione di contenimento del terreno che costituisce il rilevato svolgendo funzione di sostegno e devono resistere ad azioni di varia natura.

Figura 6.1: Descrizione dell'elemento

Si è proseguito definendo il contenuto di un possibile Manuale d'uso, nel quale è stata inserita, come da prassi per questo documento, una breve descrizione delle possibili anomalie riscontrabili nella fase di esercizio per l'elemento in oggetto.

È stata inoltre creata una codifica per identificare il tipo di degrado, il criterio scelto è stato quella di renderla il più semplice possibile, come mostrato in Figura 6.2.

Manuale d'uso		
Codice	Anomalie riscontrabili	Descrizione
AR.01	Assenza di drenaggio	Drenaggio delle acque meteoriche insufficiente e/o occlusione dei sistemi di smaltimento
AR.02	Corrosione delle armature	Fenomeni di corrosione dovuti al contatto diretto delle armature con l'atmosfera esterna e decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente
AR.03	Distacco del copriferro	Distacchi di parte di calcestruzzo e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici
AR.04	Instabilità dei pendii	Instabilità dovuta a movimenti franosi e/o ad erosione dei terreni
AR.05	Fessurazioni	Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura che possono interessare solo o una parte o l'intero spessore
AR.06	Penetrazione di umidità	Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua

Figura 6.2: Manuale d'uso della spalla del viadotto

Infine, è stato creato un Manuale di Manutenzione, con l'obiettivo di definire i controlli necessari, correlati al possibile intervento di riparazione.

Anche in questo caso è stata prevista una codifica semplice sia per i controlli che per gli interventi. Al fine di facilitare lo sviluppo del Programma di Manutenzione sono state incluse le frequenze di riferimento dei sottoprogrammi, come mostrato in Figura 6.3

Manuale di Manutenzione					
Controlli			Interventi		
Codice	Descrizione	Frequenza	Codice	Descrizione	Frequenza
C.01	Controllo quadro fessurativo: esame visivo del quadro, la presenza di eventuali dissesti va verificata con indagini strumentali. Requisito da verificare: Resistenza meccanica	ogni 12 mesi	M.01	Interventi di ripristino delle strutture: devono essere effettuati da personale specializzato a seconda del tipo di anomalia riscontrata, previa diagnosi delle cause del difetto accertato	quando occorre
C.02	Controllo deformazioni e spostamenti: esame visivo, verificare l'eventuale alterazione della configurazione iniziale dovuta a fattori di natura esterna	ogni 12 mesi			
C.03	Controllo della stabilità: verificare assenza di eventuali anomalie in grado di alterare la stabilità dei terreni e dei pendii in prossimità dei rilevati con ispezioni strumentali	ogni 12 mesi	M.02	Interventi di ripristino della stabilità: si tratta di interventi mirati, a seconda del tipo di dissesto e delle dimensioni del fenomeno. Eseguibili da varie tipologie di operai specializzati	quando occorre

Figura 6.3: Manuale di Manutenzione della spalla del viadotto

Completata questa operazione per tutti gli elementi, si è passati all'individuazione di una procedura di gestione e organizzazione degli altri dati, con l'obiettivo di realizzare un Piano di manutenzione dell'intero viadotto.

### 6.2.1 Tentativo con Revit

Sulla falsa riga di quanto fatto nel capitolo 5, nel quale sono state parametrizzate le diverse tipologie di dati a disposizione, si è cercato di gestire anche le informazioni relative alle attività di manutenzione in Revit, con gli opportuni parametri.

È stato creato l'apposito gruppo di parametri condivisi "Manutenzione", come mostrato in Figura 6.4, al fine di parametrizzare i dati esposti nel paragrafo precedente.

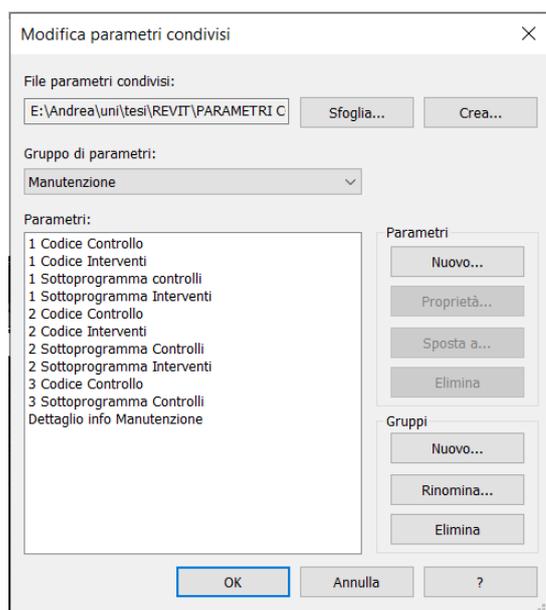


Figura 6.4: Gruppo di parametri “Manutenzione”

In particolare, i parametri creati sono stati tutti di tipo “testo”, tranne quello relativo al file Excel “Dettaglio info Manutenzione”, contenete appunto le informazioni sulle attività di manutenzione, che è stato creato come “parametro URL”. Quest’ultimo è stato inserito all’interno del modello, in quanto è stato ritenuto di indispensabile utilità ai fini dell’interpretazione delle codifiche create.

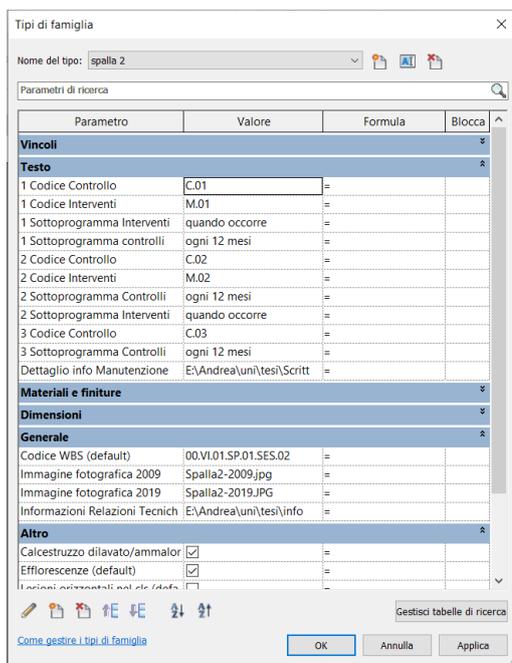


Figura 6.5: Inserimento dei dati

Come è possibile notare dall'immagine in Figura 6.5, che illustra il risultato finale, sorgono una serie di problemi di natura interpretativa.

Infatti, questo metodo non permette di avere una disposizione chiara né dei dati a disposizione, né delle tempistiche e oltretutto non offre la possibilità di correlare le attività di manutenzione tra i vari elementi del viadotto.

È innegabile che si sarebbero potuti fare più tentativi con diverse modalità di trattamento dei dati, per esempio creando opportuni abachi, però si è deciso di intraprendere un'altra strada, ritenendo Revit, sulla base dei pochi elementi di giudizio, inadatto all'utilizzo desiderato.

### **6.3 Microsoft Access**

Microsoft Access, è un "RDBMS" (Relation database Management System), definito così per via della capacità di gestione dei dati e la relazione tra essi.

È stato realizzato da Microsoft ed è presente nel pacchetto Office e al contrario di Excel, Power Point e Word, è disponibile solo per Windows.

Access permette di creare database in grado di contenere informazioni e permette di gestirle con operazioni di ricerca, cancellazione, modifica e aggiunta.



Figura 6.6: Logo di Microsoft Access

L'ambiente di lavoro è suddiviso in cinque macro-sezioni, la barra multifunzione è divisa in schede, ogni scheda è ulteriormente suddivisa in gruppi di comando, come mostrato in Figura 6.7.

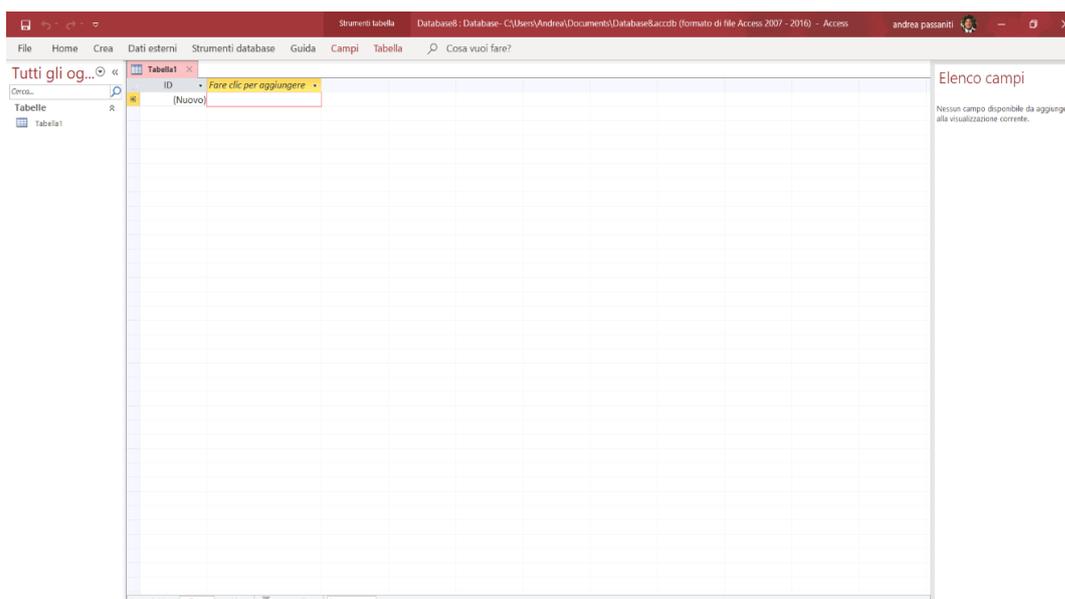


Figura 6.7: Interfaccia di Microsoft Access

Nella parte sinistra trovano spazio gli oggetti che fanno parte database creato, invece nella parte centrale c'è l'ambiente principale di lavoro.

Gli oggetti per archiviare e gestire le informazioni all'interno del database sono:

- le **Tabelle**: queste hanno un aspetto simile ai fogli di calcolo, in quanto i dati vengono archiviati in righe e colonne. Ogni riga di una tabella costituisce un record nei quali vengono archiviate le singole informazioni. Ogni record, a sua volta è composto da uno o più campi che sono le colonne della tabella. Un singolo database è in grado di contenere più tabelle;
- le **Query**: permettono la selezione, l'aggiornamento e l'eliminazione dei dati delle tabelle. Possono svolgere numerose altre funzioni a livello di database, consentono di raggruppare i dati desiderati da diverse tabelle per visualizzarli in un unico foglio dati. Inoltre, possono essere aggiunti dei criteri per filtrare i dati. Questi possono essere di due tipi: query di selezione e query di comando. La prima seleziona i dati e li rende disponibili per l'utilizzo, mentre la seconda permette di impostare delle operazioni sui dati.

Gli oggetti per stampare e visualizzare le informazioni sono:

- le **Maschere**: consentono di creare un'interfaccia utente in cui è possibile immettere e modificare i dati. Permettono l'utilizzo dei pulsanti di comando e altri controlli per l'esecuzione delle varie attività, tramite interazione con i dati memorizzati nelle tabelle.;
- i **Report**: consentono di formattare, riepilogare e presentare i dati e possono essere creati in qualsiasi momento. Sulla base dei risultati delle tabelle e delle query, i report ne permettono la stampa e l'esportazione dei dati.

Inoltre, con le **Macro**, che possono essere assimilate a un linguaggio di programmazione semplificato, vi è la possibilità di disporre di ulteriori funzionalità.

I dati di Access possono essere salvati in vari formati, tra i più comuni troviamo: .accdb, .mdw e .laccdb.

Infine, le ultime versioni del software dispongono di una guida online, in grado di fornire aiuto agli utilizzatori con una serie di procedure guidate.

### **6.3.1 Creazione del database in Access**

Si è deciso di utilizzare Microsoft Access perché è un software che permette la correlazione di diverse tipologie di dati, offrendo la possibilità di visualizzare ed esportate grazie all'ausilio di apposite funzioni.

L'obiettivo è stato quello di realizzare un database contenente tutto ciò che è stato prodotto fino a qui, in grado di gestire e organizzare in modo operativo le attività, cercando la massimizzazione del risultato in relazione alle corrette tempistiche.

La prima operazione è stata quella di creare un database e di salvarlo nella cartella di preferenza in formato .accdb.

Le informazioni contenute nel modello informativo realizzate in Revit sono state importate all'interno del database di Access con l'apposito Plug-in "Revit DB link", scaricato dal sito di Autodesk e presente, in seguito all'installazione nella sezione "Moduli aggiuntivi" di Revit, come mostrato in Figura 6.8.

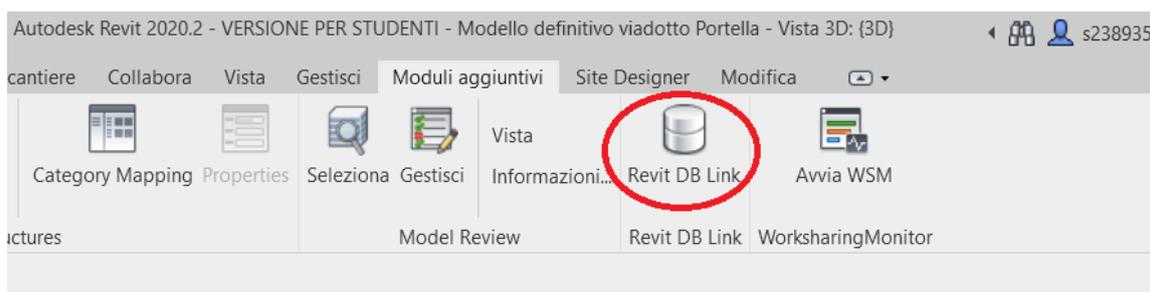


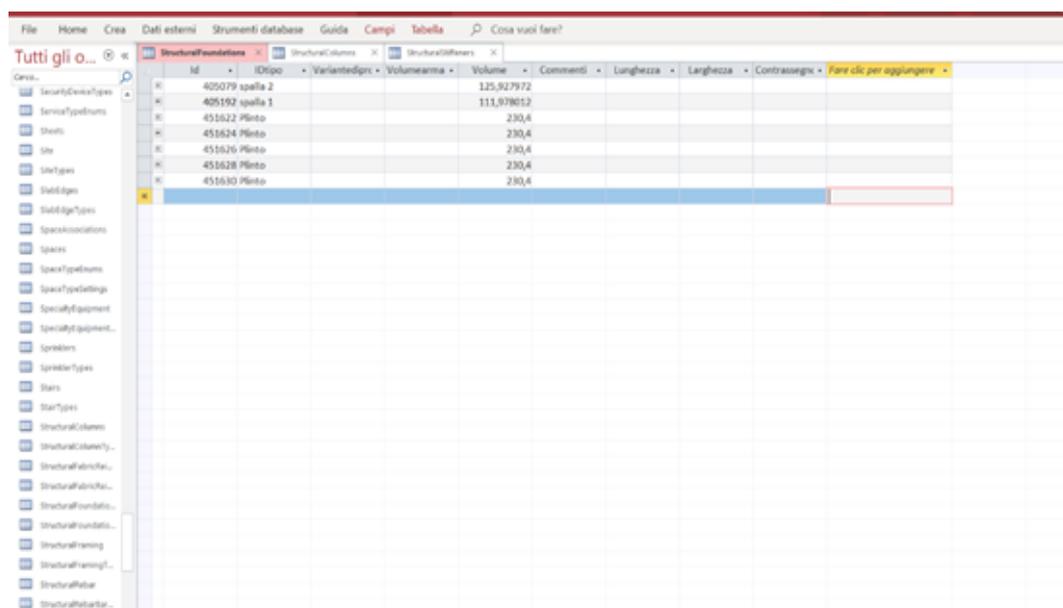
Figura 6.8: Revit DB Link

Il processo di esportazione è bidirezionale tra i due software e l'operazione può essere effettuata in modo semplice e veloce, dopo avere settato le impostazioni, come mostrato in Figura 6.9.



Figura 6.9: Menù di esportazione dati di Revit

Il risultato ottenuto dall'esportazione delle informazioni contenute nel modello del viadotto creato in Revit, nel Database di Microsoft Access è mostrato in Figura 6.10



Id	IDtipo	Variantedipr	Volumearma	Volume	Commenti	Lunghezza	Larghezza	Contrassegno	Fatti clic per aggiungere
405079	spalla 2			125,927972					
405192	spalla 1			111,979012					
451622	Plinto			230,4					
451624	Plinto			230,4					
451626	Plinto			230,4					
451628	Plinto			230,4					
451630	Plinto			230,4					

Figura 6.10: Visualizzazione dei dati in Access

Come è possibile osservare, sulla sinistra vengono mostrati i vari elementi delle famiglie parametriche realizzati in Revit e disposti in tabelle separate, mentre al centro della schermata di interfaccia, è mostrata la tabella selezionata, al cui interno i parametri di pertinenza dell'elemento sono disposti nei diversi campi e lungo i vari record.

Inoltre, come mostrato in Figura 6.11, grazie all'apposita funzione presente nella sezione "Dati esterni" di Microsoft Access, è stato possibile, sempre con un'operazione di tipo diretto importare i dati contenuti nelle tabelle di Excel che sono stati creati per gestire le attività di manutenzione.

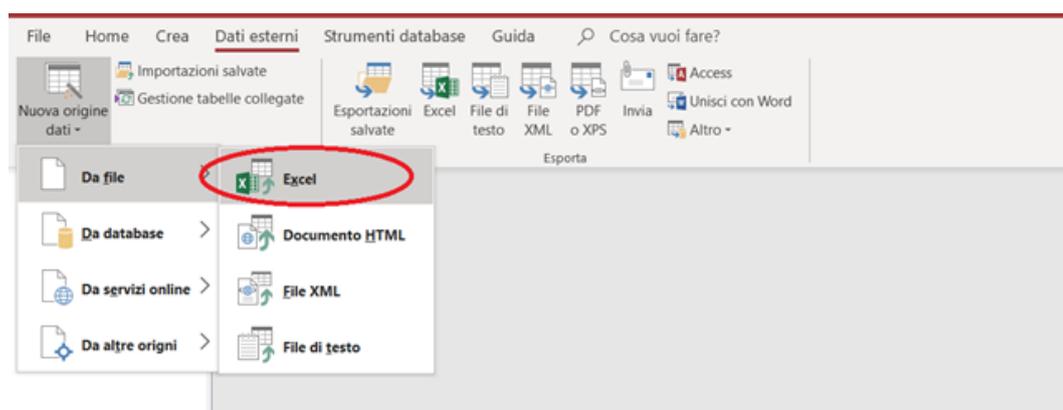


Figura 6.11: Tasto importazione file Excel

Successivamente, come mostrato in Figura 6.12, dato che il file di Excel contiene un foglio di lavoro per ogni elemento strutturale del viadotto, è stato possibile, tramite la procedura guidata, importare le informazioni sulle attività di manutenzione di un elemento per volta.

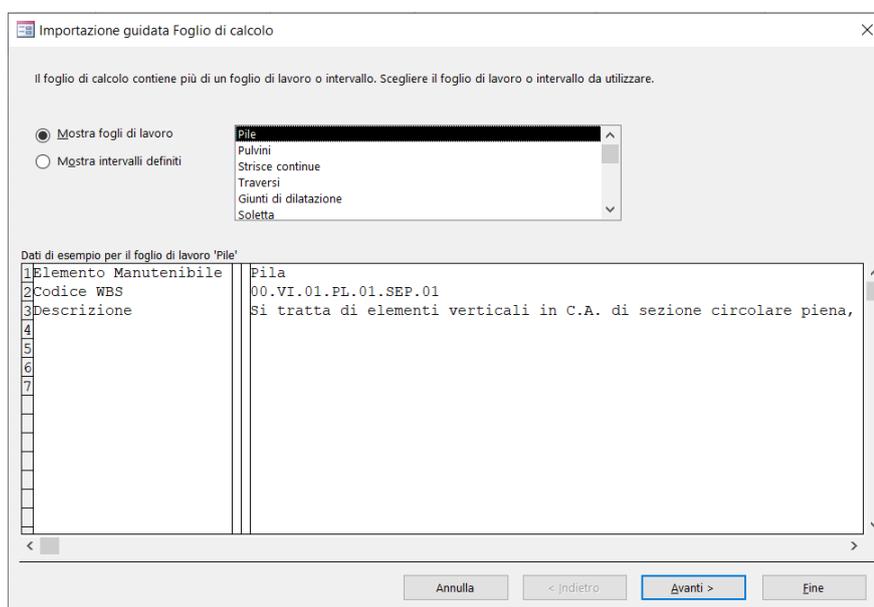


Figura 6.12: Procedura di importazione in Access

Il risultato di un'operazione tipo è mostrato in Figura 6.13, nella quale è riportato l'esempio di importazione delle informazioni riguardanti le attività di manutenzione delle spalle del viadotto.

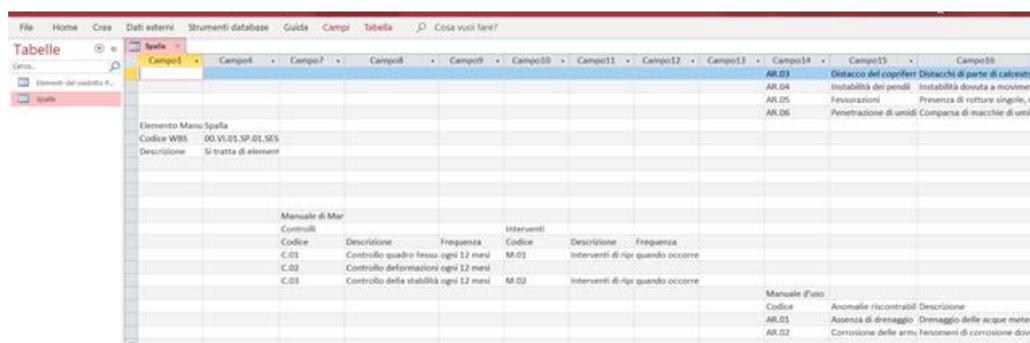


Figura 6.13: Risultato procedura importazione

A questo punto è stato necessario effettuare un'operazione di "filtraggio" delle informazioni, infatti la maggior parte dei dati che sono stati importati risultano superflui e quindi inutili per il conseguimento del nostro obiettivo.

## **6.4 Organizzazione del Piano di Manutenzione**

La prima operazione fatta è stata quella di creare un nuovo Database denominato “Piano di Manutenzione”, con l’obiettivo di combinare al suo interno i soli dati di interesse provenienti da Revit ed Excel.

Successivamente, al fine di agevolare la strutturazione delle attività e di permettere una migliore visualizzazione, si è deciso di suddividere il Piano di Manutenzione in due parti:

1. Nella prima parte sono stati classificati gli elementi del viadotto in tre macro-sezioni e di correlare i Manuali d’uso e di Manutenzione ai Sottoprogrammi dei controlli e degli interventi di manutenzione.

Le macro- sezioni sono state denominate “Parti d’opera” e sono:

- **Impalcato:** contenente travi, solette e traversi
- **Strutture in elevazione:** contenente spalle pile e pulvini
- **Corpo stradale:** contenente giunti di dilatazione, strisce orozzontali, barriere di sicurezza e pavimentazione stradale;

2. Nella seconda invece, al fine considerare l’asset del viadotto nel suo insieme, si sono tenuti in considerazione tutti gli elementi.

Sono stati selezionati e codificati una serie di requisiti e di standard prestazionali, che devono essere mantenuti durante l’intero periodo di vita utile dell’infrastruttura per una corretta conservazione del bene; questi sono stati importati nel software e successivamente correlati al Sottoprogramma delle Prestazioni.

La prima tabella ad essere stata creata è quella relativa agli elementi costruttivi del viadotto, nella quale sono state inserite, la codifica WBS degli elementi, una breve descrizione, la parte d’opera e il materiale di interesse. Tale tabella sarà utile per entrambe le parti del Piano di Manutenzione ed è riportata in Figura 6.14, per questioni di semplicità si riporta un solo elemento per tipologia.

Id	Elemento	WBS	Parte d'opera	Materiale	Descrizione
1	Trave	00.VI.01.IP.01.TCP.01	Impalcato	C.A.P	Elementi disposti orizzontalmente secondo lo sviluppo de
2	Soletta	00.VI.01.IP.01.ST.01	Impalcato	C.A.	Elementi orizzontali, solidali all'estradosso delle travi prin
3	Traversi	00.VI.01.IP.01.CGS.01	Impalcato	C.A.	Elementi gettati in opera di forma rettangolare ortogona
4	Giunti di dilatazione	00.VI.01.AG.01.GD.01	Corpo stradale	Elastomero in gomma arm	Elementi localizzati tra due campate adiacenti oppure tra
5	Barriere di sicurezza	00.VI.01.AG.01.BS.01	Corpo stradale	Metallo	Sono sistemi di sicurezza stradale, lo scopo è quello di co
6	Strisce continue	00.VI.01.SCS.01.SO.01	Corpo stradale	altro	Sono segnali orizzontali tracciati sulla strada, hanno la fu
7	Spalla	00.VI.01.SP.01.SES.01	Struttura in elevazione	C.A.	Elementi che permettono il raccordo tra la parte in rileva
8	Pila	00.VI.01.PL.01.SEP.01	Struttura in elevazione	C.A.	Elementi di sezione circolare piena, diametro standard 2,5
9	Pulvino	00.VI.01.PV.01.PB.01	Struttura in elevazione	C.A.	Elementi a forma di parallelepipedo, che fanno da raccord
10	Plinti di fondazione	00.VI.01.FD.01.PZ.01	Fondazioni	C.A.	Elementi quadrati che stanno alla base della pila hanno la
11	Pavimentazione stra	00.VI.01.SS.01.PV.01	Corpo stradale	Conglomerato bituminoso	Si tratta di pavimentazioni stradali realizzate con bitumi

Figura 6.14: Tabella degli elementi

Va specificato che, le informazioni relative al “Materiale”, sono state inserite perché alcuni elementi in calcestruzzo armato del viadotto, seppur diversi tra loro per funzione, posizione e forma, sono accumulati da una serie di controlli e interventi manutentivi comuni.

Questo perché nelle successive fasi, sarà sufficiente fare una ricerca all’interno del database, tramite le query, che consentiranno di associare le diverse attività e le tempistiche di manutenzione agli elementi di interesse, a tal fine, è stata cambiata l’impostazione dei campi in “Struttura tabella” in “indicizzata”, per consentire il processo di ricerca.

Altre informazioni, come ad esempio le immagini fotografiche o le indicazioni sui degradi non sono state inserite, sia perché sono presenti nel modello Revit, sia per non appesantire il database, scongiurando così l’insorgere di eventuali ridondanze, che renderebbero difficoltosa l’attività di ricerca delle informazioni.

## 6.4.1 Piano di Manutenzione delle “Parti d’opera”

In questa fase è stato definito il piano di manutenzione delle tre “Parti d’opera” individuate. Avendo già realizzato la tabella degli elementi del viadotto, l’operazione successiva è stata quella di ordinare all’interno del database tutte quelle informazioni necessarie per completare il Piano di Manutenzione.

La prima operazione fatta è stata quella di ordinare e catalogare in una nuova tabella, secondo la codifica definita precedentemente tutte le informazioni relative al Manuale d’uso, avendo l’accortezza, come mostrato in Figura 6.15, di inserire un riferimento in ogni singolo record all’elemento di riferimento.

Anomalie Ricontrabili	Codif	Descrizione	Elemento	Parte d'opera
1 Assenza di drenaggio	AR.01	Drenaggio delle acque meteoriche insufficiente e/o occlusione dei sistemi di smaltimento	Spalla	Strutture in elevazione
2 Assenza di drenaggio	AR.01	Drenaggio delle acque meteoriche insufficiente e/o occlusione dei sistemi di smaltimento	Soletta	Impalcato
3 Corrosione delle armature	AR.02	Fenomeni di corrosione dovuti al contatto diretto delle armature con l'atmosfera esterna e	Trave	Impalcato
4 Corrosione delle armature	AR.02	Fenomeni di corrosione dovuti al contatto diretto delle armature con l'atmosfera esterna e	Soletta	Impalcato
5 Corrosione delle armature	AR.02	Fenomeni di corrosione dovuti al contatto diretto delle armature con l'atmosfera esterna e	Traversi	Impalcato
6 Corrosione delle armature	AR.02	Fenomeni di corrosione dovuti al contatto diretto delle armature con l'atmosfera esterna e	Spalla	Strutture in elevazione
7 Corrosione delle armature	AR.02	Fenomeni di corrosione dovuti al contatto diretto delle armature con l'atmosfera esterna e	Pila	Strutture in elevazione
8 Corrosione delle armature	AR.02	Fenomeni di corrosione dovuti al contatto diretto delle armature con l'atmosfera esterna e	Pulvino	Strutture in elevazione
9 Distacco del copriferro	AR.03	Distacchi di parte del calcestruzzo ammalorato e relativa esposizione dei ferri di armatura	Trave	Impalcato
10 Distacco del copriferro	AR.03	Distacchi di parte del calcestruzzo ammalorato e relativa esposizione dei ferri di armatura	Soletta	Impalcato
11 Distacco del copriferro	AR.03	Distacchi di parte del calcestruzzo ammalorato e relativa esposizione dei ferri di armatura	Traversi	Impalcato
12 Distacco del copriferro	AR.03	Distacchi di parte del calcestruzzo ammalorato e relativa esposizione dei ferri di armatura	Spalla	Strutture in elevazione
13 Distacco del copriferro	AR.03	Distacchi di parte del calcestruzzo ammalorato e relativa esposizione dei ferri di armatura	Pila	Strutture in elevazione
14 Distacco del copriferro	AR.03	Distacchi di parte del calcestruzzo ammalorato e relativa esposizione dei ferri di armatura	Pulvino	Strutture in elevazione
15 Instabilità dei pendii	AR.04	Instabilità dovuta a movimenti franosi e/o erosione dei terreni	Spalla	Strutture in elevazione
16 Fessurazioni	AR.05	Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura che possono inter	Trave	Impalcato
17 Fessurazioni	AR.05	Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura che possono inter	Soletta	Impalcato
18 Fessurazioni	AR.05	Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura che possono inter	Traversi	Impalcato
19 Fessurazioni	AR.05	Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura che possono inter	Spalla	Strutture in elevazione
20 Fessurazioni	AR.05	Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura che possono inter	Pila	Strutture in elevazione
21 Fessurazioni	AR.05	Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura che possono inter	Pulvino	Strutture in elevazione
22 Penetrazioni di umidità	AR.06	Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua	Trave	Impalcato
23 Penetrazioni di umidità	AR.06	Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua	Soletta	Impalcato
24 Penetrazioni di umidità	AR.06	Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua	Traversi	Impalcato
25 Penetrazioni di umidità	AR.06	Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua	Spalla	Strutture in elevazione
26 Penetrazioni di umidità	AR.06	Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua	Pila	Strutture in elevazione
27 Penetrazioni di umidità	AR.06	Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua	Pulvino	Strutture in elevazione
28 Degrado	AR.07	Degrado degli elementi e/o di parti costituenti	Barriere di sicurezza	Corpo stradale
29 Rottura	AR.08	Rottura degli elementi costituenti e/o di parti di essi	Barriere di sicurezza	Corpo stradale
30 Corrosione	AR.09	Decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanza presenti nell'a	Barriere di sicurezza	Corpo stradale
31 Usura	AR.10	Perdita di materiale dovuto all'usura provocata dall'azione dei veicoli e degli agenti atmosf	Strisce continue	Corpo stradale
32 Buche	AR.11	Consistono nella mancanza di materiale della superficie del manto stradale a carattere loca	Pavimentazione stradale	Corpo stradale
33 Cedimenti	AR.12	Consistono nella variazione della sagoma stradale, caratterizzati da avvallamenti e crepe lo	Pavimentazione stradale	Corpo stradale
34 Sollevamento	AR.13	Variazione localizzata della sagoma stradale con sollevamento di parti interessanti il manto	Pavimentazione stradale	Corpo stradale
35 Usura manto stradale	AR.14	Si manifesta con fessurazioni, rotture, mancanza di materiale, buche, sollevamenti del mant	Pavimentazione stradale	Corpo stradale

Figura 6.15: Informazioni del “Manuale d’uso”

La stessa operazione è stata successivamente ripetuta, creando un’altra tabella contenente le informazioni del Manuale di Manutenzione, del Sottoprogramma dei Controlli e del Sottoprogramma delle Prestazioni.

In questo caso è stato possibile accorpere i vari controlli e interventi di manutenzione in relazione alle caratteristiche del materiale, coinvolgendo così più elementi. Alcuni componenti, come ad esempio: le barriere di sicurezza, la pavimentazione stradale, le spalle e le strisce continue, invece, richiedevano

delle lavorazioni specifiche e quindi nei record dove sono presenti è stato necessario riportare il tipo di elemento.

Codice Controllo	Descrizione controllo	Sottoprogramma dei controlli	Codice intervento	Descrizione intervento	Sottoprogramma degli interventi	Materiale	Elemento
C.01	Controllo quadro fessurativo: esam ogni 6 mesi		M.01	Intervento di ripristino delle strutture	quando occorre	C.A.	
2 C.02	Controllo deformazioni e spostame ogni 6 mesi		M.01	Intervento di ripristino delle strutture	quando occorre	C.A.	
3 C.03	Controllo strumentale basato sul fe: quando occorre		M.01	Intervento di ripristino delle strutture	quando occorre	C.A.	
4 C.04	Controllo della stabilità: verificare a ogni 12 mesi		M.02	Intervento di ripristino della stabilità	quando occorre		spalla
5 C.05	Controllo generale dell'efficienza di ogni mese		M.03	Integrazione di parti e/o elementi con	quando occorre	Metallo	Barriere di sici
6 C.05	Controllo generale dell'efficienza di ogni mese		M.04	Sostituzione di parti e/o elementi usur	quando occorre	Metallo	Barriere
7 C.06	Controllo periodico delle condizioni ogni 6 mesi		M.05	Rifacimento delle strisce continue mec	ogni 12 mesi	altro	Strisce contin
8 C.07	Controllo carreggiata; verificare lo s ogni mese		M.06	Riparazione di buche e/o fessurazioni	quando occorre	Conglomerato bituminoso	Pavimentazioi
9 C.07	Controllo carreggiata; verificare lo s ogni mese		M.07	Riparazione e/o serraggio del giunto di	quando occorre	Elastomero in gomma arr	Giunto di dilat

Figura 6.16: Informazioni del “Manuale di Manutenzione”

Una volta terminate queste operazioni il database risulta completo di tutte le informazioni necessarie per definire la prima parte del Piano di Manutenzione. Avere organizzato le informazioni in questa maniera ha permesso di combinare le attività e le tempistiche con gli elementi di pertinenza, semplicemente stabilendo delle relazioni e creando una query per ognuna delle parti d’opera individuate, nelle quali sono stati impostati i criteri di ricerca. In Figura 6.17 viene riportata la struttura della query “Impalcato”.

Campo:	Elemento	WBS	Parte d'opera	Codice Controllo	Sottoprogramma dei cc	Codice intervento	Sottoprogramma degli	Materiale
Tabella:	Elementi del viadotto Pc	Elementi del viadotto Pc	Elementi del viadotto Pc	Manuale di Manutenzioni				
Ordinamento:								
Mostra:	<input checked="" type="checkbox"/>							
Criteri:			"Impalcato"					"C.A."
Oppure:								

Figura 6.17: Struttura della query “Impalcato”

Il risultato di questa query è riportato in Figura 6.18, nella quale per semplicità è stato riportato un elemento per ogni tipologia. Come è possibile osservare, ogni componente dell'impalcato è stato perfettamente associato all'attività e alle tempistiche dei controlli e agli interventi di manutenzione di pertinenza.

Elemento	WBS	Parte d'opera	Codice Controllo	Sottoprogramma dei controlli	Codice intervento	Sottoprogramma degli interventi	Materiale
Soletta	00.VI.01.IP.01.ST.01	Impalcato	C.01	ogni 6 mesi	M.01	quando occorre	C.A.
Trave	00.VI.01.IP.01.TCP.01	Impalcato	C.01	ogni 6 mesi	M.01	quando occorre	C.A.
Traversi	00.VI.01.IP.01.CGS.01	Impalcato	C.01	ogni 6 mesi	M.01	quando occorre	C.A.
Soletta	00.VI.01.IP.01.ST.01	Impalcato	C.02	ogni 6 mesi	M.01	quando occorre	C.A.
Trave	00.VI.01.IP.01.TCP.01	Impalcato	C.02	ogni 6 mesi	M.01	quando occorre	C.A.
Traversi	00.VI.01.IP.01.CGS.01	Impalcato	C.02	ogni 6 mesi	M.01	quando occorre	C.A.
Soletta	00.VI.01.IP.01.ST.01	Impalcato	C.03	quando occorre	M.01	quando occorre	C.A.
Trave	00.VI.01.IP.01.TCP.01	Impalcato	C.03	quando occorre	M.01	quando occorre	C.A.
Traversi	00.VI.01.IP.01.CGS.01	Impalcato	C.03	quando occorre	M.01	quando occorre	C.A.

Figura 6.18: Visualizzazione della query "Impalcato"

La stessa operazione è stata ripetuta, con gli opportuni settaggi anche per gli elementi delle "Strutture in elevazione e per quelli del "Corpo stradale".

In Figura 6.19 viene riportato un breve riepilogo delle tabelle e delle query che sono state realizzate fino a questo punto.



Figura 6.19: Elenco oggetti di Access

L'ultima operazione è stata quella di impostare una maschera per ognuna delle query relative alle parti d'opera create, questi strumenti ci permettono di settare le modalità di visualizzazione e di esportazione.

In Figura 6.20 è riportata la maschera degli elementi dell'impalcato.

Impalcato						
WBS	Codice Controlli	Sottoprogramma dei controlli	Data prossimo controllo	Stato	Codice interventi	Sottoprogramma degli interventi di Manutenzione
00.VI.01.IP.01.ST.01	C.01	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.TCP.01	C.01	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.CGS.01	C.01	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.ST.01	C.02	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.TCP.01	C.02	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.CGS.01	C.02	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.ST.01	C.03	quando occorre	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.TCP.01	C.03	quando occorre	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.CGS.01	C.03	quando occorre	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre

[Descrizione](#)      [Manuale d'uso](#)      [Manuale di Manutenzione](#)

Figura 6.20: Maschera degli elementi dell'impalcato

Come è possibile osservare, oltre alle codifiche WBS, dei controlli e degli interventi e ai Sottoprogrammi, sono stati incluse le date e lo stato dei controlli, per permettere di tenere sempre aggiornato il database.

Inoltre, sono stati inseriti tre pulsanti, che permettono, semplicemente cliccando sui record di visualizzare le descrizioni precedentemente inserite sia degli elementi che delle attività contenute nel Manuale d'uso e nel Manuale di Manutenzione. Vengono di seguito riportate le maschere degli elementi del "Corpo stradale" e delle "Strutture in elevazione".

Corpo stradale						
WBS	Codice Controllo	Sottoprogramma dei controlli	Data prossimo controllo	Stato	Codice intervento	Sottoprogramma degli interventi di Manutenzione
00.VI.01.IP.01.ST.01	C.01	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input type="radio"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.TCP.01	C.01	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input type="radio"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.CGS.01	C.01	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input type="radio"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.ST.01	C.02	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input type="radio"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.TCP.01	C.02	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input type="radio"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.CGS.01	C.02	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input type="radio"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.ST.01	C.03	quando occorre	25/03/2020	<input type="radio"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.TCP.01	C.03	quando occorre	25/03/2020	<input type="radio"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.IP.01.CGS.01	C.03	quando occorre	25/03/2020	<input type="radio"/>	M.01	quando occorre

[Descrizione](#)      [Manuale d'uso](#)      [Manuale di Manutenzione](#)

Figura 6.21: Maschera degli elementi del corpo stradale

Strutture in elevazione						
WBS	Codice Controllo	Sottoprogramma dei controlli	Data prossimo controllo	Stato	Codice interventi	Sottoprogramma degli interventi di Manutenzione
00.VI.01.SP.01.SES.01	C.01	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.PL.01.SEP.01	C.01	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.PV.01.PB.01	C.01	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.SP.01.SES.01	C.02	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.PL.01.SEP.01	C.02	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.PV.01.PB.01	C.02	ogni 6 mesi	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.SP.01.SES.01	C.03	quando occorre	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.PL.01.SEP.01	C.03	quando occorre	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre
00.VI.01.PV.01.PB.01	C.03	quando occorre	25/03/2020	<input checked="" type="checkbox"/>	M.01	quando occorre

[Descrizione](#)
[Manuale d'uso](#)
[Manuale di Manutenzione](#)

Figura 6.22: Maschera degli elementi delle strutture in elevazione

## 6.4.2 Requisiti e Standard prestazionali del viadotto

La procedura per la gestione delle attività di manutenzione del viadotto fin qui esposta, non consente di tenere in considerazione l'asset dell'intera infrastruttura nel suo insieme.

Questo infatti era il grosso limite riscontrato anche nell'utilizzo di Revit.

Per rimediare, si è deciso di dedicare questa sezione alla definizione di alcuni requisiti e standard prestazionali che riguardano l'intera infrastruttura e che devono essere verificati per una corretta conservazione dell'opera.

In Figura 6.23 vengono riportati alcuni dei parametri individuati, che sono stati codificati e associati all'ultimo documento operativo del Programma di Manutenzione, che fino a questo momento non era stato preso in considerazione; il "Sottoprogramma delle Prestazioni". Questi vengono riportati in una tabella di Microsoft Excel per permettere una migliore comprensione.

Requisiti		Prestazioni		Tipologia	Sottoprogramma delle prestazioni
Codice	Descrizione	Codice	Descrizione		
R.01	Stabilità dell'opera: dovrà essere garantita la stabilità in relazione al principio statico di funzionamento, ai materiali ed alle tipologie strutturali diverse a seconda dei casi	P.01	L'opera dovrà garantire anche in condizioni esterne (sovraccarichi, sisma, sollecitazioni esterne ecc.) la stabilità delle strutture costituenti. I livelli minimi variano in funzione della tipologia strutturale e dei materiali d'impiego	Verifica	ogni 12 mesi
R.02	Resistenza meccanica delle fondazioni superficiali: dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forza, ecc.)	P.02	Le opere di fondazione superficiale sotto effetti di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza. Per i livelli minimi si raccomanda alle prescrizioni di Legge di normative vigenti in materia	Verifica	ogni 12 mesi
R.03	Resistenza meccanica delle strutture in elevazione in C.A.: dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche ecc)	P.03	Le strutture in elevazione, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza	Verifica	ogni 12 mesi
R.04	Accessibilità delle strade: dovranno essere dimensionate ed organizzate in modo tale da essere raggiungibili e praticabili, garantendo inoltre la sicurezza durante la circolazione da parte dell'utenza	P.04	Le strade devono assicurare la normale circolazione dei veicoli e dei pedoni, ma soprattutto essere conformi alle Norme sulla sicurezza e alla prevenzione di infortuni a mezzi e persone. Le prescrizioni variano a seconda della tipologia di strada al fine di assicurare lo standard minimo di prestazioni	controllo a vista	ogni 3 mesi

Figura 6.23: Requisiti e standard prestazionali selezionati

Queste informazioni sono state importate in Access e successivamente sono state inserite in una tabella, con procedure analoghe a quelle precedentemente descritte.

Infine, le informazioni inserite sono state combinate, con le informazioni contenute nella tabella degli elementi del viadotto.

Il risultato è mostrato in Figura 6.24.

Requisiti e Prestazioni del viadotto Portella						
WBS	Codice Requisito	Codice Prestazioni	Tipologia di controllo	Sottoprogramma delle Prestazioni	Data prossimo controllo	Stato
00.VI.01.IP.01.TCP.01	R.01	P.01	Verifica strumentale	ogni 12 mesi	25/03/2020	●
00.VI.01.IP.01.ST.01	R.01	P.01	Verifica strumentale	ogni 12 mesi	25/03/2020	●
00.VI.01.IP.01.CGS.01	R.01	P.01	Verifica strumentale	ogni 12 mesi	25/03/2020	●
00.VI.01.AG.01.GD.01	R.04	P.04	Controllo a vista	ogni 3 mesi	25/03/2020	●
00.VI.01.AG.01.BS.01	R.04	P.04	Controllo a vista	ogni 3 mesi	25/03/2020	●
00.VI.01.SCS.01.SO.01	R.04	P.04	Controllo a vista	ogni 3 mesi	25/03/2020	●
00.VI.01.SP.01.SES.01	R.03	P.03	Verifica strumentale	ogni 12 mesi	25/03/2020	●
00.VI.01.PL.01.SEP.01	R.03	P.03	Verifica strumentale	ogni 12 mesi	25/03/2020	●
00.VI.01.PV.01.PB.01	R.03	P.03	Verifica strumentale	ogni 12 mesi	25/03/2020	●
00.VI.01.FD.01.PZ.01	R.02	P.02	Verifica strumentale	ogni 12 mesi	25/03/2020	●
00.VI.01.SS.01.PV.01	R.04	R.04	Controllo a vista	ogni 3 mesi	25/03/2020	●

Descrizione      Requisiti      Prestazioni

Figura 6.24: Requisiti e prestazioni del viadotto Portella

Come è possibile osservare, oltre alle codifiche WBS, dei requisiti e delle prestazioni e al Sottoprogramma delle prestazioni, anche in questo caso sono state incluse le date e lo stato dei controlli, per permettere di tenere sempre aggiornato il database.

In Figura 6.25 è mostrata la finestra che viene visualizzata in seguito all'azionamento del pulsante "Descrizione".

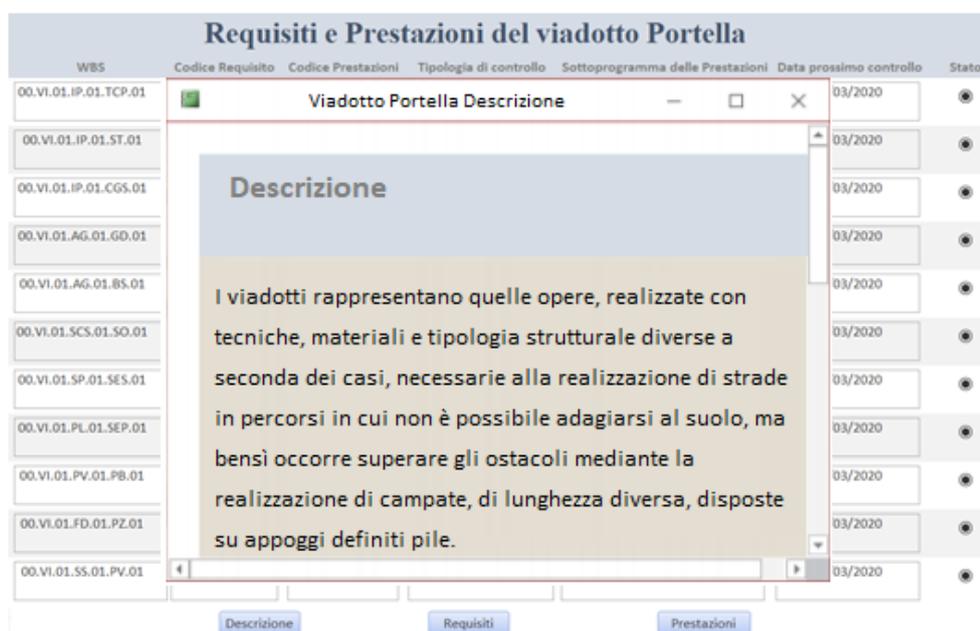


Figura 6.25: Funzionamento del pulsante "Descrizione"

Invece, gli altri due pulsanti permettono la visualizzazione delle informazioni contenute nella tabella dell'immagine 6.23, riguardo i requisiti e gli standard prestazionali che devono mantenere gli elementi del viadotto nel loro insieme.

### 6.4.3 Operazioni conclusive

Si riporta infine in Figura un riepilogo degli oggetti di Microsoft Access che sono stati definiti per completare la procedura.

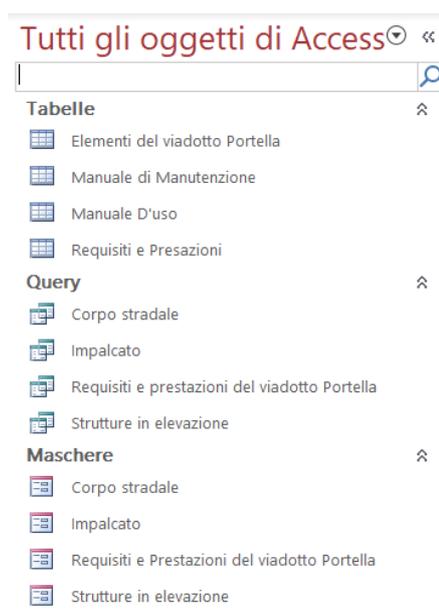


Figura 6.26: Riepilogo finale degli oggetti di Microsoft Access

I punti di forza di Microsoft Access si sono rivelati essere: una gestione dinamica dei dati all'interno del database, e con gli appositi strumenti, la visualizzazione nelle modalità preferite dagli utenti.

Il risultato prodotto in questa fase è stato considerato in linea con quelle che erano le aspettative iniziali, si ritiene che questo permetta una visione di insieme delle attività di manutenzione dell'intero viadotto, ciò è stato sicuramente favorito dall'aver suddiviso il lavoro in due parti.

Una buona politica di gestione della manutenzione, parte sicuramente dalla realizzazione di un database basato su dati che devono essere tanti e di qualità, ma al contempo, a questo devono essere associate le azioni di condivisione e di continuo aggiornamento.

In questo ambito il CDE “Common Data Environment”, ovvero l’ambiente digitale di raccolta e gestione dei dati e dei file, si sta sviluppando molto, nel mondo dell’AEC (Architettura, Ingegneria, Costruzioni), creando server, accessibili da rete, sui quali vengono depositati dati e file relativi a una specifica commessa, perché siano accessibili a tutti i professionisti interessati per il loro specifico interesse.<sup>[10]</sup>

In assenza della possibilità di utilizzo di mezzi migliori, per completare la procedura, il database di Microsoft Access appena realizzato è stato caricato a titolo esemplificativo su Dropbox.



Figura 6.27: Importazione del database in Dropbox

Successivamente il link di Dropbox è stato inserito come parametro di progetto di tipo “URL” all’interno del modello informativo del viadotto Portella su Revit.

---

<sup>[10]</sup> Dati recepiti da ingenio-web.it



---

# **CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI**

---



---

## Conclusioni e sviluppi futuri

---

Il presente elaborato di Tesi nasce con lo scopo di definire una metodologia BIM per la gestione di infrastrutture ed è stata applicata ad un caso studio reale.

Stiamo attraversando un periodo storico in cui, l'età e lo stato di fatto del patrimonio infrastrutturale dell'Italia necessitano la definizione di azioni manutentive programmate al fine di preservarne il valore e di assicurarne le condizioni di sicurezza.

L'infrastruttura oggetto di questo studio è stata il viadotto Portella, ubicato lungo la Strada Statale 124, ricadente nel territorio comunale di Palazzolo Acreide (Sr).

Partendo dai dati CAD in 2D, messi a disposizione da Anas S.p.A., con l'ausilio dell'applicazione della metodologia BIM è stato possibile trasformarli in 3D generando un modello informativo completo infraBIM.

La Tesi è stata articolata in più fasi, partendo dalla modellazione e definendo una procedura in grado di raccogliere e gestire le informazioni a disposizione all'interno del modello, al fine di ipotizzare un Piano di Manutenzione.

La prima fase ha riguardato la modellazione in Revit del viadotto e del relativo contesto, per fare questo, è stato necessario il simultaneo utilizzo di più software, che ha consentito al contempo di testarne l'interoperabilità.

In particolare, per la realizzazione del modello del terreno sono stati utilizzati Infracore e Civil 3D, invece per la gestione della nuvola di punti a disposizione è stato utilizzato Recap.

Successivamente sono stati importati i file prodotti con questi programmi in Revit, all'interno del software è stato possibile creare il modello del contesto e posizionare la nuvola di punti 3D, permettendo così la successiva georeferenziazione.

Avendo come obiettivo quello di raggiungere un buon livello di dettaglio geometrico, è stato deciso di condurre la modellazione dell'infrastruttura in Revit, senza trascurare l'andamento plano-altimetrico reale.

A tal fine, gli elementi delle famiglie sono stati completamente parametrizzati con le corrette dimensioni strutturali e il materiale costruttivo di pertinenza.

Il risultato della modellazione è stato molto soddisfacente, sia dal punto di vista della riproduzione del contesto, ritenuta coerente in termini planimetrici e altimetrici, sia dal punto di vista del dettaglio geometrico, in quanto è stato possibile appurare la sovrapposizione degli elementi delle famiglie parametriche create con i punti 3D della nuvola, scongiurando così la presenza di possibili errori. Quanto ottenuto non era scontato nelle fasi preliminari, perché Revit è un software che si presta maggiormente ad un utilizzo prettamente architettonico, invece è stato possibile appurare i miglioramenti fatti da Autodesk nel campo della modellazione infrastrutturale, grazie anche agli ultimi aggiornamenti, con i quali sono state introdotte una serie di funzionalità specifiche. Inoltre, l'interoperabilità tra i software di Autodesk, per merito anche della disponibilità di numerosi plug-in, che permettono la definizione di operazioni di dettaglio, si è rivelata molto efficiente.

La seconda fase del lavoro ha previsto la codifica WBS di tutti gli elementi costruttivi e la gestione dei dati. I codici creati e le altre informazioni a disposizione, tra le quali un report fotografico dell'opera risalente al 2009 e i dati sugli ammaloramenti presenti nella relazione tecnica sono stati inseriti all'interno del modello sotto forma di appositi parametri. Inoltre, è stato possibile effettuare personalmente un sopralluogo nel 2019, in quell'occasione è stato fatto un ulteriore report fotografico completo dell'opera.

Successivamente, dopo aver catalogato le fotografie in apposite cartelle, in base all'elemento di pertinenza, sono state inserite all'interno del modello ed è stato possibile effettuare un confronto sul dato fotografico nell'arco temporale di 10 anni.

L'impiego dei parametri secondo le modalità appena descritte ha permesso di trasformare il modello geometrico 3D in un vero e proprio modello informativo del viadotto, infatti quanto appena descritto, ha permesso di

gettare le basi per la realizzazione dell'ultima parte del lavoro, nella quale, sulla base dello studio delle opportune modalità operative, è stata creata una procedura al fine di ipotizzare un Piano di Manutenzione dell'opera.

In un primo momento è stato effettuato un tentativo in Revit, sulla falsa riga di quanto fatto nella seconda parte, ma il risultato non è stato ritenuto in linea con l'obiettivo prefissato e si sono potuti riscontrare dei primi limiti nell'utilizzo di questo software nel campo di gestione delle infrastrutture.

Va comunque tenuto in considerazione che si sarebbero potute seguire altre strade, sicuramente più efficaci, però si è ritenuto, al di là delle modalità di inserimento dei dati, che il software non fosse in grado di restituire una chiara visione di insieme delle attività e delle tempistiche di manutenzione previste per l'intero viadotto.

Per questi motivi si è passati all'utilizzo di Microsoft Access.

La scelta è ricaduta su questo software perché, grazie ad un apposito plug-in, quale "Revit DB-Link", vi è stata la possibilità di trasferire, con una procedura diretta i dati del modello in Revit all'interno del database di Access creato.

Inoltre, data la perfetta interoperabilità con Excel, è stato possibile importare anche le informazioni sulle attività, le codifiche degli interventi, dei controlli e le tempistiche delle attività di manutenzione appositamente definiti nei fogli di calcolo.

I dati inseriti nel database sono stati organizzati in maniera tale da permettere la comprensione delle attività previste nel Piano di manutenzione ipotizzato e grazie alle apposite funzioni è stato possibile anche esportarlo per permettere la visualizzazione.

L'impiego di Access per la gestione della manutenzione ha prodotto un risultato in linea con le aspettative, i parametri definiti nelle varie fasi sono risultati sicuramente molto utili, così come la codifica delle varie attività.

Sulla base di quanto realizzato, si ritiene centrato l'obiettivo iniziale e che la procedura ideata, con l'ausilio degli opportuni miglioramenti, possa essere uno strumento di supporto per la gestione di un'infrastruttura, se non altro per la possibilità di avere a disposizione una buona visione d'insieme dell'opera e delle informazioni ad essa collegate.

Infatti, un programma di manutenzione di successo deve avere alla base una buona banca dati, sia in termini di qualità, che di quantità delle informazioni, che devono essere sempre aggiornate. Questo è fondamentale per attuare una buona “Preservation Policy”, che prevede una manutenzione predittiva, basata sulla programmazione e sul risparmio, in contrasto con la più comune pratica “dell’intervento saltuario”, permettendo così di assicurare le condizioni di sicurezza e di salvaguardare il patrimonio infrastrutturale, senza interrompere la fruibilità dell’opera.

In tal senso potrebbe essere un’idea quella di correlare i dati prodotti con un monitoraggio attivo delle opere d’arte per mezzo di sensori, con lo sviluppo in parallelo di un modello in grado di definire la previsione dell’evoluzione degli ammaloramenti, potrebbero essere così stabilite le opportune soglie di allerta. Altri campi da esplorare, sulla base del modello geometrico 3D realizzato e con l’ausilio di uno strumento di supporto come Dynamo, potrebbero essere quelli legati allo studio di procedure per la manutenzione della pavimentazione stradale o anche quelli legati all’implementazione del modello infraBIM, definendo parametri relativi alle sezioni, ai carichi e ai vincoli, così da potere condurre un’analisi strutturale.

Inoltre, in occasione del sopralluogo ci si è potuti rendere conto che i molti ponti e viadotti presenti lungo la strada statale sono della stessa tipologia del viadotto Portella, in quanto realizzati con i medesimi elementi costruttivi. Quindi l’idea potrebbe essere quella di realizzare una rete con l’ausilio del GIS, inserendo successivamente tutti i dati di pertinenza all’interno di un unico database, così da poter studiare una strategia manutentiva di insieme, sulla base dell’efficacia e del risparmio economico.

Si ritiene infatti, che questo sia un ambito di lavoro dalle potenzialità enormi, che ad oggi, nonostante il sempre più frequente utilizzo, risulta ancora essere un mondo completamente da esplorare.

I numerosi spunti finali non possono che confermare i vantaggi derivanti dell’utilizzo della metodologia infraBIM e di come la sua introduzione abbia dato nuova linfa a un settore in crisi come quello delle costruzioni.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

---







---

## Bibliografia

---

Hardin B., McCool D., *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*, Wiley, Indianapolis, 2015.

Osello A., Ugliotti F. M., *BIM Building Information Modelling Conoscere, digitalizzare, condividere: il caso studio della città di Torino*, Gangemi Editore, Roma, 2017.

Del Giudice M., Osello A., *BIM for cultural heritage*, in International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXIV International CIPA Symposium, 2–6 September 2013, Strasbourg, France

Osello A., Del Giudice M. (2018). *BIM handbook for Building and Civil Engineering Students*, Levrotto & Bella editore

Quattrocchi A. (2019): *BIM per il Construction Management Modellazione parametrica e gestione dei dati con il BIM orientato al Construction Management*, Politecnico di Torino, Torino

Kaner , 2011, Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms

*Codice dei contratti pubblici*, Decreto Legislativo 18/04/2016 n. 5

ACCA software. Guida al BIM, la rivoluzione digitale dell'edilizia (2018)

M. Coghe, Il BIM per le infrastrutture, Concetti di base e sviluppi futuri

ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries

Rocca M., Foietta P., *Le infrastrutture al tempo della crisi*, SottoSopra-edizioni, Torino, 2013.

Decreto Ministeriale 5 novembre 2001, n. 6792 (S.O. n.5 alla G.U. n.3. del 4.1.02) *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*

*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*, Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018

Fabio Manzone (2017) Pianificazione operativa del cantiere *Teoria e Metodi nella Produzione Edilizia*, Levrotto & Bella editore.

Norme UNI 11337, parte 1,4,5, Edilizia e opere di ingegneria civile, *Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni*

Petrangeli M.P., *Progettazione e costruzione di ponti*, IV Edizione, Casa Editrice Ambrosiana

Dalla Mora T., Peron F., Cappelletti F., Romagnoni P., Ruggeri P., *Una panoramica sul building information modelling (BIM)*, Aicarr, Milano, 2014

---

## **SITOGRAFIA**

---



---

# Sitografia

---

<http://au.autodesk.com/>

<http://www.assobim.it>

<http://biblus.assa.it/bim>

<https://www.bimstrutturale.org>

<http://forums.autodesk.com/>

<https://www.edilportale.it>

<http://gisinfrastrutture.it>

<https://www.ingenio-web.it>

<http://www.italferr.it/content/italferr/it/expertise/innovazione/bim>

<https://www.lavoripubblici.it>

<https://www.stradeanas.it/it/lazienda/attivit%C3%A0/documenti-tecnici>

[https://www.stradeanas.it/sites/default/files/pdf/1.3.3/Quaderni\\_Tecnici\\_Volume1.pdf](https://www.stradeanas.it/sites/default/files/pdf/1.3.3/Quaderni_Tecnici_Volume1.pdf)

<https://wikipedia.org/>



---

## **ALLEGATI**

---



# Allegato 1

Lotto	Opera		Parte d'opera		Sub categoria		Codice WBS
	Progressivo	Descrizione	Progressivo	Descrizione	Progressivo	Descrizione	
00	VI 01	Viadotto					
			IP 01	Impalcato	TCP 01	Travi in CAP	00.VI.01.IP.01.TCP.01 00.VI.01.IP.01.TCP.02 00.VI.01.IP.01.TCP.03 00.VI.01.IP.01.TCP.04
					ST 01	Soletta con cordolo	00.VI.01.IP.01.ST.01
					CGS 01	Traversi in CA	00.VI.01.IP.01.CGS.01
					PR 01	Predalles	00.VI.01.IP.01.PR.01
			IP 02	Impalcato	TCP 01	Travi in CAP	00.VI.01.IP.02.TCP.01 00.VI.01.IP.02.TCP.02 00.VI.01.IP.02.TCP.03 00.VI.01.IP.02.TCP.04
					ST 01	Soletta con cordolo	00.VI.01.IP.02.ST.01
					CGS 01	Traversi in CA	00.VI.01.IP.02.CGS.01
					PR 01	Predalles	00.VI.01.IP.02.PR.01
			IP 03	Impalcato	TCP 01	Travi in CAP	00.VI.01.IP.03.TCP.01 00.VI.01.IP.03.TCP.02 00.VI.01.IP.03.TCP.03 00.VI.01.IP.03.TCP.04
					ST 01	Soletta con cordolo	00.VI.01.IP.03.ST.01
					CGS 01	Traversi in CA	00.VI.01.IP.03.CGS.01
					PR 01	Predalles	00.VI.01.IP.03.PR.01
			IP 04	Impalcato	TCP 01	Travi in CAP	00.VI.01.IP.04.TCP.01 00.VI.01.IP.04.TCP.02 00.VI.01.IP.04.TCP.03 00.VI.01.IP.04.TCP.04
					ST 01	Soletta con cordolo	00.VI.01.IP.04.ST.01
					CGS 01	Traversi in CA	00.VI.01.IP.04.CGS.01
					PR 01	Predalles	00.VI.01.IP.04.PR.01
			IP 05	Impalcato	TCP 01	Travi in CAP	00.VI.01.IP.05.TCP.01 00.VI.01.IP.05.TCP.02 00.VI.01.IP.05.TCP.03 00.VI.01.IP.05.TCP.04
					ST 01	Soletta con cordolo	00.VI.01.IP.05.ST.01
					CGS 01	Traversi in CA	00.VI.01.IP.05.CGS.01
					PR 01	Predalles	00.VI.01.IP.05.PR.01
			IP 06	Impalcato	TCP 01	Travi in CAP	00.VI.01.IP.06.TCP.01 00.VI.01.IP.06.TCP.02 00.VI.01.IP.06.TCP.03 00.VI.01.IP.06.TCP.04
					ST 01	Soletta con cordolo	00.VI.01.IP.06.ST.01
					CGS 01	Traversi in CA	00.VI.01.IP.06.CGS.01
					PR 01	Predalles	00.VI.01.IP.06.PR.01
			AG 01	Appoggi e Giunti	APA 01	Apparecchi di appoggio	00.VI.01.AG.01.APA.01 00.VI.01.AG.01.APA.02 00.VI.01.AG.01.APA.03 00.VI.01.AG.01.APA.04 00.VI.01.AG.01.APA.05 00.VI.01.AG.01.APA.06 00.VI.01.AG.01.APA.07
					GD 01	Giunti di dilatazione	00.VI.01.AG.01.GD.01 00.VI.01.AG.01.GD.02 00.VI.01.AG.01.GD.03 00.VI.01.AG.01.GD.04 00.VI.01.AG.01.GD.05 00.VI.01.AG.01.GD.06 00.VI.01.AG.01.GD.07
			SCS 01	Sicurezza e Segnaletica	BS 01	Barriere di sicurezza	00.VI.01.AG.01.BS.01
					SO 01	Segnaletica orizzontale	00.VI.01.SCS.01.SO.01
			SP 01	Spalle	SES 01	Struttura in elevazione spalle	00.VI.01.SP.01.SES.01 00.VI.01.SP.01.SES.02
			PL 01	Pile	SEP 01	Struttura in elevazione pile	00.VI.01.PL.01.SEP.01 00.VI.01.PL.01.SEP.02 00.VI.01.PL.01.SEP.03 00.VI.01.PL.01.SEP.04 00.VI.01.PL.01.SEP.05
			PV 01	Pulvini	PB 01	Pulvini e baggioli	00.VI.01.PV.01.PB.01 00.VI.01.PV.01.PB.02 00.VI.01.PV.01.PB.03 00.VI.01.PV.01.PB.04 00.VI.01.PV.01.PB.05
			FD 01	Fondazioni	PZ 01	Plinti di fondazione	00.VI.01.FD.01.PZ.01 00.VI.01.FD.01.PZ.02 00.VI.01.FD.01.PZ.03 00.VI.01.FD.01.PZ.04 00.VI.01.FD.01.PZ.05
			SS 01	Sovrastuttura stradale	PV 01	Pavimentazione stradale	00.VI.01.SS.01.PV.01

Allegato 1: Codifica WBS di dettaglio degli elementi del viadotto Portella



---

## **RINGRAZIAMENTI**

---



## *Ringraziamenti*

Sono stati anni duri e pieni di sacrifici, ma ora che è finalmente giunta la fine di questo percorso, mi sento in dovere di dire grazie a...

Al Professore Fabio Manzone, che si è sempre contraddistinto per la professionalità e la cortesia dei suoi modi, oltre che per la voglia di trasmettere le sue conoscenze con insegnamenti concreti e ricchi di esempi.

Alla Professoressa Anna Osello, per avermi fatto scoprire il mondo del BIM, aprendomi le porte del "Drawing to the Future" e per avermi permesso di utilizzare i potenti mezzi a disposizione.

All'Ingegnere Anna Viola, per gli incoraggiamenti e per il grande aiuto che non mi ha mai negato durante questi mesi, rendendosi costantemente disponibile anche nei week end.

Ai miei genitori Emilio e Margherita e i miei fratelli Davide e Giulia e ad Enza per il semplice fatto di esserci.

A Giulia per la pazienza e l'attenzione nei miei riguardi, i risultati sono arrivati da quando c'è lei e questo non può essere un caso.

Alla Nonna Lia, è stata la persona che più mi è mancata durante questi anni, per i pacchi e per le telefonate, per aver accettato la sfida con la tecnologia, per le videochiamate e i messaggi incomprensibili di Whatsapp con cui, quotidianamente mi ha voluto dimostrare il suo costante pensiero.

Al Bomber, coinquilino di Corso Agnelli 106 durante tutta la parentesi torinese, per avere vissuto insieme gioie e dolori, polli e patate.

Ad Angelo, Antonio, Benny, Luigi, Matteo, Nanni, Stefano, fantastici colleghi con i quali si è instaurato un rapporto di amicizia e di stima reciproca, che spero possa continuare anche nel campo professionale.

A Giusy e Max, a Paolo e Giorgio, allo zio Nino e alla zia Denise, che sono la mia famiglia di Torino, sempre presenti e pronti ad aiutarmi per qualsiasi necessità.

Ultimi, ma non perché meno importanti, grazie ai miei zii, Giusy, Paolo e Chiara e naturalmente ad Ale, qualsiasi ringraziamento per loro sarebbe sempre troppo poco, in relazione a tutto quello che da sempre fanno per me.

*Andrea*