POLITECNICO DI TORINO

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

BIM PER LE OPERE IN SOTTERRANEO

Approccio Metodologico alla modellazione del contesto: La Stazione Italia '61

Relatore: Prof. Anna Osello

Correlatore: Dott.ssa Arianna Fonsati

Licia de Conciliis

A.A. 2017/2018

Abstract

Nowadays the BIM methodology is being utilized in several Infrastructure Engineering applications. In Italy, this big challenge has been tackled recently by the civil engineering industry, however, the BIM design approach for underground structures is a very complex process. Moreover, most of these applications are oriented to the building work itself, without taking into consideration the site.

This thesis aims to research the current implementation possibilities in the BIM methodology, with regards to subsoil information in order to manage and organize it in the modeling workflow.

The purpose is to apply the BIM methodology to define the site model of the "Italia 61" Turin metro station. With the term "Site" it is intended the georeferenced geographic framework of the case-study and the definition of the underground information model. Then follows an example of model application, the excavation steps are simulated to help generate earthwork quantities and define a plan to use the extracted materials. Finally, thanks to the collaboration with the collegue Chiara Dettori, who has dealt with the structural model of the "Italia 61" metro station, we have reached the final representation of the agreed (federated) model. In other words, we defined the coordination model as the joint representation of the two disciplines researched.

Abstract

Sempre più numerose sono le esperienze di utilizzo della metodologia BIM nel campo delle infrastrutture. Questa grande sfida in Italia, è stata colta recentemente dal mondo dell'ingegneria Civile. L'approccio alla progettazione BIM orientata alle opere in sotterraneo, in particolare, risulta un processo ancor più complesso. Tuttavia, la maggior parte delle applicazioni è finalizzata alla rappresentazione dell'opera, non tenendo conto della sua contestualizzazione nell'ambito territoriale.
La tesi proposta mira alla ricerca delle attuali possibilità di implementazione, nella metodologia BIM, delle informazioni riguardanti il sottosuolo analizzando la possibilità di gestire ed organizzare questi dati nel flusso della modellazione parametrica.

L'obiettivo della ricerca ha riguardato quindi, l'applicazione BIM per la definizione del contesto della stazione metropolitana "Italia 61", intendendo con quest'ultimo l'inquadramento geografico, georeferenziato dell'area di studio e la definizione di un modello informativo del sottosuolo. Segue poi, un esempio di applicazione del modello generato per la simulazione delle fasi di scavo di ausilio alla contabilizzazione delle quantità di sterro e alla definizione di un piano di utilizzo dei materiali estratti. Infine, grazie alla collaborazione con la collega Chiara Dettori, la quale si è occupata della modellazione strutturale dell'opera, si è giunti alla rappresentazione finale del modello federato. In altre parole, si è proseguito alla definizione del processo di coordinamento inteso come la rappresentazione congiunta delle due discipline affrontate.

Indice degli acronimi

3D	TERZA DIMENSIONE
ACDat	AMBIENTE DI CONDIVISIONE DATI
ARPA	AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
BIM	BUILDING INFORMATION MODELLING
CAD	COMPUTER AIDED DRAFTING
CDE	COMMON DATA ENVIROMENT
CER	CATALOGO EUROPEO DEI RIFIUTI
CSC	CONCENTRAZIONE SOGLIA CONTAMINAZIONE
CSV	COMMA SEPARATED VALUE
DM	DECRETO MINISTERIALE
DPR	DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA
DTM	DIGITAL TERRAIN MODEL
DWG	DRAWING
GIS	GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM
GU	GAZZETTA UFFICIALE
LOD	LEVEL OF DEVELOPMENT
LOG	LIVELLO DI SVILUPPO DELL'OGGETTO-ATTRIBUTI GEOMETRICI
LOI	LIVELLO DI SVILUPPO DELL'OGGETTO-ATTRIBUTI INFORMATIVI

PAS	PUBLICLY AVAILABLE SPECIFICATIONS
UNI	ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE
VAL	VÈICHULE AUTOMATIQUE LÉGER
WIP	WORK IN PROGRESS

Indice

Introduzione **1**

1 Il concetto di BIM **3**

1.1 BIM: Building Information Modeling/Model 3

1.2 Infra-BIM: Infrastructure Building Information Modeling 5

1.2.1 Il BIM per le opere in sotterraneo 13

1.2.2 Implementazione dei dati geologici, geotecnici e ambientali 15

2 Il caso studio **19**

2.1 Introduzione 19

2.2 La stazione "Italia 61" 21

2.2.1 Informazioni tecniche e generali 21

2.2.2 Inquadramento geologico, geotecnico e ambientale e indagini eseguite 26

2.3 Obiettivi 31

3 Il modello del contesto **33**

3.1 Metodologia 33

3.2 Inquadramento geografico e georeferenziazione dell'area di studio 34

3.3 Implementazione dei dati provenienti dalle indagini 37

3.4 Il modello digitale del terreno 40

3.5 Il modello in Revit 47

4 Organizzazione di cantiere: terre e rocce da scavo 58

4.1 Simulazione degli scavi: il modello concettuale 60

4.2 Piano di utilizzo dei materiali 67

5 Coordinamento 74

5.1 Il modello federato 74

6 Conclusioni e sviluppi futuri 82

Bibliografia e sitografia 85

Allegati 89

Introduzione

Negli ultimi anni, il BIM è risultato alla base di numerosi progetti. A fronte anche delle attuali disposizioni normative secondo cui, il BIM risulterà obbligatorio per gli appalti pubblici dal 2019 (D.Lgs 50/2016), l'interesse verso questa metodologia è cresciuto notevolmente. Numerosi sono i vantaggi del Building Information Modeling rispetto ai metodi tradizionali, questi vanno dall'ottimizzazione del flusso di lavoro che si traduce conseguentemente in una riduzione dei costi fino ad un aumento esponenziale della produttività. Il processo di gestione di un progetto basato su rappresentazioni digitali informatizzate, con cui può essere definito sostanzialmente il BIM, in edilizia risulta quanto mai consolidato. Tuttavia, in ambito civile l'applicazione di tale metodologia rappresenta tutt'ora una sfida non indifferente. Tener conto infatti, dell'elevate estensioni e complesse geometria di un'opera civile si traduce in un gran numero di elementi e informazioni da manipolare. Inoltre, con particolare riferimento ad una struttura in sotterraneo, l'interazione esistente che si viene a creare tra l'opera civilistica e il sottosuolo presuppone la conoscenza di molteplici fattori. Requisito fondamentale per la progettazione e realizzazione di un'opera sotterranea è la definizione, quanto più dettagliatamente possibile, delle proprietà geologiche del sottosuolo prima della costruzione dell'opera e non di meno la classificazione in termini ambientali per le valutazioni di impatto sul territorio. L'approccio innovativo alla progettazione secondo la metodologia

BIM, prevede quindi che vi sia un'organizzazione del flusso dei dati a monte.

Il lavoro svolto nella seguente tesi è il risultato di una ricerca sulle attuali possibilità di implementazione delle informazioni riguardanti il terreno nella metodologia BIM in riferimento alle opere in sotterraneo. Partendo infatti, dal caso studio della stazione Italia '61, l'obiettivo è stato quello di rappresentarne il modello del contesto. Con "modello del contesto" viene identificato il risultato dell'informatizzazione di indagini geologiche e mappe topografiche dell'area di studio. A partire dalla definizione di un database opportunatamente costruito contenente le informazioni provenienti dalla campagna di indagine geognostica/ambientale eseguita e da un modello informativo del sottosuolo è stato quindi inquadrato il lavoro. Dal modello del contesto si è passati alla modellazione degli scavi. Infine, nel modello concettuale così ottenuto, sono state parametrizzate le informazioni riguardanti i volumi di scavo, la caratterizzazione dei materiali in termini di gestione e riutilizzo.

1 Il concetto di BIM

1.1 BIM: Building Information Modeling/Model

BIM è l'acronimo di Building Information Modeling/Model. Con questo termine si identifica il flusso di gestione dei processi in edilizia basato su rappresentazioni digitali informatizzate. D'altra parte, la doppia accezione dell'acronimo BIM, identifica da un lato, la metodologia alla base della gestione dei processi e delle informazioni utilizzate da tutte le discipline partecipanti all'esecuzione di un progetto. Dall'altro, invece, uno strumento ossia un modello rappresentativo delle componenti costituenti l'opera e gli attributi connessi ad essa. La modellazione BIM, infatti, permette la costruzione di un modello virtuale di un'opera edilizia e degli attributi ad esso annessi durante tutte le fasi del processo, permettendo un'analisi ed un controllo più efficienti rispetto ai processi tradizionali. In altre parole, si tratta di un nuovo modo di affrontare la progettazione che a differenza del tradizionale approccio, si basa su un ambiente di lavoro condiviso e accessibile da tutti gli esponenti coinvolti nella realizzazione dell'opera (architetti, ingegneri, progettisti consulenti, analisti energetici, ecc) (Osello A. , 2012). Questa metodologia ha permesso di adeguare il settore delle costruzioni alle attuali necessità di standardizzazione, digitalizzazione e salvaguardia economica dei processi. Infatti, grazie al BIM è possibile avere a disposizione tutte le informazioni necessarie per gestire il ciclo di vita, dalla progettazione fino alla manutenzione in opera, di una costruzione.

Il punto di forza è proprio l'integrazione e il coordinamento tra le fasi progettuali e realizzative in un modello unico e centrale che consente di ottenere una migliore qualità dell'opera in tempi e costi ridotti. In questo modo, cioè, vengono convogliati tutti i contributi dei diversi professionisti coinvolti, senza perdita di informazione, in un formato coerente che esplicita tutti i ruoli professionali e le responsabilità annesse. In particolare, un modello BIM può contenere qualsiasi informazione riguardante una costruzione, le più comuni riguardano l'inquadramento geografico georeferenziato, la geometria dell'opera, le proprietà dei materiali e degli elementi tecnici, le fasi di realizzazione, le operazioni di manutenzione, ecc (Coghe, n.d.).

Diversamente dal disegno CAD, con la metodologia BIM vengono gestite tutte le informazioni legate ad un progetto mediante la definizione di un modello centrale da cui si estraggono tutti i documenti necessari e in cui si integrano tutti i contributi dei diversi professionisti coinvolti. In altre parole, il concetto di BIM, nell'accezione "Model" può essere espresso come il risultato di dati grafici: un modello informativo 3D, cui sono associate informazioni non grafiche: schede tecniche relative ai costi, materiali, tempi e infine documentazioni relative alla progettazione, esecuzione e manutenzione dell'opera.

L'implementazione di tale metodologia è il risultato di un processo ben strutturato e organico. Partendo dai dati di input, bisogna definire una strategia per la gestione dei dati, basata su di un ambiente comune condiviso. I dati in ingresso vengono digitalizzati in uno modello unico corredato di un database, Figura 1. Infine, il modello e i dati ad esso relazionati vengono costantemente coordinati attraverso una clash detection ed il progetto validato mediante attività di postproduzione al fine di ottenere l'output finale.

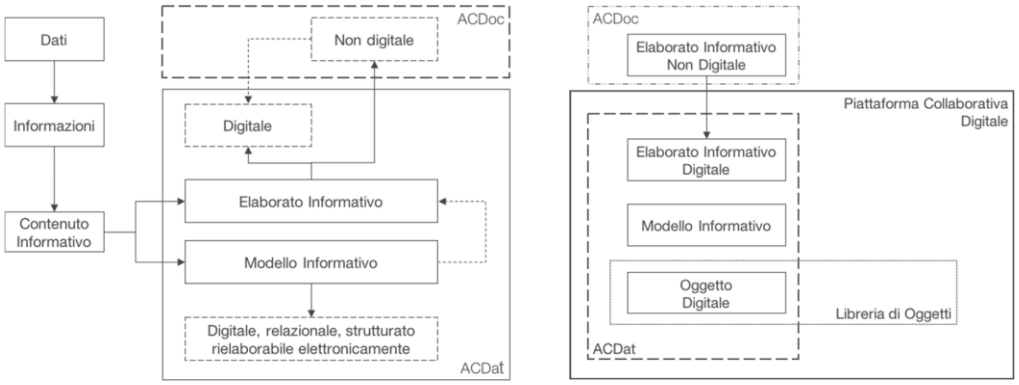


Figura 1- Parte 1: Modelli ed elaborati (Digitalizzazione del settore delle costruzioni: UNI 11337 A.Pavan)

Uno dei maggiori vantaggi del BIM è poter modellare diverse opzioni e perfezionare il progetto con l'obiettivo di minimizzare i rischi nel successivo processo di costruzione.

Il largo impiego e successo della progettazione BIM, ormai prassi in edilizia, ha suscitato grande interesse tale da "approdare" anche nel mondo delle infrastrutture.

1.2 Infra-BIM: Infrastructure Building Information Modeling

Per quanto concerne la grande sfida riguardante il campo delle infrastrutture, l'utilizzo della modellazione informativa in tutti i suoi aspetti risulta ancora poco diffusa, ma in ogni caso in via di crescita. Una delle motivazioni va ricercata nelle complessità legate alla progettazione e realizzazione di un'infrastruttura civile, la quale a differenza di una costruzione edilizia deve tener conto delle molteplici interazioni con i fattori esterni. In sostanza, bisogna tener conto e gestire le informazioni sia legate al territorio che all'opera strutturale/architettonica (Coghe, n.d.).

Il BIM per le costruzioni civili risulta quindi un'applicazione non convenzionale. In primis, come già detto, perché bisogna far fronte

alla grande estensione del progetto, alle complesse geometrie da gestire quali traiettorie tridimensionali, intersezioni e oggetti. Il tutto quindi si traduce in un elevatissimo numero di elementi da manipolare e di conseguenza da modellare e coordinare. In altre parole, il lavoro si traduce nella modellazione integrata di un'elevata quantità di dati provenienti dalle diverse discipline, cui sono associati altrettanti parametri. Requisito fondamentale, affinché l'integrazione in un unico modello federato avvenga, è che sia opportunamente impostata una procedura per la definizione del sistema di condivisione e coordinamento. Infine, l'adozione di un formato standard per lo scambio delle informazioni tra le diverse discipline. Tutto ciò comunemente espresso nel termine "Interoperabilità", fulcro della metodologia. "L'interoperabilità è dunque il requisito essenziale perché in un numero crescente di progetti il BIM venga effettivamente impiegato come metodologia e non solo come building information model semplificato per l'utilizzo durante la fase di progettazione. Lo scambio automatico dei modelli e di altri dati tra diverse piattaforme software è uno dei principali cambiamenti richiesti all'industria delle costruzioni per una completa integrazione e collaborazione tra i diversi attori del processo edilizio". (Osello A. , 2012)

Allo stato attuale, i software in commercio non sono ancora del tutto preparati a rispondere alle esigenze legate alle complessità di un'infrastruttura. In ogni caso, sempre più numerose sono, a discapito del processo tradizionale, le esperienze di utilizzo della progettazione integrata BIM che hanno validato un notevole aumento nella qualità del design. La modellazione delle infrastrutture viene realizzata non solo utilizzando gli strumenti BIM tradizionali, ma ruolo sostanziale è rappresentato anche dall'integrazione con strumenti di programmazione visiva e dall'implementazione del lavoro all'interno del team di progettazione. Questi strumenti hanno consentito di superare in buona parte i limiti dei vari software, garantendo da un

lato, un buon grado di interoperabilità tra i software appartenenti alle stesse piattaforme. Dall'altro, invece, risulta ancora ostile la "comunicazione" tra strumenti di software house differenti.

Si sente spesso definire il BIM come strumento di modellazione grafica quando questo rappresenta solo uno dei molteplici aspetti che caratterizzano tale metodologia. Infatti, ogni elemento della costruzione è legato ad una scheda tecnica informativa. Ogni oggetto è collegato al database contenente le sue caratteristiche ed è strettamente relazionato agli oggetti correlati da precisi vincoli. Questo per consentire la produzione automatica di diversi output quali tavole di progetto, abachi materiali, volumi, computi ecc. In definitiva quindi con la metodologia BIM, si tende sempre più verso una tipologia di progettazione integrata che, attraverso la coordinazione, permette di implementare e integrare simultaneamente il lavoro svolto dalle diverse discipline. Si evitano così, le eventuali perdite di informazione, alla base delle criticità riscontrate negli approcci tradizionali. In questo modo, inoltre, le variabili di progetto sono sempre disponibili a tutti gli stakeholders che possono istantaneamente aggiornarle.

Il largo impiego del BIM, ha mosso le autorità competenti verso la regolamentazione del processo, infatti con la normativa nazionale UNI 11337, viene trattata la gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni, Figura 2. La norma si costituisce di otto parti, ad inizio 2017, sono state pubblicate le prime 4, riguardanti la regolamentazione di base per l'implementazione autonoma necessaria per operare indipendentemente dalle altre referenze disponibili (essenzialmente PAS 1192:2 - UK - e BIMForum - USA).

Figura 2 - Struttura della norma (Digitalizzazione del settore delle costruzioni: UNI 11337 A.Pavan)

In particolare, punti salienti della normativa riguardano i seguenti concetti fondamentali per approcciarsi a questa metodologia. Nella parte 1, definita come modelli, elaborati ed oggetti vengono riportate le nozioni riguardanti il concetto di condivisione, di modello digitale e simulazione come introdotto in precedenza. In questa parte vi è un'introduzione alla problematica, quindi vengono spiegati cosa sono i dati, la loro strutturazione in informazioni e a loro volta in contenuto informativo, Figura 1. I contenuti informativi hanno un driver di rappresentazione, ossia l'elaborato in formato word, le tavole grafiche, i DWG, cioè tutte quelle informazioni che al momento vengono prodotte nella professione. Tali informazioni devono essere "virtualizzate". La "virtualizzazione" è il cuore della metodologia BIM, nella normativa viene infatti introdotto questo concetto intendendo con questo termine l'idea di una rappresentazione in senso grafico (2D, 3D, ecc) e in senso documentale (fogli di calcolo, metadati, PDF, ecc) di un oggetto.

A seguire nella normativa vengono anche espresse, in modo del tutto innovativo, le tipologie di informazioni che entrano in gioco nel processo di digitalizzazione riferendosi alle "dimensioni digitali", Figura 3, e il concetto di "maturità digitale".

Figura 3 - Dimensioni digitali (Digitalizzazione del settore delle costruzioni: UNI 11337 A.Pavan)

Partendo dall'organizzazione del lavoro (1D), passando alla descrizione geometrica dello spazio (3D) fino alla sostenibilità (7D). Per introdurre quindi tutte le informazioni si fa riferimento alle dimensioni dell'opera, le altre ad esempio sono i tempi, costi, ecc.

Con maturità digitale, viene inteso il livello di perfezionamento che può raggiungere un modello. Partendo dal livello iniziale (progetto non digitale) passando per un livello avanzato digitale, che attualmente si sta cercando di ottenere, fino all'ultimo livello rappresentato dalla completa virtualizzazione del dato, cui si aspira. Il modello informativo digitale che si vuole raggiungere è proprio, un modello grafico e gli attributi collegati, che interagiscono con esso.

Nella parte 3 e 4 vengono trattati invece, i concetti di LOG, LOI, LOD e gli utilizzi del modello. La metodologia BIM, si fonda sulla informatizzazione digitale dei processi, dunque affinché questo possa essere messo in atto è necessario definire degli standard di riferimento. Nello specifico, alla parte 3 compete la definizione delle schede informative digitali LOI-LOG. Queste schede vanno a comporre, semplicemente, i campi di compilazione dei database. Esse riguarderanno tutti i campi di descrizione di un'opera, partendo da quelli generali di progetto fino ai mezzi di cantiere. La definizione delle schede digitali si fonda sul concetto di LOI (Level Of

Information), espresso nella normativa inglese, è inoltre relazionato ad attributi alfanumerici e multimediali come foto, video ecc. che possono aiutare gli operatori a comprendere più semplicemente gli attributi, le caratteristiche, le performance di tutto ciò che fa parte della filiera delle costruzioni.

Nella parte 4 della norma, vengono trattati invece, gli argomenti cardine del processo di digitalizzazione delle costruzioni, ossia è approfondita la nozione di oggetto digitale e di LOD, Figura 4.

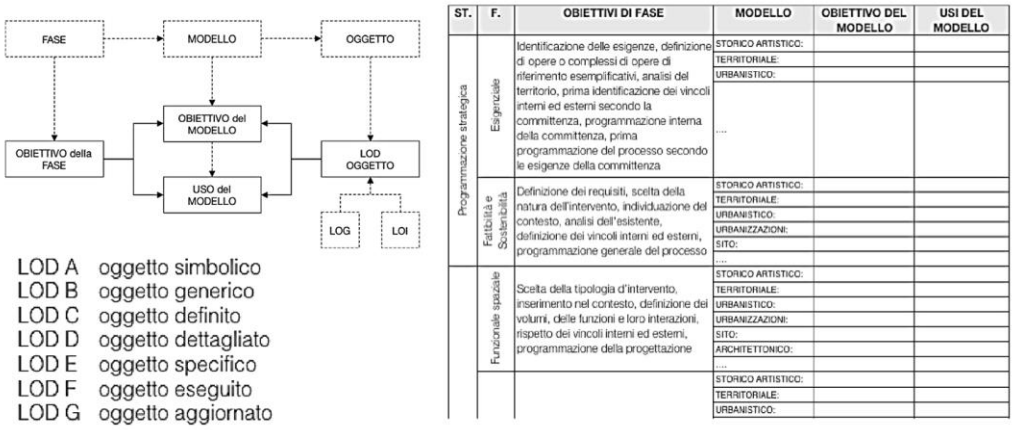


Figura 4 - Parte 4: oggetti, LOD usi del modello (Digitalizzazione del settore delle costruzioni: UNI 11337 A.Pavan)

Questa sezione rappresenta la parte centrale in quanto, si entra nel cuore del sistema digitale. Partendo dalle fasi descritte nella parte 1 della norma sono definiti gli obiettivi di ciascuna fase. Sulla base di tali obiettivi, si giunge infine agli obiettivi del modello e all'uso di questo. Il passaggio suddetto rappresenta punto di grande innovazione, non essendo presente in alcuna normativa estera ma, introdotto per la prima volta in quella italiana, rende infatti più chiaro e immediato l'utilizzo dei LOD. In altre parole, quindi, si parte dal presupposto che solo una volta che il committente abbia definito l'obiettivo e di conseguenza l'utilizzo del modello ad ogni oggetto digitale è assegnato il LOD che gli compete.

Nella versione italiana, il termine LOD indica il livello di definizione degli oggetti digitali. Come ampiamente discusso dagli stessi relatori della normativa, la definizione di questo concetto ha risentito molto dell'influenza di ciò che già è stato espresso nella normativa anglosassone e americana. Si è cercato però, di fondere il concetto in una struttura il più possibile organica e che comprendesse il modo di operare le prassi italiane. Nella normativa nazionale a differenza di quella americana inoltre, viene persa la numerazione sequenziale per far spazio ad un ordine letterario. I LOD, vengono classificati dalla lettera A fino alla G (Figura 4). Partendo dall'oggetto simbolico vanno a definire non solo l'oggetto eseguito (as built) ma viene introdotto anche un LOD sulla manutenzione, ossia aggiornato nel tempo di tutte le manutenzioni e eventuali sostituzioni avvenute durante il ciclo di vita dell'oggetto.

In Figura 5, sono mostrati i LOD specifici per le infrastrutture, questi appunto trattando con opere a rete che vanno cioè ad intervenire sul territorio in maniera difforme, hanno un legame anche con il GIS.

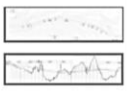
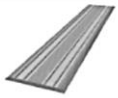
LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E	LOD F	LOD G
						
Geometria Tracciato planimetrico base (2D).	**Geometria** Tracciato planimetrico comprensivo di curve di transizione. Tracciato altimetrico comprensivo di raccordi verticali.	**Geometria** Tracciato planoaltimetrico completo.	**Geometria** Modello ferroviario a superfici, costruito sull'asse 3D.	**Geometria** Modello ferroviario completo a superfici, costruito sull'asse 3D.	**Geometria** Come LOD E (rilievo di quanto eseguito)	**Geometria** Nuovi interventi: Come LOD F (con aggiornamenti) Manutenzione e gestione su tracciati esistenti: Come LOD C o D (a partire da).
Oggetto Asse 2D	**Oggetto** Asse 2D nel piano orizzontale Asse 2D nel piano verticale	**Oggetto** Asse 3D	**Oggetto** Assi 3D Superfici 3D	**Oggetto** Assi 3D Superfici 3D	**Oggetto** Assi 3D Superfici 3D	**Oggetto** Assi 3D Superfici 3D
Caratteristiche • Lunghezza rettifili • Raggi curve circolari	**Caratteristiche** • Parametri curve di transizione • Livellette • Raccordi verticali • Progressive chilometriche • Normativa ferroviaria	**Caratteristiche**	**Caratteristiche** • Sezione trasversale • Sagoma limite • Sopraelevazione ferroviaria in curva	**Caratteristiche** • Sezioni tipo • Scarpate • Impianti di linea • Volumi di materiale (movimenti terra, sovrastruttura, ecc.)	**Caratteristiche** • Certificazioni di prodotto • Certificati di omologazione • Informazioni su terre e rocce da scavo • Esiti prove in situ • Esiti prove di laboratorio	**Caratteristiche** • Data di ultima manutenzione • Soggetto manutentore • Tipologia di intervento • Esiti rilievi

Figura 5 - Parte 4: LOD infrastrutture (Digitalizzazione del settore delle costruzioni: UNI 11337 A.Pavan)

In ultimo nella parte quarta della norma, viene sistemizzata la nozione di stato di lavorazione. Un oggetto può infatti essere in stato di lavorazione, aggiornamento, concluso e, in un caso può essere

lavorato da altri operatori, in altri non può però, ancora essere accessibile verso altri modelli e discipline. In questa sezione vengono quindi spiegati gli stati di lavorazione, validazione e approvazione degli oggetti.

La gestione dei modelli (parte 5 della normativa) è regolamentata da documenti contrattuali nuovi, che appunto traducendo questo innovativo approccio digitale alla filiera delle costruzioni, tengono conto delle regole e delle responsabilità informative fondamentali per ogni nuovo contratto.

Inoltre, in questa sezione viene chiarito uno degli aspetti pratici di utilizzo della digitalizzazione, ossia i livelli di coordinamento, Figura 6.

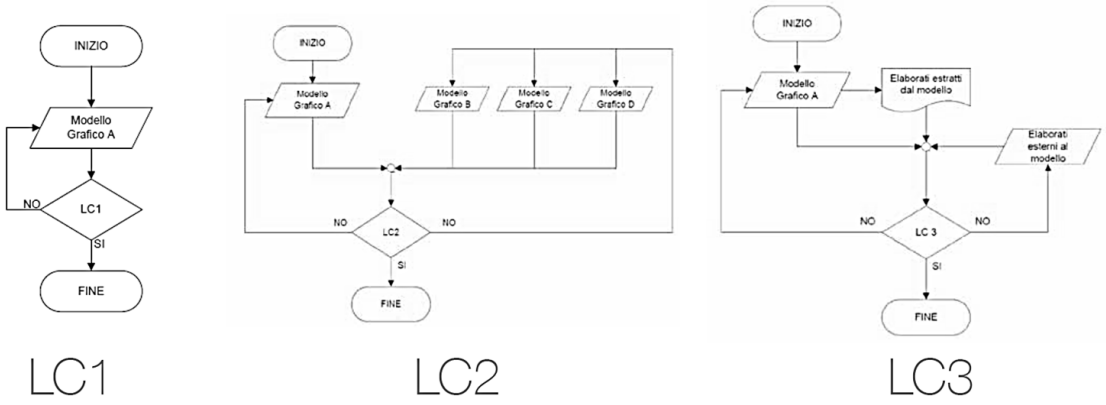


Figura 6 - Parte 5: Livelli di coordinamento, (Digitalizzazione del settore delle costruzioni: UNI 11337 A.Pavan)

Questi livelli si differenziano in:

LC1: il livello di coordinamento interno ad uno stesso modello.

LC2: il livello di coordinamento tra modelli

LC3: il livello di coordinamento tra modelli ed elaborati ossia tutte le relazioni (tecniche, di calcolo, geologiche, ecc.) che allo

stato attuale rappresentano la difficoltà maggiore in termini di virtualizzazione.

In definitiva grazie alla definizione dei livelli di coordinamento viene poi regolamentato il processo di validazione e verifica dei modelli, i cosiddetti Code Checking e Clash Detection. Intendendo con il primo, la verifica dell'aderenza alle richieste progettuali e normative, e con il secondo la verifica della coerente progettazione di quanto previsto.

A concludere la parte riguardante la gestione dei modelli, viene fatto un accenno a quelli che sono i ruoli e le nuove figure derivanti da questo nuovo approccio digitale. Sostanzialmente le tre figure principali sono rappresentate dal gestore delle informazioni (BIM Manager), il coordinatore delle informazioni (BIM Coordinator) e il modellatore delle informazioni (BIM Modeler).

Per quanto riguarda le ultime parti della normativa, attualmente gli stakeholders del settore se ne stanno ancora occupando. (Pavan, n.d.)

Dunque, la direzione verso cui si mira è una regolamentazione sempre più dettagliata e esplicativa di questa metodologia, atta a rendere più semplice il processo di digitalizzazione delle costruzioni.

1.2.1 Il BIM per le opere in sotterraneo

In particolar modo la progettazione BIM orientata alle opere in sotterraneo è un processo ancor più complesso. A differenza delle costruzioni edili, il cui modello informativo è limitato alla stessa opera e al massimo al suo contesto, nel progetto di una infrastruttura in sotterraneo bisogna tener conto di tutte le interazioni che questa ha con l'ambiente circostante. In particolare, gioca ruolo fondamentale il terreno sede dell'opera. Per tale motivo una infrastruttura in sotterraneo potrebbe essere intesa come costituita dalla reciproca

interazione di due entità ossia due modelli: il modello digitale del sottosuolo e il modello parametrico dell'opera.

Il grado di dettaglio e rilevanza dei modelli dipenderà dalla fase in esame (design, costruzione, messa in opera, manutenzione ecc) o dal tipo di analisi da svolgere (strutturale, geotecnica, costi, sicurezza ecc). L'idea, in altre parole, è la creazione di un modello informativo tridimensionale che simuli il sottosuolo corredato di un database di attributi che ne espliciti le caratteristiche da un lato e il modello strutturale/architettonico dell'opera dall'altro. Infatti, allo stato attuale le pubblicazioni scientifiche in merito all'utilizzo del BIM per le opere in sotterraneo, sono davvero poche e in genere queste riguardano principalmente i modelli analitici completati da informazioni di natura geometrica. Mentre si avverte l'esigenza di integrare queste informazioni con quelle relative al terreno, alle caratteristiche geologiche e con i dati sul monitoraggio e sulla sicurezza (Della'Acqua, 2018).

L'interazione esistente che si viene a creare tra l'opera civilistica e il sottosuolo presuppone quindi la conoscenza di molteplici fattori. Requisito fondamentale nella progettazione di un'opera sotterranea è la definizione, quanto più dettagliatamente possibile, delle proprietà geotecniche del sottosuolo prima della costruzione dell'opera e non di meno la classificazione in termini ambientali per le valutazioni di impatto sul territorio. Tuttavia, il suolo è un mezzo disomogeneo a causa della sua natura geologica, infatti è soggetto a continue variazioni spaziali e temporali che si ripercuotono sulla caratterizzazione meccanica e ambientale, per cui la sua interpretazione e di conseguenza modellazione risulta estremamente complessa.

L'inquadramento geologico/geotecnico risulta una parte molto importante nella redazione di un progetto, infatti le analisi e le

indagini eseguite per la realizzazione di questo incidono in gran parte sui costi, sui tempi ed eventualmente possono essere la causa di eventuali modifiche in fase di progettazione e/o realizzazione. Dal momento che l'approccio BIM garantisce una serie di strumenti per la progettazione dell'infrastruttura, ad oggi non esiste però un sistema codificato per l'introduzione nel processo dei parametri di modellazione del terreno.

Il continuo flusso di informazioni tra le diverse figure coinvolte (ingegneri geotecnici, geologi, ambientali) ha reso quanto mai necessario lo studio e l'utilizzo della metodologia BIM anche in ambito geotecnico. Intendendo, la necessità di standardizzazione del flusso dei dati geotecnici in un unico "linguaggio" comune e in un formato standard facilmente condivisibile.

1.2.2 Implementazione dei dati geologici, geotecnici e ambientali

Quando si sente parlare di BIM, in genere si fa riferimento alla modellazione parametrica applicata alle strutture, all'architettura, alle infrastrutture, mentre raramente, o meglio solo negli ultimi anni, sembrano esistere connessioni con le altre discipline quali la Geologia, la Geotecnica. Infatti, i modelli BIM attuali partendo dalla superficie del suolo riproducono tutto quello che si trova verso l'alto, cioè considerano la superficie e il sottosuolo un mezzo unico distribuito omogeneamente lungo tutta l'estensione dell'opera. Nelle infrastrutture in sotterraneo, l'inquadramento geotecnico/geologico rappresenta uno step fondamentale per prevedere e ridurre al minimo i rischi connessi all'opera. La caratterizzazione geologica, geomeccanica ma, anche ambientale dei terreni interessati dallo scavo quindi, riveste un'importanza sostanziale per l'elaborazione di un'adeguata fase progettuale e, conseguentemente, di quella

costruttiva e di gestione. Tuttavia, il suolo non è mai omogeneo può differire notevolmente in termini spaziali e temporali. Allo stesso tempo, le indagini in sito sono costose e richiedono tempi relativamente lunghi e molto spesso in contesti geologici particolari non risultano precisi e in grado di caratterizzare nella totalità il sottosuolo circostante. Conseguentemente tutte le opzioni che il team di progettazione considera, sarebbero meglio comprese se i dati delle indagini in sito venissero condivise all'interno di un flusso BIM. In altre parole, risulta sempre più importante definire una metodologia affinché anche i dati geologici, ambientali e geotecnici siano disponibili, con chiaro ed inequivocabile livello di approfondimento, e condivisi fra tutte le figure coinvolte.

Ad oggi uno dei più diffusi tra i sistemi di codifica delle informazioni geologiche, geotecniche e ambientali è quello della AGS (*Assosiation of Geotechnical and Geoenviromental Specialists,* Figura 7) che consente di raccogliere in un unico file standard le informazioni riguardanti la localizzazione delle indagini, i risultati dei test di laboratorio, di sito ecc. Il formato .ags è utilizzato per trasferire dati tra diverse organizzazioni nell'industria delle indagini, indipendentemente dal software, hardware o sistema operativo utilizzato. Di questo formato sviluppato nel 1991, dalla omonima associazione è noto come "AGS Data Format", nel tempo sono state rilasciate diverse release, ad oggi è ampiamente utilizzato nel Regno Unito. Esso fornisce uno standard per la compilazione di codici, elementi e campi per la condivisione dei parametri derivanti dalle indagini geognostiche e ambientali dai test in sito e in laboratorio sui campioni prelevati. Si basa sul .csv (comma-separated values), ossia un formato file di testo utilizzato per l'importazione ed esportazione (ad esempio da fogli elettronici o database) di una tabella di dati. Questi file sono strutturati in gruppi di dati, per ognuno di essi vengono implementate le rispettive informazioni (Bland, 2014).

In questo modo ad esempio, i diversi membri di un team di progetto possono utilizzare tutte le informazioni per la progettazione evitando così potenziali errori associati a mancate o errate trascrizioni dei dati, provenienti dalle discipline precedenti. Nella catena di produzione e realizzazione di un'opera infatti, i dati e le informazioni del sottosuolo vengono scambiate in una varietà di formati come, fogli di calcolo, disegni CAD, documenti ecc. L'impiego di questo gran numero di formati rende spesso molto più difficile la gestione e condivisione di questi dati ed il risultato si traduce in un ulteriore manipolazione di questi.

Come spesso riportato dall'Associazione AGS, alcuni dei principi sui quali l'omonimo formato si fonda sono la possibilità di scambio dei dati tra le diverse parti, alla base dell'attuale metodologia BIM e l'accessibilità intesa come l'autonomia rispetto ai software. Infatti, tale formato rappresenta uno strumento per la produzione di file standard. Come precisato dall'AGS, il format data definisce specifiche su come trasferire i dati ma non quali informazioni condividere e come gestirle. L'obiettivo è quello di consentire in questo modo l'utilizzo di tali informazioni in modo più ampio, efficace ed efficiente, soprattutto per via del crescente utilizzo di piattaforme digitali per la visualizzazione, modifica e acquisizione di tali dati che ha quindi mostrato l'esigenza di definire un formato file di facile accesso per tali applicazioni.

Figura 7 – Association of Geotechnical & Geoenviromental Specialists (https://www.ags.org.uk/)

Tuttavia, come ha dimostrato la Keynetix, nota società di software inglese, la condivisione di dati è limitata alle sole società di investigazione sul territorio ma non va oltre questo. Sarebbe utile che le informazioni derivanti dalle indagini fossero facilmente implementate dai team di progettazione direttamente dal dato grezzo, i quali poi possano procedere più semplicemente alla reinterpretazione e rielaborazione di queste per gli scopi e utilizzi successivi. Inoltre, la gestione dei dati tra le diverse fasi di progettazione risulterebbe molto più semplice e veloce. Il motivo della limitata condivisone dei dati oltre l'industria delle investigazioni va ricercata nella complessità e nei problemi legati alla condivisione di dati interpretati. Infatti, i dati ottenuti da indagini geognostiche vengono considerati informazioni di fatto. Una volta giunte al team di consulenti progettisti, queste informazioni vengono elaborate ed utilizzate, divenendo così, dati interpretati. In questo modo il flusso successivo è di difficile gestione. Attualmente il formato AGS quindi, non consente il trasferimento di dati interpretati, i quali devono essere trattati separatamente come input nel flusso BIM.

Per quanto concerne la gestione dei dati geologici geotecnici e ambientali, numerosi sono i software specializzati. Sembrerebbe invece che dal punto di vista della rappresentazione grafica, nel flusso della modellazione non esista ancora un collegamento diretto tra il database contente le informazioni e il modello. Ad oggi infatti, gli strumenti disponibili consentono di caricare solo una minima parte delle informazioni necessarie che vanno dalla semplice ubicazione dei sondaggi alla descrizione di questi, secondo un formato derivato dall'AGS ma semplificato.

2 Il caso studio

2.1 Introduzione

Il caso oggetto di studio riguarda il progetto di espansione, attualmente in fase di realizzazione della linea 1 della metropolitana di Torino, Figura 8.

In particolare, il prolungamento verso sud lungo la direttrice di via Nizza, ha previsto la realizzazione di due stazioni (Italia '61 e Bengasi), tre pozzi di cui due ubicati nelle inter-tratte Lingotto-Italia 61 e Italia 61-Bengasi adibiti a fori di ventilazione (PB1 e PB2) ed uno di fine linea denominato P24. Il tutto completato dalla galleria scudata di circa 1,9 km che collega le opere all'esistente stazione Lingotto.

Piazza Bengasi è il cantiere base della TBM, da lì è stato organizzato il lavoro di stoccaggio dei conci e dell'estrazione del materiale di scavo della galleria.

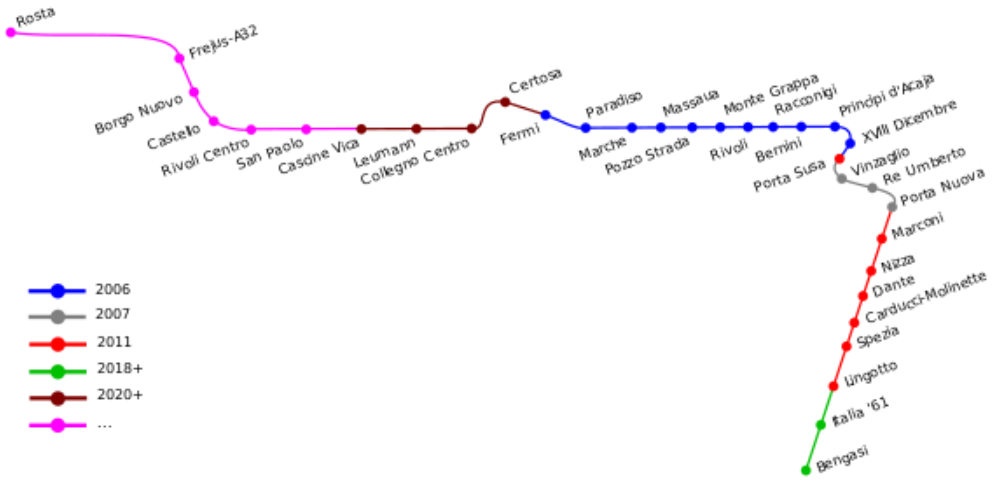


Figura 8 - Linea 1, Metropolitana di Torino (https://it.wikipedia.org/wiki/File:Metropolitana_di_Torino_linea_1.png)

Lo scavo della galleria è stato articolato in due fasi. Nella prima, è stato previsto lo scavo di un tunnel di circa 200 metri, partendo da piazza Bengasi verso sud, il quale funge da ricovero per alcuni treni. Nella seconda fase, invece la TBM (macchina utilizzata per lo scavo della galleria) è stata fatta tornare in piazza Bengasi, da qui lo scavo è stato fatto proseguire verso Lingotto.

Il servizio di trasporto pubblico metropolitano come il resto della Linea 1 è il sistema VAL (Veicolo Automatico Leggero) della Siemens ad automatismo integrale.

Nello specifico il lavoro di tesi si è focalizzato su una delle opere facenti parte del progetto ossia la stazione intermedia "Italia '61" posizionata su Via Nizza, in prossimità delle vie Valenza e Caramagna, di fronte al costruendo palazzo della nuova sede della Regione Piemonte (Area ex Fiat Avio).

2.2 La stazione “Italia 61”

La linea 1 della metropolitana di Torino, sorge in un’area intensamente edificata con pochi spazi liberi per cui l’ubicazione delle stazioni e dei cantieri necessari per la loro realizzazione risulta un’operazione da non sottovalutare. Inoltre, il substrato è caratterizzato dalla sovrapposizione di più strati di interesse archeologico, ciascuno legato ad uno specifico periodo storico. Pertanto, le stazioni sono state progettate e adeguate architettonicamente parlando, al contesto urbano in cui ricadono.

2.2.1 Informazioni tecniche e generali

La stazione metropolitana “Italia 61” è ubicata su via Nizza, nello slargo tra via Valenza e via Caramagna, con l’atrio rivolto verso Nord. L’accesso Est è disposto nello stesso slargo di via Nizza, pressoché parallelo al corpo stazione e diretto verso Sud. L’accesso Ovest si sviluppa ortogonalmente a via Nizza, Figura 9.

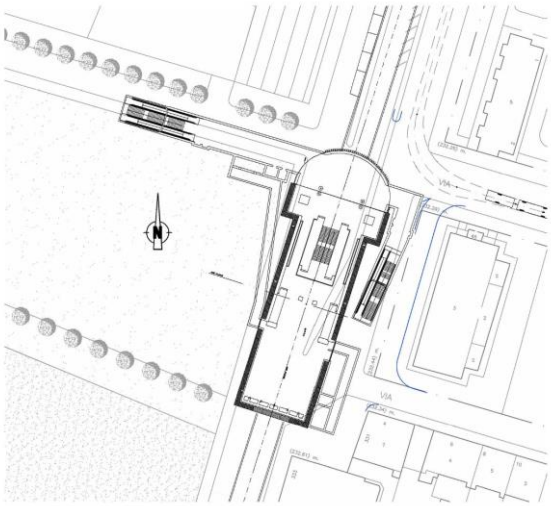


Figura 9 - Planimetria Stazione Italia 61 (https://www.infrato.it/it/italia61/ex/)

L'opera è riconducibile alla stazione tipologica definita come "stazione tipo". Secondo questa tipologia, si privilegia la valenza trasportistica tenendo conto dell'alta frequenza di passaggio dei treni e dei tempi di attesa ridotti, infatti non sono presenti elementi accessori (servizi igienici, bar, servizi commerciali), privilegiando la velocità del flusso dei passeggeri, semplicità dell'esercizio e maggiore fruibilità degli spazi per sicurezza, qualità e comfort.

Il posizionamento delle stazioni (corpo stazione) e accessi in superficie (scale fisse, scale mobili e ascensori) tiene conto dei vincoli ambientali in cui sono stati inseriti, in particolar modo riducendo al minimo gli effetti su pubblici servizi, alberate, viabilità in fase di realizzazione.

L'ubicazione degli accessi delle stazioni è concepita per massimizzare l'attrattività e il servizio delle stazioni, la tipologia è stata inoltre pensata per garantire la fruizione del servizio ad ogni tipologia di utenza: due accessi e un ascensore di collegamento dalla superficie al piano atrio. Ogni accesso si compone di scala, una fissa per l'entrata ed una mobile per le uscite, fa eccezione solo l'accesso ovest che è dotato di due scale mobili in quanto in rapporto all'utenza diretta all'edificio della Regione Piemonte attualmente in fase di realizzazione.

Così come riportata nelle relazioni di calcolo, la stazione è caratterizzata da uno sviluppo longitudinale, incluso il piano atrio, di circa 68.50 m, e trasversale di 19.80 m, lato Pozzo Terminale, e di 26.40, lato Lingotto, esclusi gli accessi pedonali.

Lo spessore dei diaframmi definitivi è di 120 cm. In particolare, quelli interferenti con il passaggio della TBM e quelli previsti in corrispondenza degli accessi pedonali, sono, per il solo tratto da demolire, armati con barre in VTR. Delle opere provvisionali fanno parte i pali in c.a. realizzati in corrispondenza dell'atrio al primo piano interrato, a pianta semicircolare; tali pali sono caratterizzati da

un diametro ø600 mm e posti ad interasse di 70 cm. Il ricorso ai pali, è previsto anche per l'accesso Ovest alla stazione, nel solo tratto caratterizzato dalla massima altezza di scavo, in adiacenza all'atrio stazione.

La stazione è realizzata completamente al di sotto del piazzale con la tecnica del "Top-Down". Tale tecnologia di realizzazione è stata favorita per via della forte antropizzazione della zona e della estrema vicinanza di edifici, palazzi e strade trafficate e quindi dell'impatto del cantiere sull'ambiente urbano.
Le fasi principali di questa tecnica sono riassunte come di seguito:

- Esecuzione di un prescavo di circa 1.50 m ed esecuzione dei cordoli guida; le opere provvisorie delle rampe e della zona atrio a pianta semicircolare vengono eseguite, sia contemporaneamente che in una fase precedente o successiva, in quanto non mutuamente interferenti, se non per i necessari minimi spazi di manovra.
- Completate le operazioni preliminari, si avvia la fase di esecuzione dei diaframmi in c.a. o in c.a./VTR nelle sue zone di testata, limitatamente al tratto interessato dall'IN e OUT della TBM. In Figura 10 un'immagine scattata durante i lavori di costruzioni raffigurante lo scavo per i diaframmi con idrofresa.

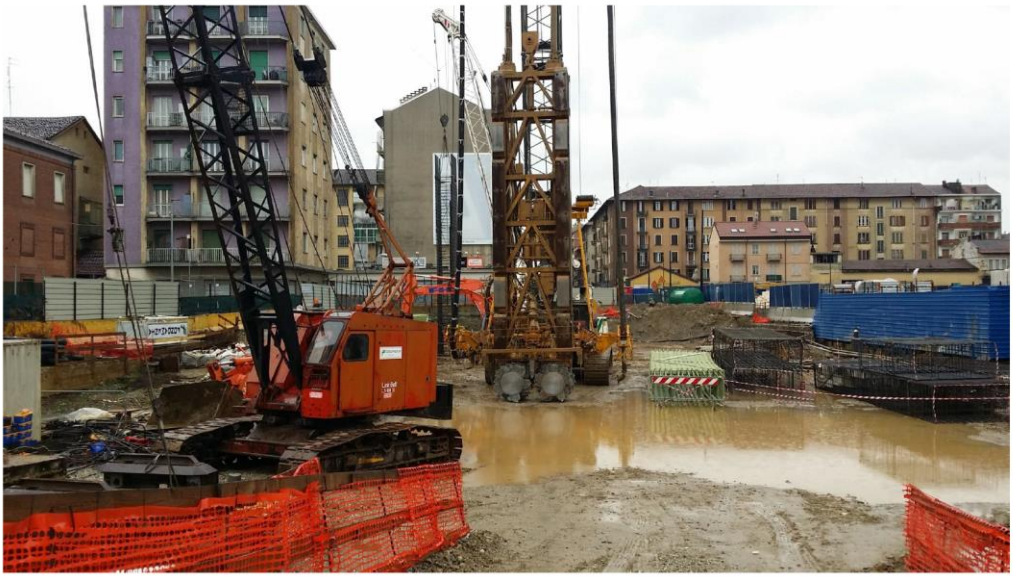


Figura 10 - Scavo diaframmi con idrofresa (Foto gentilmente concessa InfraTO)

- Scavo fino alla quota di imposta del solettone di copertura ed avvio delle operazioni di consolidamento del fondo scavo mediante trattamento colonnare di jet-grouting con sezione trasversale ad U. Il tampone con jet-grouting bifluido (diametro "reso" 1600 mm ad interasse di 1150 mm).
- Consolidamento esterno al perimetro di stazione in corrispondenza dell'IN/OUT TBM, di un volume di terreno di dimensioni circa 14×14×14 mc. Il consolidamento è eseguito, anch'esso, con colonne di jet-grounting bifluido del diametro "reso" di 1600 mm ad interasse di 1150 mm.
- Prosecuzione dello scavo interno al perimetro dei diaframmi fino alla quota di imposta della soletta atrio, Figura 11. Durante questa fase, o comunque subito a seguire, sono stati avviati, le fasi di scavo ai lati della stazione. In particolare, quelli relativi all'accesso lato Est ed ai locali tecnici adiacenti, e gli scavi del cunicolo di aereazione posto sul lato Ovest, tra i diaframmi della stazione in disamina e l'opera di contenimento (provvisoria o definitiva) dell'attiguo piano cantinato della nuova sede della Regione Piemonte.

Figura 11 - Scavo fino a quota intradosso solettone atrio (Foto gentilmente concessa da InfraTO)

- Scavo di circa 7.30 m dalla quota di intradosso soletta d'atrio e confronto del livello di deformazione dei diaframmi con i dati teorici relativi alla stessa fase di scavo. Se le deformazioni sono superiori del 30% al livello teorico previsto (in millimetri 2.5 mm), predisposizione di puntoni di acciaio; in caso contrario proseguimento dello scavo fino alla quota di imposta della platea di fondazione.
- Completamento dello scavo interno;
- Esecuzione della platea, delle contropareti ed in genere completamento delle strutture interne.

I diaframmi definitivi perimetrali, di c.a., sono caratterizzati dalle seguenti dimensioni:

- Spessore 1.20 m;
- Larghezza del pannello, pari a 2.80 m, eseguito con idrofresa, con sovrapposizioni differenti e variabili da un minimo di 10 cm a 25 cm.

- Lunghezza dei diaframmi, dalla quota di intradosso soletta di copertura, di 29.5 m (31 m dall'estradosso soletta).

2.2.2 Inquadramento geologico, geotecnico e ambientale e indagini eseguite

Come riportato nella relazione geologica fornita per il caso studio, il territorio comunale di Torino si estende per circa l'80% su un'area semi-pianeggiante costituita dagli apporti successivi delle conoidi alluvionali poste allo sbocco delle valli alpine; la restante parte del territorio è costituito dai rilievi collinari ubicati a Est del fiume Po. L'area urbana presenta una debole pendenza procedendo da ovest verso est, passando da 260-270 m s.l.m. a circa 220 m s.l.m.

Le conoidi alluvionali sono costituite da depositi di origine fluvioglaciale, successivamente rimodellati, almeno nei livelli più superficiali, dai corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale (Po, Stura di Lanzo, Dora Riparia e Sangone). I termini litologici dei depositi fluvioglaciali sono legati ai litotipi del bacino idrografico di alimentazione: il Massiccio Ultrabasico di Lanzo (serpentiniti, ultrabasiti) per la Stura di Lanzo e il Complesso del Dora Maira (gneiss, quarziti), Calcescisti a Pietre Verdi, Serie dell'Ambin (micascisti, quarziti) per la Dora Riparia e il Sangone.

Gli apporti di materiali a granulometria più fine (limi sabbiosi e/o argillosi), presenti in lenti all'interno delle ghiaie, sono attribuibili al fiume Po, caratterizzato in tale tratto del suo corso da una limitata energia di sedimentazione.

L'assetto geologico generale, ricostruito in base alle numerose indagini svolte nel sottosuolo torinese, è suddiviso, per i primi 150 m circa di profondità, in tre complessi litostratigrafici (dal più superficiale al più profondo):

depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani (Quaternario), principalmente composti da ghiaie, ciottoli e livelli di sabbie in matrice sabbioso-limosa;

depositi lacustri e fluviolacustri riferibili al Villafranchiano Autoctono (Pleistocene Inferiore – Pliocene Superiore) composti da limi argillosi e livelli sabbioso-ghiaiosi;

depositi di ambiente marino neritico del Pliocene composti da limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzurre con fossili.

Lo spessore del primo complesso, lungo la tratta in oggetto, è compreso, generalmente, tra 32 m e 40 m circa, salvo possibili variazioni localizzate. Le ghiaie, che rappresentano la frazione avente la maggior rilevanza in termini percentuali, si accompagnano a sabbie medio - grossolane, ciottoli e livelli lentiformi limoso - argillosi. I ciottoli risultano sostanzialmente composti da quarziti, gneiss, serpentiniti e metagabbri, e raramente presentano un'alterazione tale da comprometterne la struttura. La forma varia da sub-arrotondata ad arrotondata, ma sono frequenti anche ciottoli discoidi: questa forma appiattita è assai frequente anche nella ghiaia e nel ghiaietto. Le dimensioni dei ciottoli sono molto variabili, potendo raggiungere, talvolta, carattere di veri e propri trovanti.

Sono inoltre presenti livelli lenticolari di ciottoli e ghiaie discoidi privi di matrice sabbioso limosa fine.

La peculiarità di questi depositi è data dalla presenza di cementazione, variabile di grado sia in profondità che lungo lo sviluppo complessivo dell'opera. Il fenomeno è dovuto alla precipitazione del carbonato di calcio e magnesio presente in soluzione sia nell'acqua di falda, sia nell'acqua di infiltrazione meteorica, per variazioni di temperatura e di pH. I carbonati presenti in soluzione provengono principalmente

dalle acque della Dora Riparia, che alimenta la falda superficiale nei periodi di maggior portata.

All'interno di tali depositi grossolani sono stati rilevati dei livelli aventi granulometria più fine (limi sabbioso-argillosi), aventi spessori dell'ordine di 4-5 m.

La potenza del secondo complesso varia molto in relazione alla zona di riferimento, da un massimo di 140 m (Piazza Marmolada) a pochi metri nella zona nord di Torino, nelle vicinanze della Stura di Lanzo. I litotipi che caratterizzano questo complesso vanno dalle sabbie alle argille, con predominanza dei depositi più fini in corrispondenza della pianura torinese. Le argille, tipicamente di colore azzurrognolo, risultano alquanto siltose nella parte sommitale della formazione e contengono frequentemente resti fossili.

Nella fase precedente la progettazione definitiva sono stati considerati 9 sondaggi di cui nella zona di interesse della stazione Italia '61, 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti alla profondità rispettivamente di 35 e 80 metri dal piano campagna, condotti nell'ambito di diverse progettazioni. Nei suddetti fori di sondaggio sono state condotte prove penetrometriche standard SPT e prove di permeabilità Lefranc.

La campagna di indagine per la progettazione definitiva ha compreso le seguenti indagini in sito (2007-2008):

n. 8 sondaggi a carotaggio continuo, di cui n. 4 (denominati SC1:SC4) geognostici e n. 4 (P1:P4) ambientali (comunque utilizzati anche al fine della caratterizzazione stratigrafica). Di questi in particolare quelli relativi all'area ex Fiat Avio sono P2, P3 e P4.

n. 2 sondaggi a distruzione di nucleo, SD1 e SD2. Di cui solo il primo ricadente nell'area dell'opera in esame.

n.1 pozzo per eseguire una prova di pompaggio

prove penetrometriche standard SPT nei fori di sondaggio sopra elencati

n.16 prove di permeabilità Lefranc

n.1 prova pressiometrica

Nei fori di sondaggio SC1 E SD1 sono state condotte prove geofisiche downhole.

In tutti i restanti fori, compreso il pozzo, sono stati installati piezometri a tubo aperto.

Per quanto riguarda la campagna di indagine del PE questa globalmente è consistita in:

n.9 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di lunghezza pari a 30 m, con prelievi di campioni indisturbati, prove SPT, prove pressiometriche e prove di permeabilità Lefranc in foro.

n.4 perforazioni a distruzione di nucleo, spinti tutti fino alla massima profondità di 30 m dal p.c.

Registrazione dei parametri di perforazione (dac-test) su n.6 verticali d'indagine

Prospezioni sismiche in foro del tipo Down Hole e Cross Hole

Prove geotecniche di laboratorio sulla campionatura estratta

In definitiva nell'ottica della progettazione i complessi stratigrafici sono stati parametrizzati in merito alla caratterizzazione geotecnica risultante dalle prove in sito e in laboratorio. Nella Tabella 1, di seguito riportata sono sintetizzati i risultati della caratterizzazione suddetta.

Tabella 1- Caratterizzazione geotecnica

FORMAZIONE	γ_{sat} [kN/m^3]	E [mPa]	ϕ' [°]	c' [kPa]	ν [-]
Terreno superficiale	19	10	28	0	0,25
Ghiaie e sabbie da sciolte a debolmente cementate	19	150	35	0	0,35
Sabbie limose	19	15	28	5	0,33
Sabbie e ghiaie fini	19	20	28	0	0,33
Ghiaie e sabbie con cementazione da debole a media	21	170	35	20	0,35
Limo sabbioso debolmente argilloso	19	60	26	25	0,35

γ_{sat}	Peso di volume saturo
E	Modulo elastico
ϕ'	Angolo di attrito interno
c'	Coesione
ν	Coefficiente di Poisson

2.3 Obiettivi

La tesi proposta mira alla ricerca delle attuali possibilità di implementazione nella metodologia BIM delle informazioni riguardanti il sottosuolo, analizzando la possibilità cioè, di gestire ed organizzare questi dati nel flusso della modellazione parametrica.

L'obiettivo prefisso ha riguardato quindi, l'applicazione della metodologia BIM per la definizione di un modello rappresentativo del contesto dell'opera intendendo con questo ultimo l'inquadramento geografico georeferenziato dell'area di studio e la definizione di un modello informativo del sottosuolo. Segue poi un esempio di applicazione del modello generato, per la simulazione delle fasi di scavo di ausilio alla contabilizzazione delle quantità di sterro e alla definizione di un piano di utilizzo dei materiali estratti. Infine, grazie alla collaborazione con la collega Chiara Dettori, la quale si è occupata della rappresentazione parametrica informativa riguardante il modello strutturale dell'opera, si è giunti alla rappresentazione finale del modello federato. In altre parole, si è proceduto alla definizione del modello di coordinamento inteso come la rappresentazione congiunta delle due discipline da me e Chiara affrontate.

Il lavoro è stato articolato quindi in più fasi, nella prima parte si è proceduto alla rappresentazione del workflow utilizzato per la realizzazione del modello informativo del terreno. Il modello digitale creato rappresenta un inquadramento generale dell'area interessata dall'opera. Esso può essere considerato come punto di partenza per le fasi di progettazione seguenti.

L'approccio innovativo alla progettazione secondo la metodologia BIM infatti, prevede che vi sia un'organizzazione del flusso dei dati a monte. A partire dalla definizione di un database opportunatamente costruito contenente tutte le informazioni provenienti dalla campagna

di indagine geognostica/ambientale e da un modello informativo del sottosuolo è stata inquadrata l'opera. Iniziando dall'inquadramento georeferenziato dell'area e dall'ubicazione delle indagini è stata dapprima definita la superficie topografica alla quale poi sono state aggiunte le informazioni riguardanti il sottosuolo. Tracciate infine le superfici rappresentanti la stratigrafia del terreno, si è passati alla creazione del modello rappresentativo. Si vuole in merito ribadire che, il lavoro svolto è il risultato di una ricerca sulle attuali possibilità di implementazione delle informazioni sul terreno nella metodologia BIM. Non tanto per quanto concerne la raccolta di dati in un formato unico e standardizzato, ma per la mancata preparazione dei software alla manipolazione, gestione e come ragionevole aspettarsi, interpretazione di questi.

Negli ultimi anni si sta ponendo sempre più attenzione al tema delle terre e rocce da scavo. Infatti, la gestione di questi materiali come sottoprodotti e non come rifiuti è stato argomento di numerosi interventi normativi atti alla stesura di un vero e proprio piano di regolamentazione per la classificazione dei materiali di cantiere. Sulla base di questo si è sviluppata la seconda parte della tesi in cui, utilizzando il modello di sottosuolo precedentemente creato è stato possibile simulare l'avanzamento degli scavi, contabilizzare il materiale di risulta e definire un processo semplificato di organizzazione dei quantitativi di scavo.

Tra i numerosi punti di forza della metodologia BIM, si trova infine proprio la possibilità di integrazione e coordinamento tra le fasi progettuali e realizzative in un modello unico e centrale. Ultima parte della tesi ha riguardato questo aspetto. Il modello del contesto comprensivo delle fasi di scavo è stato congiunto al modello strutturale della stazione.

3 Il modello del contesto

L'opportunità di gestire i dati geologici tramite la modellazione 3D è particolarmente utile per lavori complessi, in contesti stratigrafici complessi e ogni volta che la rappresentazione 2D di dati distribuiti su vaste aree comporterebbe un'approssimazione eccessiva del modello.

3.1 Metodologia

Per la realizzazione del modello informativo del sottosuolo sono stati utilizzati i seguenti software: AutoCAD Civil 3D di Autodesk e HoleBASE SI della Keynetix per la gestione dei dati provenienti dalle indagini geognostiche e ambientali. Per la produzione grafica e la visualizzazione è stato utilizzato HoleBASE SI Extension per AutoCAD Civil 3D. Infine, il modello è stato importato sul software Autodesk Revit.

Il modello del contesto è il risultato dell'informatizzazione di indagini geologiche e mappe topografiche. Come precedentemente accennato, un'opera in sotterraneo non può prescindere dalla definizione del contesto che la circonda ossia il terreno in cui è collocata. Per questo motivo nella progettazione di una stazione bisogna tener conto dell'interazione tra l'oggetto civile e il terreno sede dell'opera.

Tuttavia, la maggior parte delle applicazioni pratiche della metodologia, si concentrano sulla modellazione parametrica dell'opera sottovalutando il sito in cui questa è inserita.

La costruzione del modello del contesto è vista come la connessione di più informazioni. Da un lato la superficie topografica e dall'altro le informazioni stratigrafiche del terreno sottostante. Da questo

presupposto è partita la realizzazione del modello, ossia l'acquisizione delle condizioni dell'ambiente reale in cui il progetto è ubicato. La metodologia utilizzata per la realizzazione del lavoro suddetto è riassunta nel workflow in Figura 12.

Figura 12 - Workflow Modello del contesto

3.2 Inquadramento geografico e georeferenziazione dell'area di studio

Supportando anche piattaforme GIS, ci sono diverse possibilità per creare una superficie topografica in Civil 3D. Nello specifico la superficie topografica dell'area di studio è stata ricavata da Google Earth, non avendo a disposizione altra informazione. Tuttavia, a seconda dei dati disponibili, è possibile creare la superficie topografica importando: acquisizioni di nuvole di punti, file DTM, immagini raster ecc, Figura 13. In modo da ottenere rilievi di dettaglio e quindi superfici molto precise.

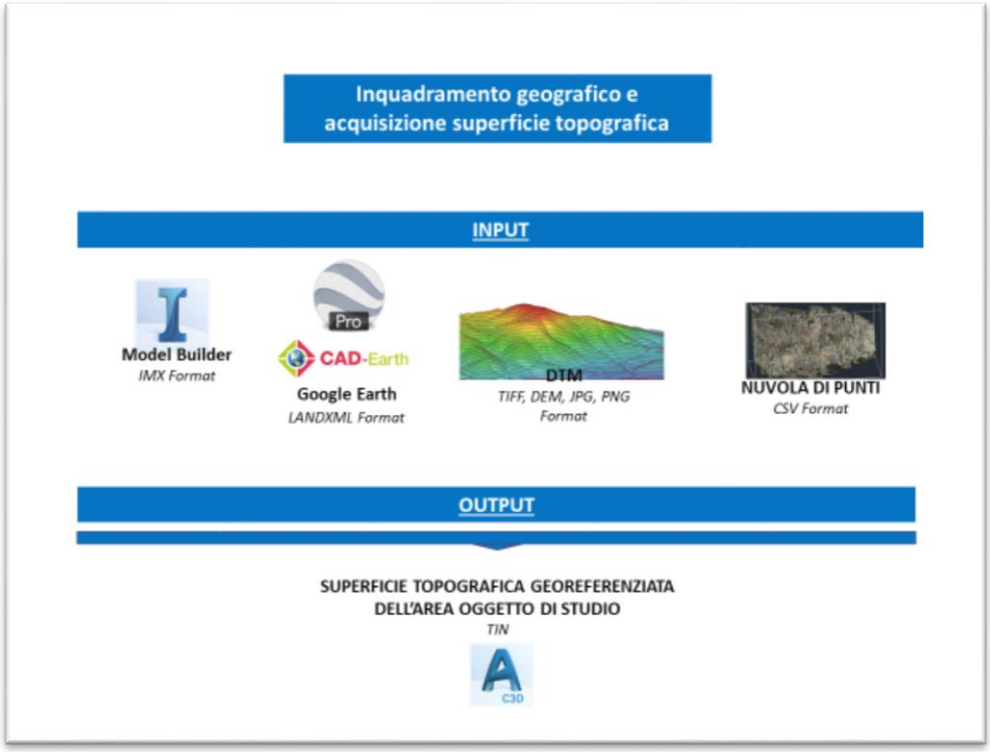


Figura 13 - Acquisizione superficie topografica

Requisito necessario ovviamente per la manipolazione e gestione dei dati anche per l'importazione ed esportazione delle informazioni tra i vari software è la definizione univoca del sistema di riferimento in ogni piattaforma utilizzata (WGS84/UTM32N per il caso in esame) Figura 14.

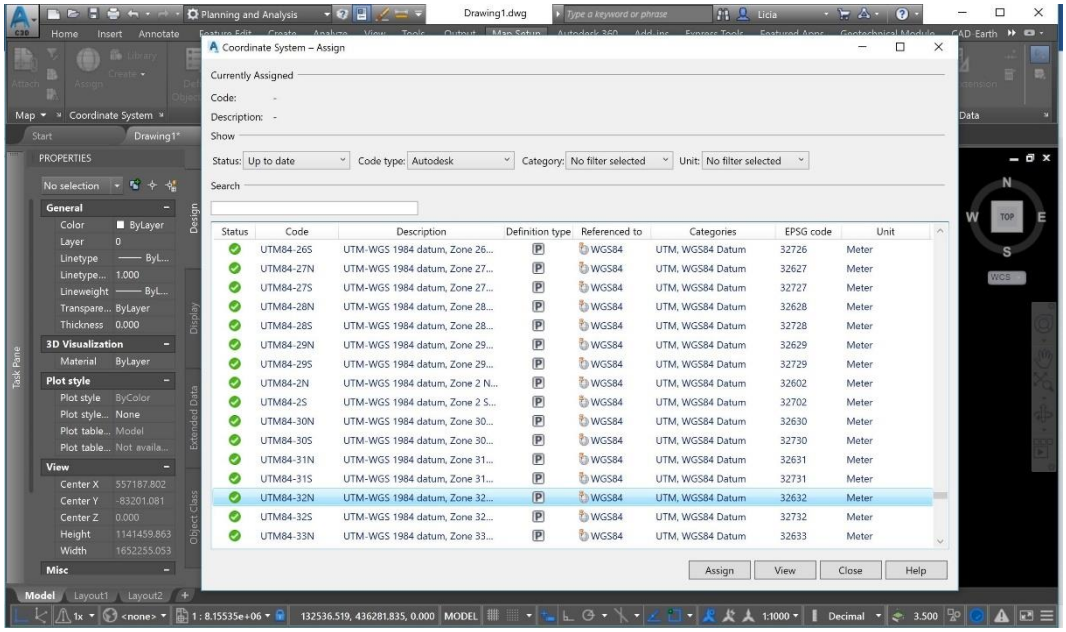


Figura 14 - Schermata Civil 3D, Impostazione sistema di coordinate

Su Google Earth è stata circoscritta l'area di studio Figura 15 e grazie al tool aggiuntivo Cad-Earth è stato importato dapprima il poligono con cui si è delineata l'area di cantiere e poi la mesh del terreno.

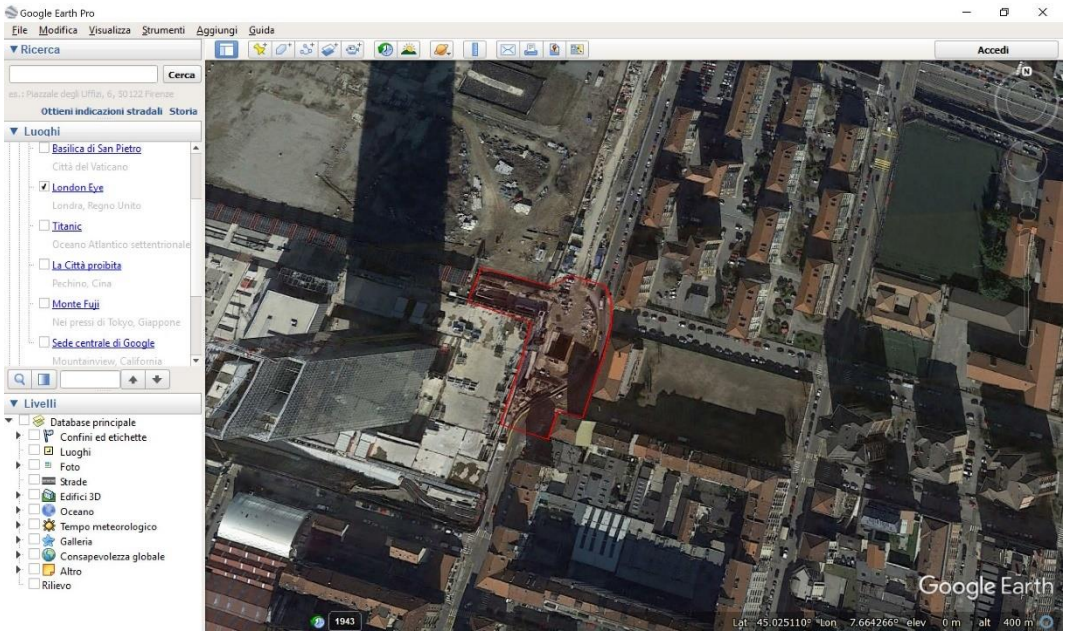


Figura 15 - Schermata Google Earth, Acquisizione dell'area di cantiere

Si vuole ribadire che il flusso è stato eseguito in questo modo non avendo altro dato a disposizione. Tuttavia, in fase di progettazione è

necessario utilizzare strumenti in grado di ottenere risultati più precisi. Inoltre, la superficie TIN così generata è riferita ad acquisizione ben più recente (febbraio 2018) rispetto alla data di effettivo inizio dei lavori di realizzazione della stazione (2012).

Dall'area di ubicazione dell'opera, è stata infine estrapolata la superficie topografica in riferimento al perimetro di cantiere della stazione, Figura 16, a cui nel seguito sono state aggiunte le informazioni relative al suolo sottostante.

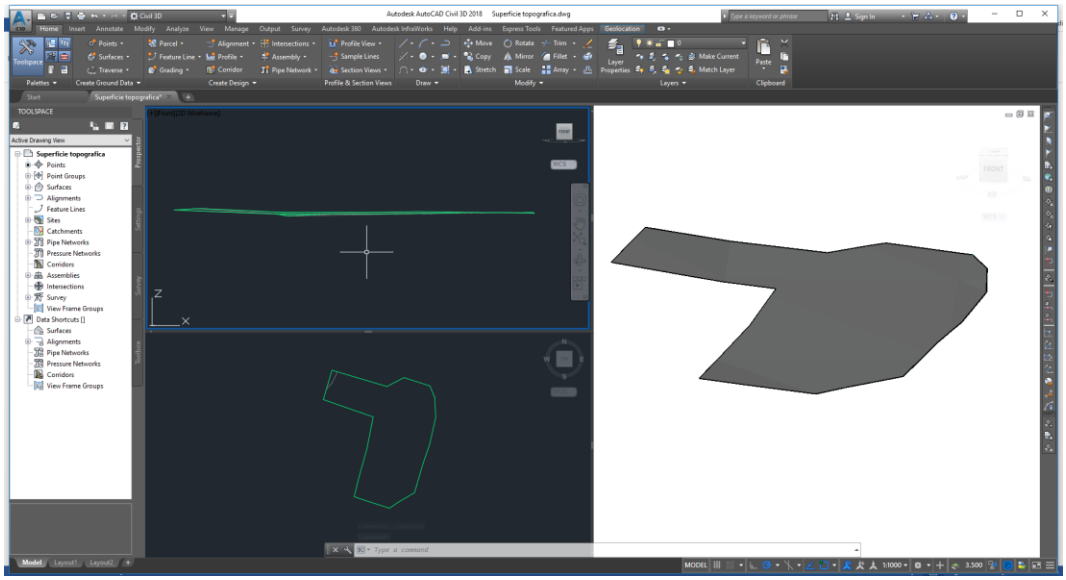


Figura 16 - Schermata Civil 3D, Superficie topografica area di cantiere della "Stazione Italia 61"

3.3 Implementazione dei dati provenienti dalle indagini

HoleBASE SI è un software strutturato per la raccolta di tutte le informazioni provenienti dalle campagne di indagini geognostiche e ambientali. Consente di raccoglie e tenere sottocchio tutti i dati, gestire i report in modo semplice e veloce. Permette l'importazione di diversi formati, tra cui il formato AGS diffuso nel Regno Unito o più in generale l'estensione .csv.

Una volta settate le impostazioni per la creazione del database e configurate le basi per la creazione del progetto come, il sistema di riferimento (WGS84/UTM zone 32) e lo standard di riferimento (ASTM M) è possibile procedere nell'importazione dei dati nei formati suddetti o compilare i campi manualmente. Il browser è strutturato per cartelle, ognuna consente di inserire le specifiche riguardo l'ubicazione di ogni indagine, le informazioni geologiche, la tipologia di carotaggio, i test in situ, i campioni prelevati e i test di laboratorio effettuati,

Figura 17. Infatti, ad ogni perforazione è associato uno specifico codice identificativo (Location ID) che consente di richiamare il dato per la compilazione di ogni campo. Grazie all'estensione per Civil 3D infine, è possibile integrare in maniera automatica una parte dei dati e visualizzarli nello spazio del modello di Civil 3D.

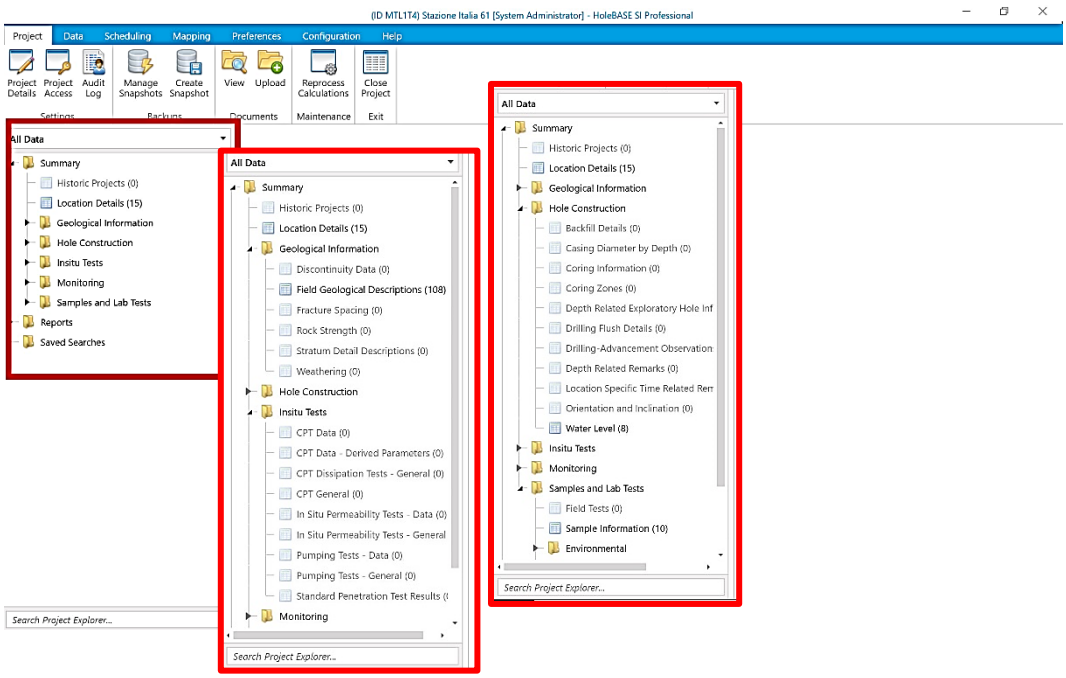


Figura 17 - Schermata HoleBASE SI, Browser di progetto

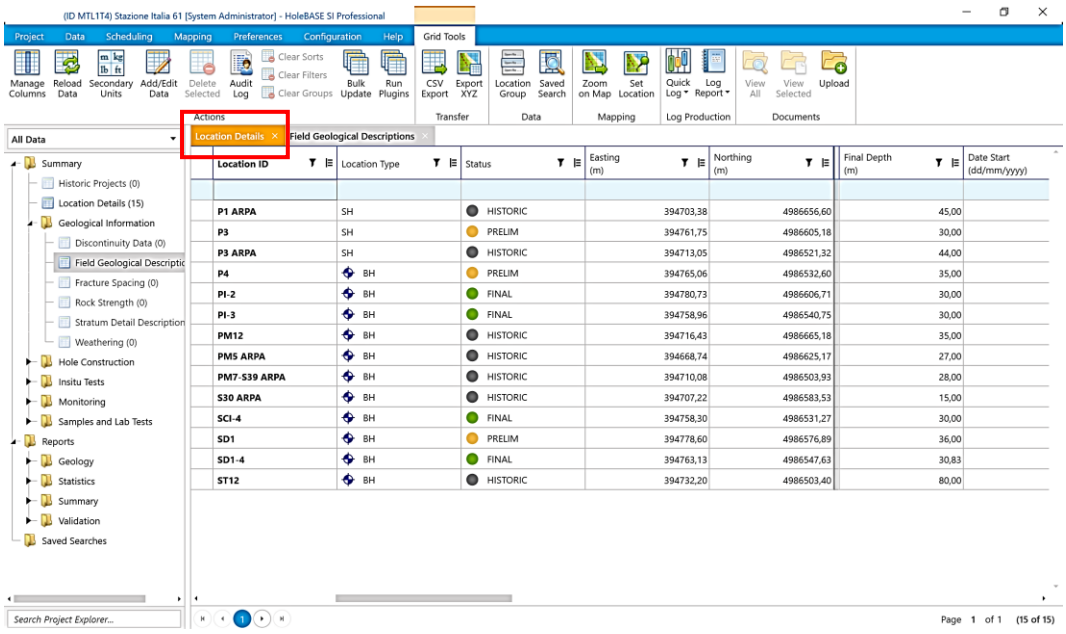
Quindi, HoleBASE SI consente di creare un vero e proprio database in cui inserire tutte le specifiche informazioni partendo dalla tipologia di

indagine eseguita, la strumentazione utilizzata, le prove effettuate in situ fino alle informazioni sui campioni prelevati e le prove di laboratorio fatte per la caratterizzazione geotecnica ed ambientale del materiale.

Le informazioni caricate sono state ricavate sia dalle indagini geognostiche effettuate nel progetto definitivo ed esecutivo che dalla banca dati geotecnica sul sito dell'ARPA Piemonte.

Nello specifico due sono state le schede compilate all'interno del software:

In "location details", sono state inserite le informazioni riguardanti l'ubicazione, la profondità e l'elevazione dei sondaggi, Figura 18.



Location ID	Location Type	Status	Easting (m)	Northing (m)	Final Depth (m)	Date Start (dd/mm/yyyy)
P1 ARPA	SH	HISTORIC	394703,38	4986656,60	45,00	
P3	SH	PRELIM	394761,75	4986605,18	30,00	
P3 ARPA	SH	HISTORIC	394713,05	4986521,32	44,00	
P4	BH	PRELIM	394765,06	4986532,60	35,00	
PI-2	BH	FINAL	394780,73	4986606,71	30,00	
PI-3	BH	FINAL	394758,96	4986540,75	30,00	
PM12	BH	HISTORIC	394716,43	4986665,18	35,00	
PM5 ARPA	BH	HISTORIC	394668,74	4986625,17	27,00	
PM7-S39 ARPA	BH	HISTORIC	394710,08	4986503,93	28,00	
S30 ARPA	BH	HISTORIC	394707,22	4986583,53	15,00	
SCI-4	BH	FINAL	394758,30	4986531,27	30,00	
SD1	BH	PRELIM	394778,60	4986576,89	36,00	
SD1-4	BH	FINAL	394763,13	4986547,63	30,83	
ST12	BH	HISTORIC	394732,20	4986503,40	80,00	

Figura 18 - Schermata HoleBASE SI, Scheda "Location Details"

In "Field Geological Descriptions" invece vengono inserite le descrizioni relative alle varie stratigrafie riscontrate, Figura 19.

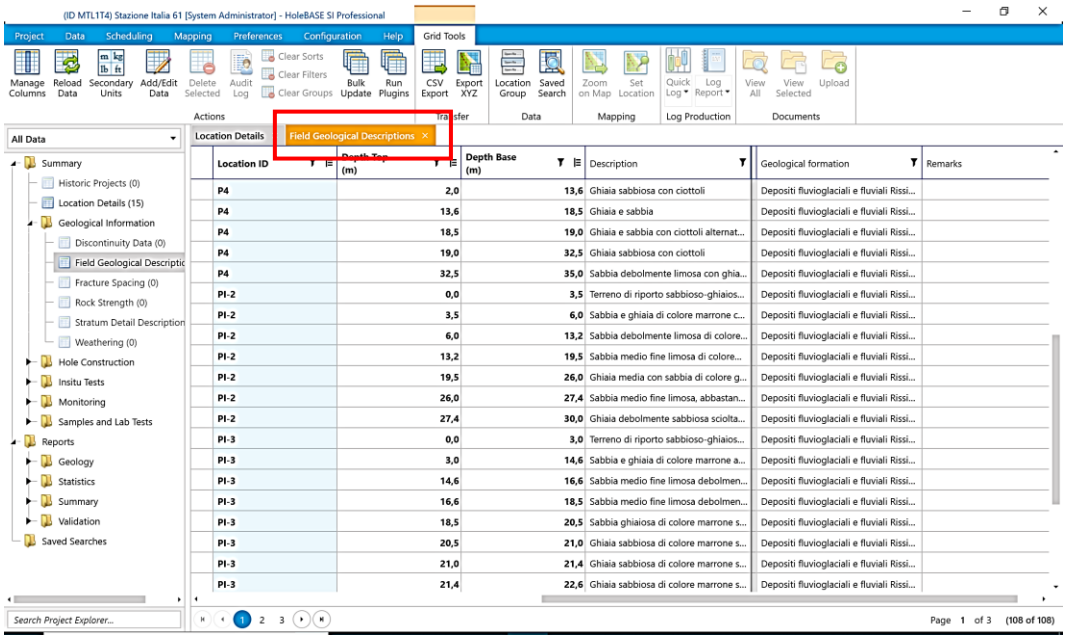


Figura 19 - Schermata HoleBASE SI, Scheda "Field Geological Descriptions"

Infine, nel caso in cui la direzione dei sondaggi fosse diversa da quella verticale, nella scheda (opzionale) “Orientation and Inclination” vengono inserite le indicazioni relative all’inclinazione ed orientazione delle perforazioni,

Figura 17. In Allegato, sono riportati i i file CSV delle schede compilate.

3.4 Il modello digitale del terreno

HoleBASE SI extension per Civil 3D consente invece di creare le stratigrafie del sottosuolo direttamente dalle informazioni registrate in HoleBASE SI, connettendosi automaticamente al database di quest’ ultimo, Figura 20.

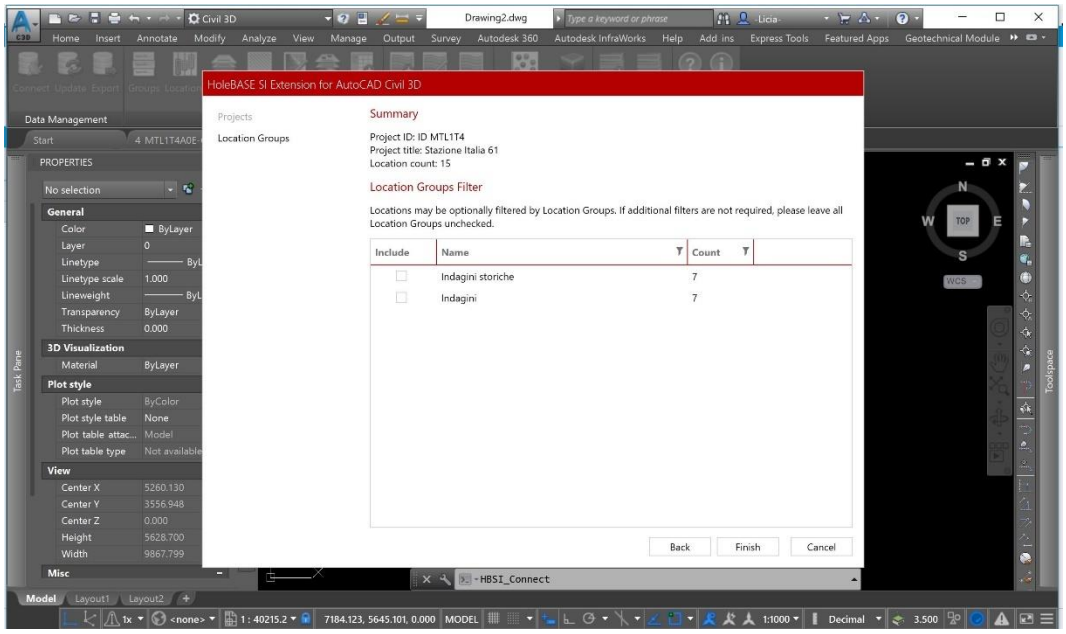


Figura 20 - Schermata HoleBASE Si extension for Civil 3D, Collegamento del progetto

In Civil 3D, le perforazioni vengono convertite in oggetti 3D intelligenti. Partendo da questi poi è possibile tracciare le superfici superiori e inferiori di ogni strato classificato. Bisogna associare ad ogni stratigrafia un codice specifico nella scheda "Field Geological Descriptions" quindi, una volta caricate le informazioni in Civil 3D, le superfici superiori e inferiori di ogni strato sono tracciate rispettivamente congiungendo il top e il base dei boreholes aventi lo stesso codice.

Il sottosuolo di Torino nella zona interessata dall'opera, come descritto in precedenza, è caratterizzato dalla presenza sostanziale di due complessi litostratigrafici omogenei a partire dalla base di un riporto antropico (Unità 1) generalmente dello spessore di circa 2 metri:

> Depositi fluvioglaciali e fluviali rissiani composti da ghiaie e sabbie in percentuali reciproche variabili con continuità, con frequenti ciottoli in matrice limosa (Unità 2); all'interno di questo complesso si incontrano terreni più fini (limi sabbioso-argillosi, Unità 2a) organizzati in lenti discontinue e di spessore

variabile e zone o livelletti cementati (Unità 3), anch'essi discontinui e di spessore o volume limitato. Nella parte inferiore del complesso infine, si ha uno strato di sabbia limosa con ghiaietto (Unità 2b) di spessore molto variabile e irregolare.

Depositi di ambiente marino neritico composti da limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzure (Unità 6).

La presenza quindi, di variazioni stratigrafiche localizzate e di estensione e profondità modesta nel complesso interessante la stazione in oggetto (Unità 2a, Unità 3 e Unità 2b), rende la modellazione del terreno più complessa.

In Figura 21, sono riportate le perforazioni convertite in oggetti 3D nel modello di C3D.

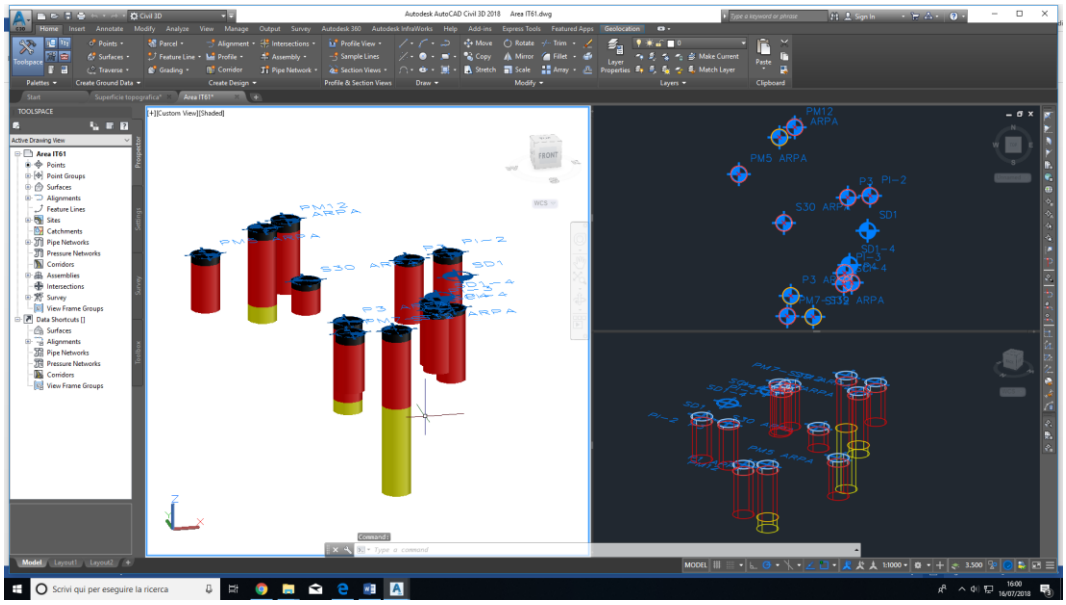


Figura 21 - Schermata Civil 3D, Importazione dei sondaggi come oggetti 3D

Nei boreholes caricati, come si può notare dalla Figura 21, sono state identificate le stratigrafie relative solo ai complessi omogenei riscontrati (Unità 1- in nero, Unità 2-in rosso e Unità 6- in giallo). La presenza sporadica all'interno dell'Unità 2, di lenti di materiale a granulometria più fine o con grado di cementazione maggiore non è

stata rappresentata in questo modo, data appunto la difficoltà nella riproduzione all'interno del modello. Per ovviare a questo problema quindi la rappresentazione di queste formazioni è stata semplificata introducendo delle superfici piane di spessore omogeneo approssimativamente alle profondità cui tali lenti di materiale sono state riconosciute.

Nello specifico inoltre, l'opera raggiungendo una profondità di circa 30 metri giace principalmente nel complesso costituito da ghiaie sabbie e ciottoli in percentuale reciproca variabile (Unità 2). Per cui la rappresentazione grafica del modello si è estesa fino a tale profondità.
Quindi procedendo è stato possibile tracciare le superfici confine dei depositi omogenei (Unità 1, 2 e 6), Figura 22. Ovviamente le superfici automatiche che vengono generate hanno bisogno di essere processate, è in questa fase che vanno infatti, verificate le eventuali incongruenze che possono riscontrarsi nei dati di base. Questo processo deve essere eseguito dal team specializzato che, grazie alle funzionalità disponibili nel software scelto, provvederanno a risolvere le incongruenze sulla base delle informazioni contestuali disponibili.
Nel caso in oggetto ci si è avvalsi di punti ausiliari affinché le superfici create si estendessero per tutta l'area interessata dalla costruzione.

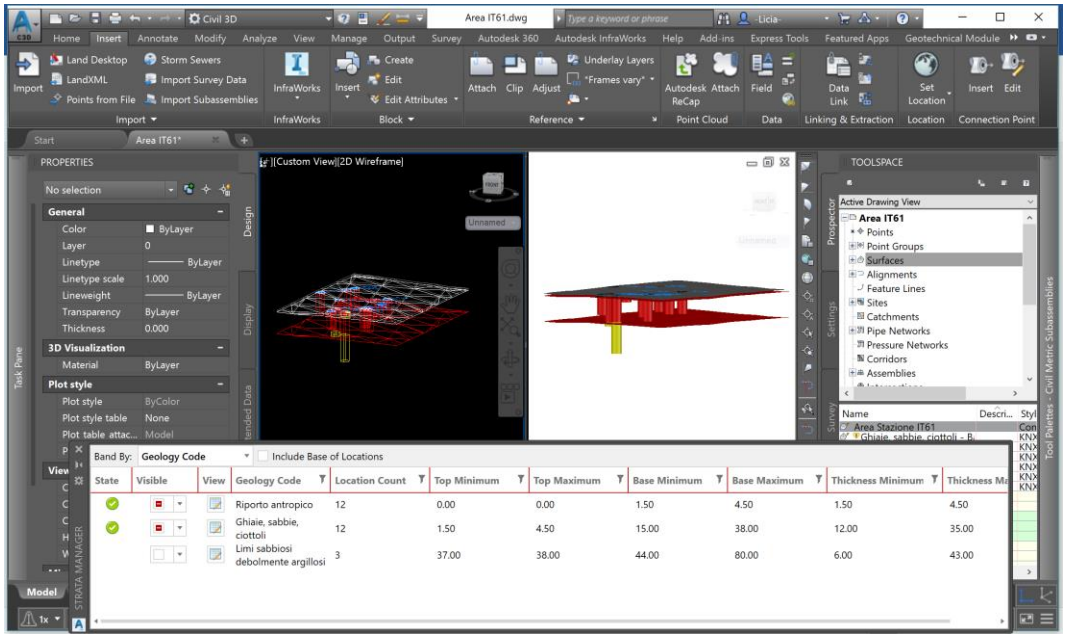


Figura 22 - Schermata Civil 3D, Intersezione superfici stratigrafiche

Le superfici generate sono state ritagliate a delimitare l'area di cantiere e infine sono state riportate insieme alla superficie topografica precedentemente creata Figura 23.

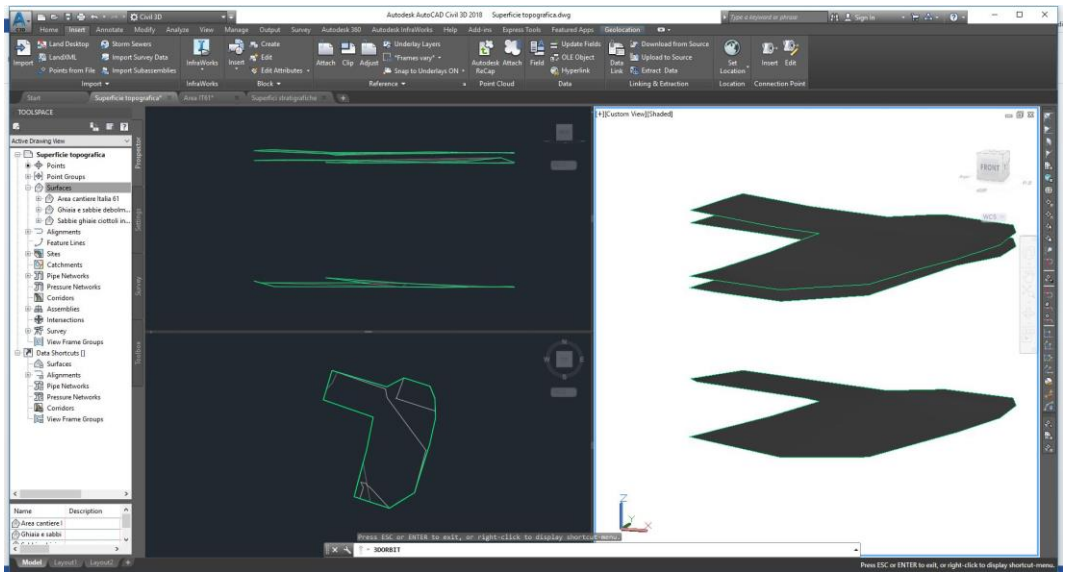


Figura 23 - Schermata Civil 3D, Superfici limite stratigrafiche e topografica

Come accennato in precedenza, la rappresentazione, all'interno del complesso predominante (Unità 2), delle lenti di materiale a granulometria e caratteristiche diverse è stata resa creando delle superfici apposite. Le superfici create identificano in maniera semplificata e approssimata la quota e lo spessore delle formazioni. Si è scelto di procedere in questo modo per due motivi principali:

> L'impossibilità pratica di rappresentare fedelmente, mediante gli strumenti a disposizione in formato digitale, la forma di tali lenti, che sicuramente è irregolare.
>
> L'impossibilità di definirne la reale estensione sia in termini areali che di spessore. Ciò anche per via della difficoltà di desumere l'estensione delle sottounità registrate da indagini puntuali, quali sono le perforazioni di sondaggio.

Per la rappresentazione grafica di queste superfici, sono stati di ausilio gli elaborati forniti (sezioni e profili geologici e geotecnici) per il caso studio, da cui è stato possibile presumere qualitativamente l'andamento spaziale delle Unità.

In Figura 24, sono riportate le superfici create e, per rendere meglio l'idea spaziale del contesto, la volumetria della stazione "Italia 61". In Figura 25 invece, le superfici e una sezione in pianta con inserito lo stralcio planimetrico della stazione.

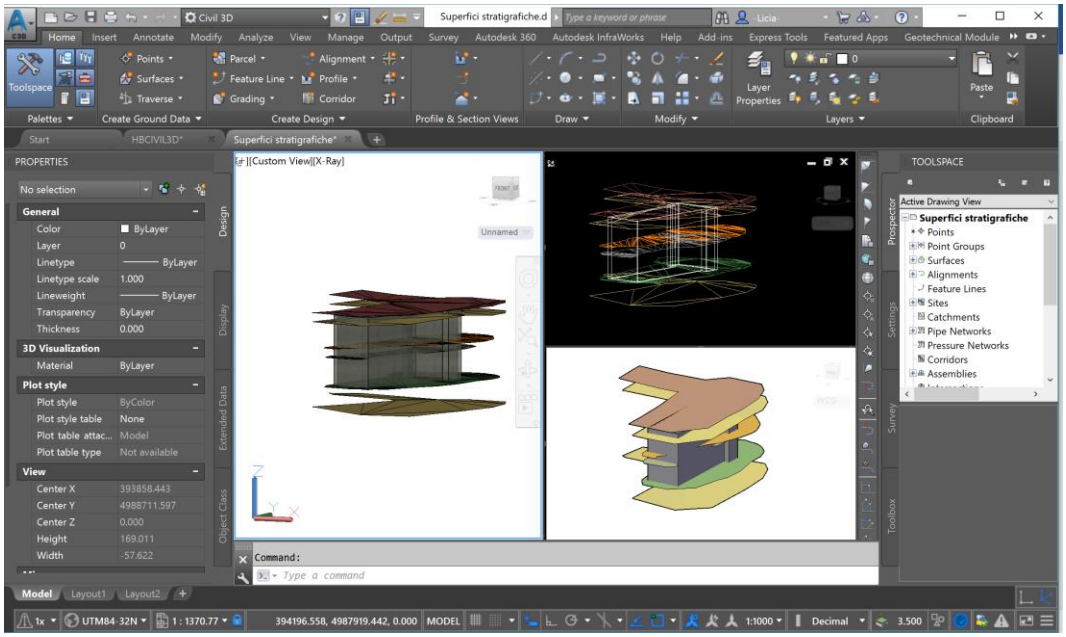


Figura 24 - Schermata Civil 3D, Superfici stratigrafiche e volumetria Stazione Italia 61

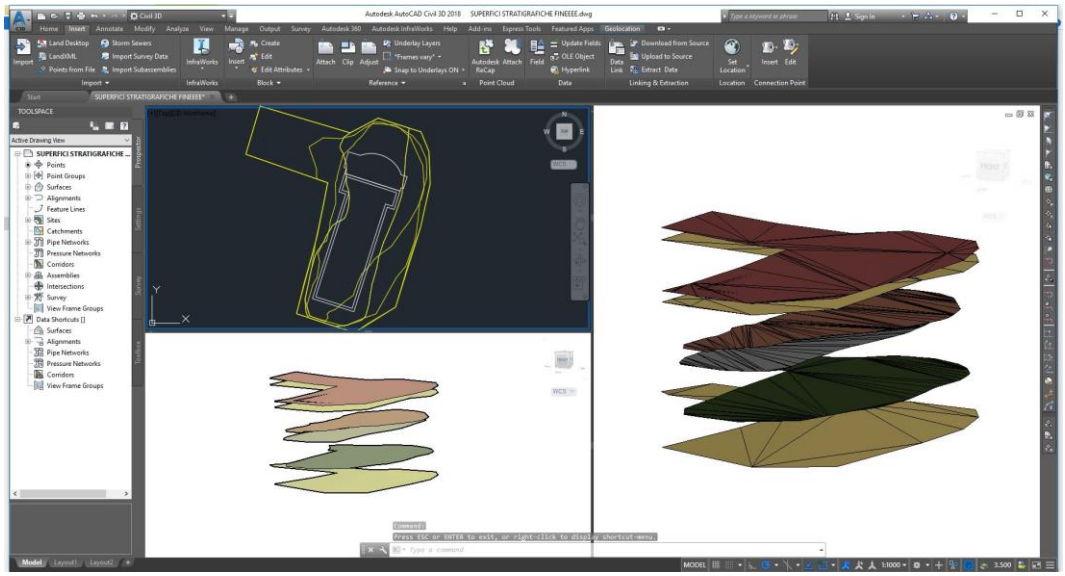


Figura 25 - Schermata Civil 3D, Superfici stratigrafiche viste in pianta e 3D

Con gli strumenti di modellazione 3D, infine sono stati creati i solidi, uno per ogni stratigrafia individuata, Figura 26.

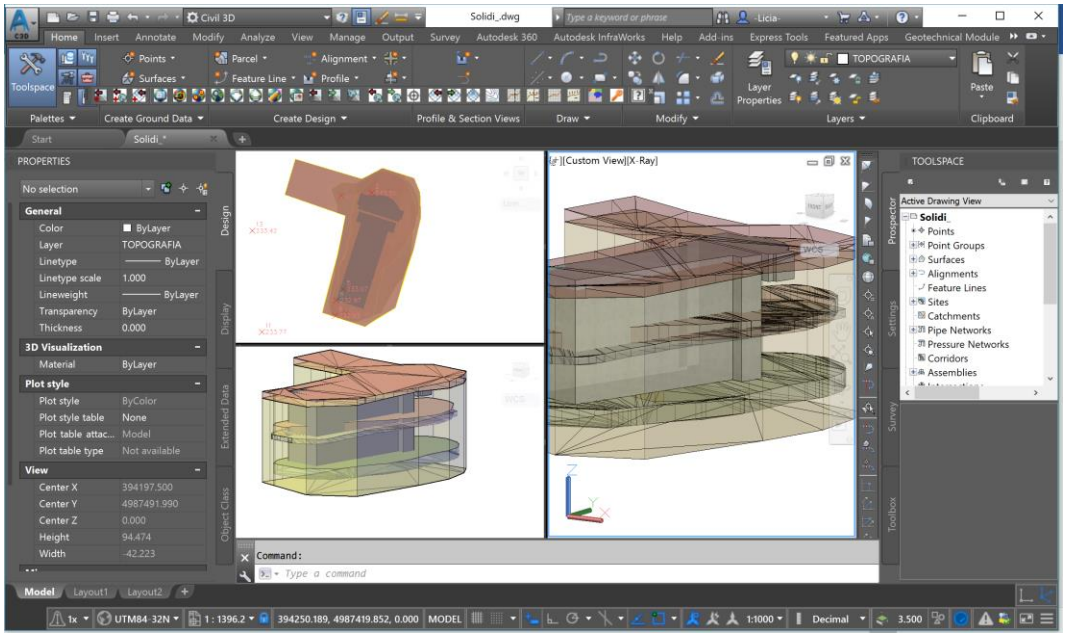


Figura 26 - Schermata Civil 3D, Solidi da stratigrafie

Si vuole a questo punto precisare che il lavoro eseguito rappresenta un modello semplificato delle condizioni del sottosuolo che può aiutare a comprendere e valutare a grande scala il contesto circostante l'opera durante la progettazione della stessa o in fase di costruzione, per la quantificazione dei materiali di sterro e per valutazioni di carattere ambientale. Inoltre, durante le varie fasi di progetto, dal definitivo all'esecutivo per esempio, analizzando i dati storici e quelli già disponibili è possibile invece valutare e pianificare dove eventualmente eseguire ulteriori indagini esplorative.

3.5 Il modello in Revit

Revit è un software BIM-oriented con specifiche funzionalità, grazie all'utilizzo di veri e propri strumenti intelligenti è possibile gestire e pianificare tutto il processo di progettazione e costruzione di una infrastruttura. Infatti, grazie alla possibilità di suddividere il lavoro per fasi è possibile pianificare e riprodurre tutti gli step di realizzazione di un'opera. Inoltre, associando ad ogni oggetto intelligente le specifiche caratteristiche, il software rappresenta un

vero e proprio database informativo oltre che uno strumento di visualizzazione grafica tridimensionale.

Diversi tentativi e svariate prove sono state eseguite per valutare quale fosse la procedura migliore per l'importazione del modello creato in Revit.

In primis si è organizzato l'ambiente di lavoro, creando un apposito template in cui sono stati specificati i livelli, le fasi, i modelli di vista ecc.

Il template è stato organizzato nel dettaglio in riferimento all'organizzazione del browser di progetto (per fase e poi per disciplina), la definizione del punto base di progetto, rilevamento ecc. In particolare, nel processo di produzione del modello eseguito, si vuole far riferimento alle specifiche adottate per le più importanti impostazioni configurate, di seguito riportate:

Definizione dei livelli: Con lo strumento livelli vengono definite specifiche distanze verticali di ausilio per la modellazione. I livelli sono stati codificati diversificandoli, in primo luogo in riferimento al livello GL (Ground Level): AGL (Above Ground Level) e UGL (Under Ground Level). In seguito, sono stati differenziati i livelli legati agli scavi (caratterizzati dalla presenza delle lettere SC prima del livello) e i livelli strutturali. In Allegato, si riporta lo schema adottato con le quote assolute e relative assegnate ad ogni livello e la specifica codifica.

Definizione delle fasi: Nell'ottica di una simulazione in 4D, pertanto considerando la variabile tempo la fasizzazione dell'opera infrastrutturale assume un significato fondamentale. Pertanto per la simulazione delle fasi di scavo della stazione, questo strumento risulta fondamentale. A tal fine è necessario definire una corretta codifica delle fasi di costruzione e realizzazione all'interno del modello. Nel

caso in oggetto, la codifica è stata sulla base delle fasi di realizzazione della stazione con la tecnica “Top-Down” riportate negli elaborati forniti. In Allegato, si riporta lo schema adottato per la definizione delle fasi con relativa descrizione delle attività previste.

Definizione della posizione di progetto: Essa definisce l’unica posizione del progetto, e definisce la collocazione del progetto nel mondo. Per il caso in esame la posizione di progetto è stata definita sulla base del punto di progetto. A sua volta il punto di progetto è stato impostato acquisendo le coordinate dal file CAD georeferenziato dell’area di studio.

Definizione del sistema di riferimento condiviso: Intendendo con questo un univoco sistema di coordinate che ha garantito lo scambio delle informazioni e degli oggetti tra i software utilizzati. L’estensione Autodesk Shared Reference Point per entrambi i software utilizzati (Civil 3D e Revit) fornisce funzionalità per esportare i punti noti e le quote da Civil 3D in un file esterno formato .xml. Una volta importato in Revit infatti, è impostato un “Sistema di coordinate condivise”. Questo consente la collaborazione, intesa come interoperabilità tra i software, per lo scambio di file RVT, DWG ecc. Inoltre, in questo modo viene automaticamente settata la posizione e l’orientamento del progetto all’interno del sito.

Come si evince dalle immagini, Figura 27 e Figura 28, le coordinate in Revit coincidono con quelle in Civil 3D.

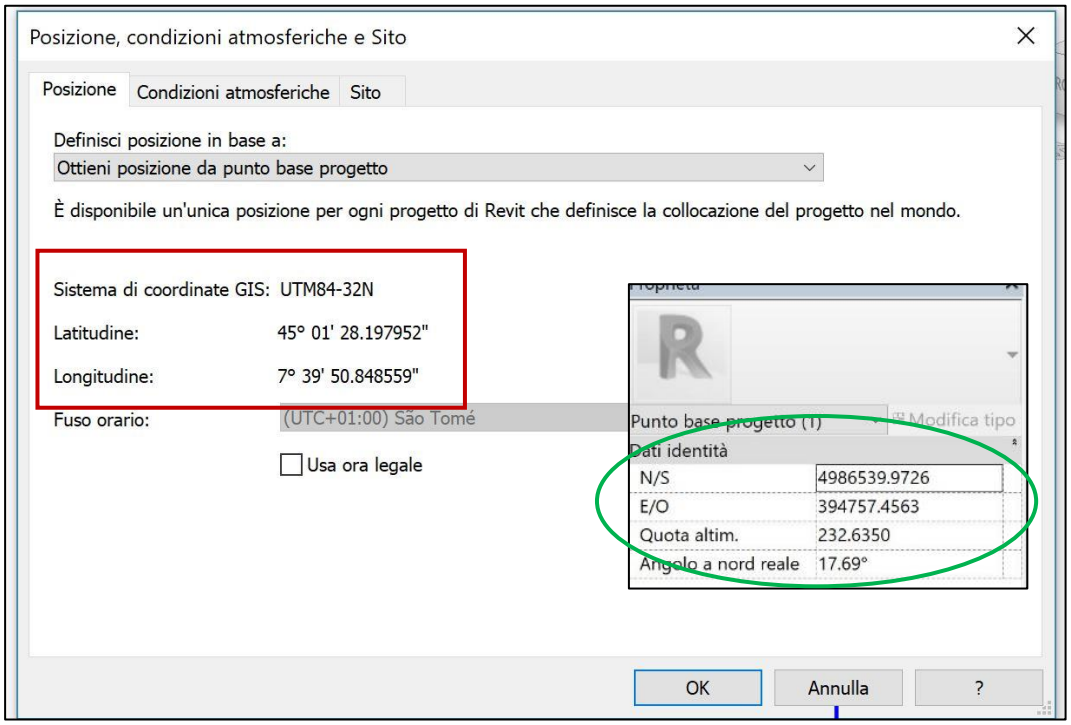


Figura 27 - Sistema di coordinate in Revit

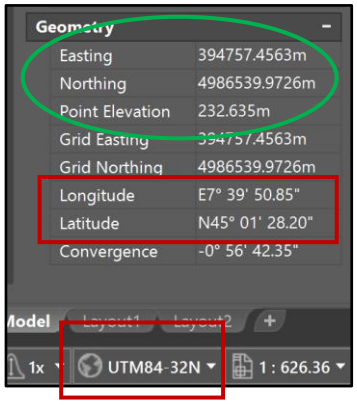


Figura 28 - Sistema di coordinate in Civil 3D

Come accennato in precedenza nel processo di produzione del modello sono state valutate diverse alternative. Sfruttando la possibilità di caricare file formato CAD, le superfici create in Civil 3D sono state importate in Revit in questo modo. Tale procedura non è risultata ottimale per un motivo legato alla quota di elevazione di seguito descritto. Quando viene linkato il file CAD in Revit, le quote dei punti della superficie vengono a loro volta importate. Nelle specifiche del collegamento va definito anche, il posizionamento in corrispondenza

di un livello predefinito. È proprio questo il problema, importando la superficie rispetto ad un livello specifico ne risulterà sempre un offset tra la superficie linkata e il punto base di progetto, dovuto proprio alle quote altimetriche della superficie linkata, come in Figura 29.

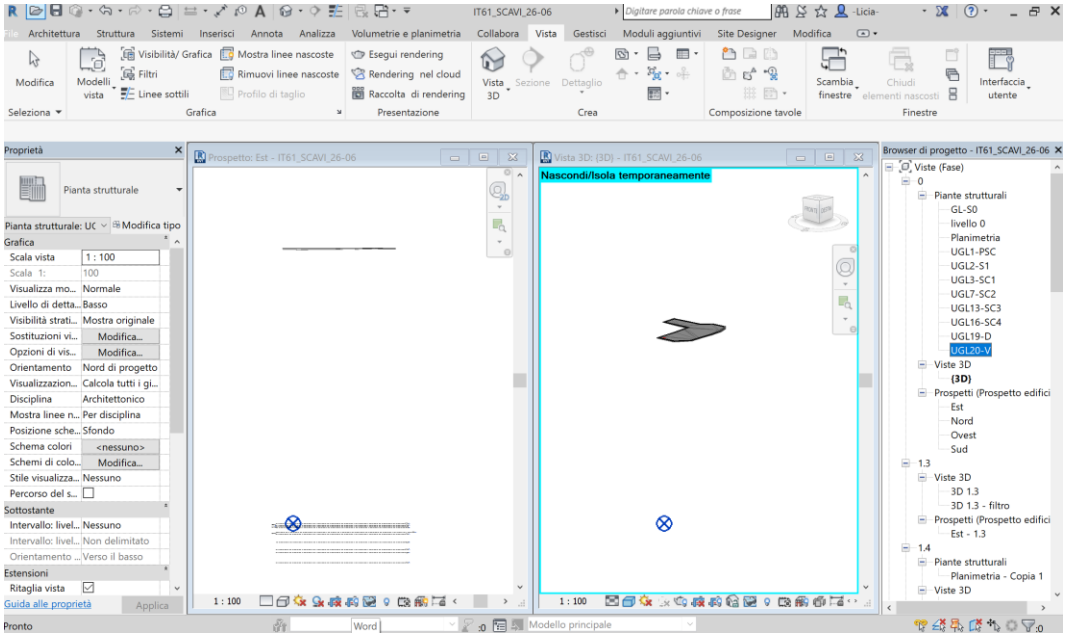


Figura 29 - Schermata Revit, Importazione file CAD

Il problema può essere risolto impostando un livello alla quota assoluta di 0 m slm (-232.635 m quota relativa) e importando il CAD in corrispondenza di questo. Una volta importata la superficie questa può essere convertita direttamente in superficie topografica.

Tuttavia, nel processo di produzione del modello si è optato per la procedura di seguito descritta. Grazie al tool aggiuntivo "Site Designer" è possibile importare le superfici in formato LANDXML ed inserirle direttamente in Revit, come topografia. Avendo impostato il sistema di coordinate condivise, le superfici stratigrafiche una volta importate sono posizionate automaticamente alla giusta quota e posizione. In Figura 30, sono riportate le superfici stratigrafiche importate in Revit.

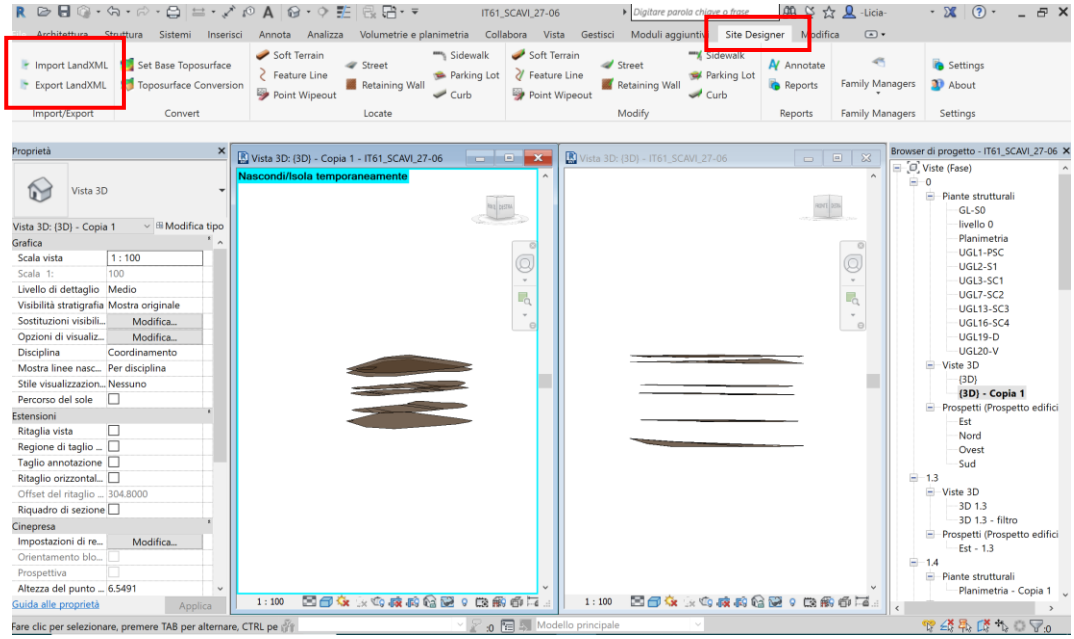


Figura 30 - Schermata Revit, Importazione superfici

Si vuole far notare che Autocad Civil 3D e Revit utilizzano algoritmi leggermente differenti per la triangolazione nelle superfici. In altre parole, nel modello di triangolazione i punti sono collegati in un ordine diverso. Questo potrebbe causare dei problemi se la superficie viene creata per punti direttamente in Revit o importata secondo uno stile di visualizzazione particolare. Quindi è necessario sempre modificare in Civil 3D lo stile di visualizzazione delle superfici in quello in cui sono mostrati i triangoli del modello di triangolazione prima di esportare la superficie in file CAD.

Un ulteriore problema riscontrato, come si vede nel confronto tra le immagini in Figura 31, riguarda il contorno delle superfici create in Revit che non coincide con quello reale.

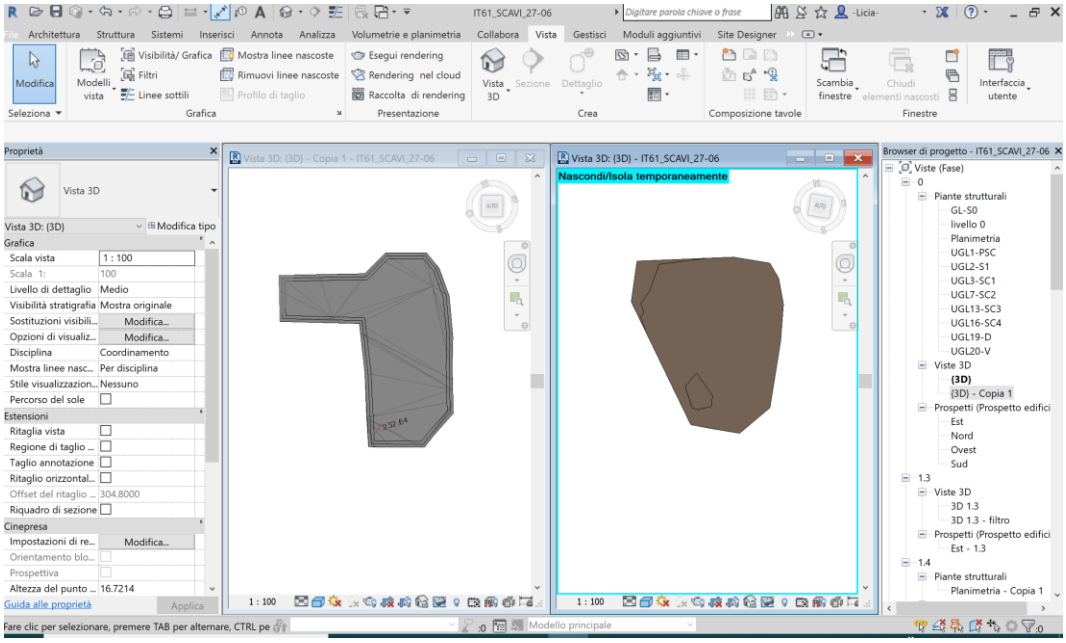


Figura 31 - Schermata Revit, Confronto tra file CAD importato (sx) e superficie creata da file CAD (dx)

Questo perché in Revit non viene riconosciuto il perimetro della superficie, ossia il software non riesce a riconoscere i punti di contorno e a differenziarli da quelli di quota, come mostrato nell'avviso che compare quando si crea la superficie da importazione, Figura 32. Ne risulta quindi una superficie più estesa di quella considerata.

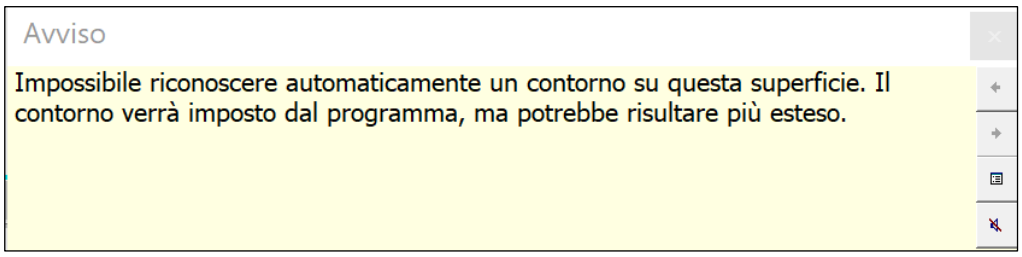


Figura 32 - Avviso in Revit: Impossibile riconoscere contorno della superficie.

Per ovviare a questo problema è possibile utilizzare i comandi di modellazione e modifica planimetrica in questo modo:

importare il contorno della superficie o disegnarlo direttamente in Revit

usare il comando dividi superficie e suddividere la superficie seguendo il contorno. Infine, eliminare la parte estesa della superficie.

Non essendo stato possibile riscontrare la precisione della soluzione suddetta, nel proseguimento del lavoro non è stata effettuata nessuna correzione, le superfici sono state lasciate invariate.

Le superfici create sono state infine trasformate in solidi 3D. Questo perché si è partiti dal presupposto che il "solido", fosse per sua geometria la forma migliore per rappresentare la stratigrafia del sottosuolo. A tal fine non essendo disponibili strumenti di estrusione 3D per le superfici trattate, si è fatto riferimento a Dynamo.

Dynamo è una piattaforma di programmazione grafica che consente di personalizzare il flusso di lavoro nell'ambito dell'interfaccia di Revit. Grazie a tale piattaforma integrata direttamente nell'ambiente del software è possibile interagire con gli oggetti del modello e creare, manipolare dati, modificare le geometrie, automatizzare i processi e tanto altro.

Per la creazione dei solidi è stato elaborato un apposito flusso di programmazione in cui le superfici importate sono state prima convertite in polisuperfici e poi estruse a formare dei solidi. Un estratto del codice di calcolo creato è riportato in Figura 33, in allegato si riportano tutti gli script eseguiti.

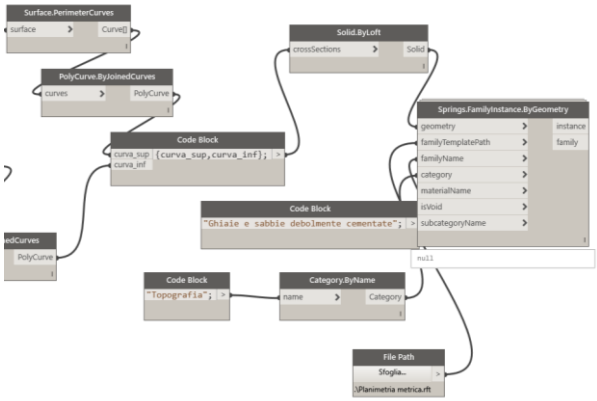


Figura 33 - Schermata Dynamo, Script creazione solido

Una volta selezionate dal modello quindi, le superfici superiore e inferiore vengono trasformate in polisuperfici e poi in solido dal loft tra le due. Infine, mediante un apposito nodo la geometria creata viene importata direttamente nell'ambiente di Revit come famiglia. A tal proposito la categoria in cui si è deciso di importare i solidi è quella di planimetria in quanto più consona per questa operazione. Il lavoro è stato ripetuto per tutte le superfici fino ad ottenere il risultato in Figura 34.

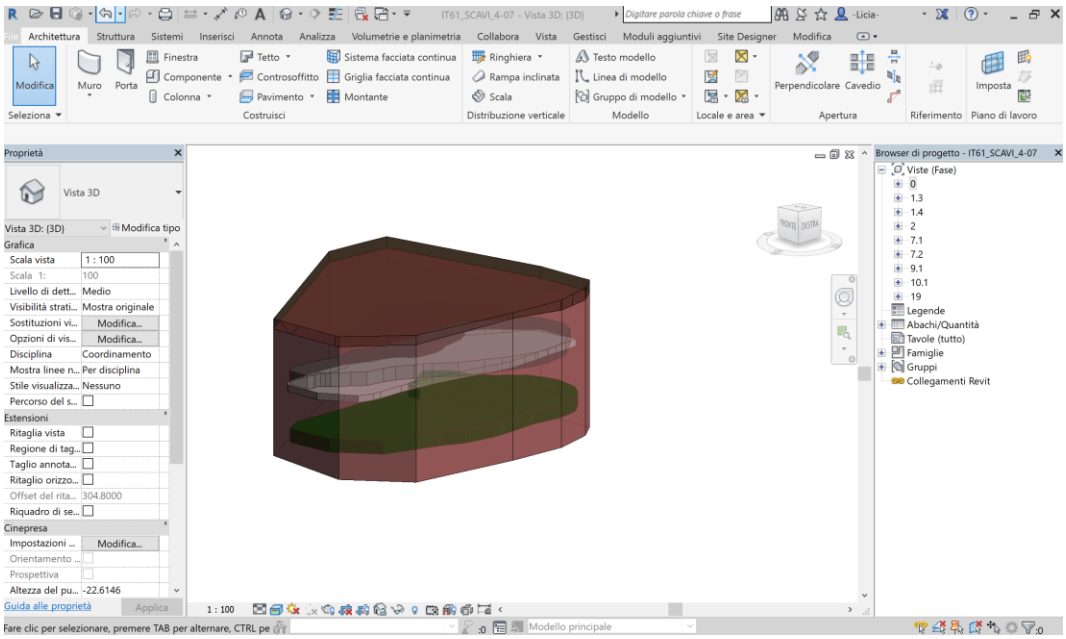


Figura 34 - Schermata Revit, Solidi stratigrafie

Sfruttando la possibilità di associare ad ogni oggetto del modello un corrispettivo set di dati ne risulta uno strumento informativo, utile alla consultazione e valutazione. A titolo di esempio per ogni stratigrafia rappresentata sono stati informatizzati i seguenti dati, utili alla definizione dell'attitudine del materiale allo scavo e al piano di utilizzo dei materiali:

Complesso litostratigrafico

Composizione

Spessore complesso

Grado di cementazione

Peso di volume

Successione stratigrafica

Falda acquifera

Ciò non toglie la possibilità di associare qualsivoglia altro parametro necessario.

Le caratteristiche suddette sono state inserite in Revit, come parametri condivisi. I parametri condivisi sono definizioni di parametri utilizzabili in più famiglie e progetti. Queste informazioni vengono memorizzate in un file indipendente da qualsiasi file di famiglia o progetto di Revit, in questo modo quindi, è possibile accedere al file senza vincoli rispetto al lavoro che si sta eseguendo. Con il concetto di parametro condiviso si identifica in definitiva, un contenitore di informazioni utilizzabili in più famiglie o/e eventualmente in altri progetti, tradotto quindi in guadagno di tempo ed efficienza nel processo.

In definitiva, si è ottenuto il modello informativo del sottosuolo. Tale strumento risulta il punto di partenza per valutazioni di carattere

generale. In Figura 35 e Figura 36 si riporta un'immagine del modello, come si può notare selezionando l'oggetto digitale viene fuori la rispettiva scheda informativa strutturata in precedenza (Figura 37).

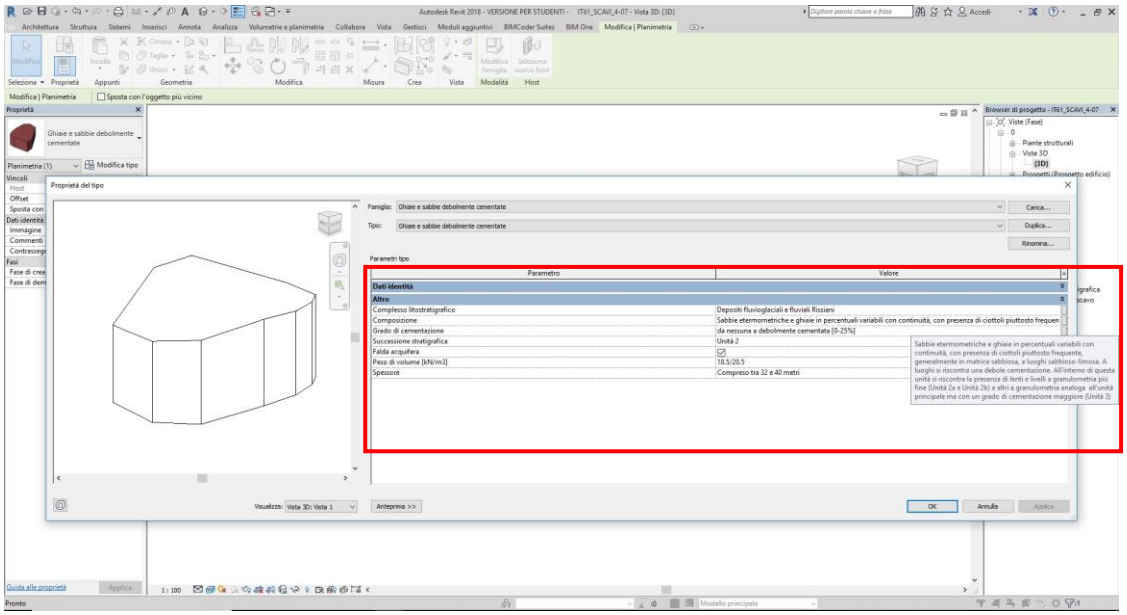


Figura 35 - Schermata Revit, info stratigrafie

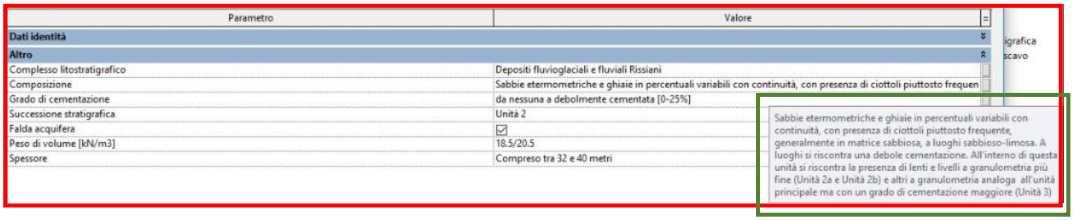


Figura 36 - Schermata Revit, proprietà del tipo

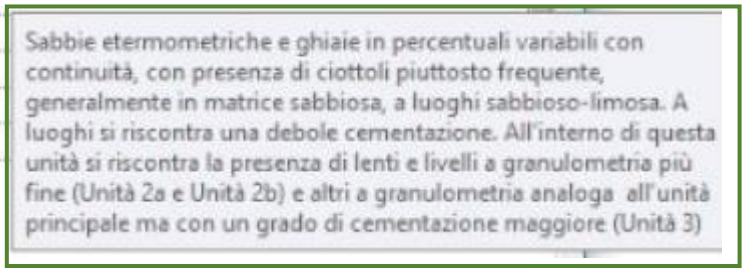


Figura 37 - Schermata Revit, descrizione parametro

4 Organizzazione di cantiere: terre e rocce da scavo

Col termine scavo vengono considerate tutte le operazioni connesse con l'asportazione del materiale e la conseguente creazione della cavità. L'organizzazione di cantiere, la movimentazione ed il trattamento dei volumi di scavo in termini di smaltimento o riutilizzo rappresentano argomenti verso i quali le autorità competenti stanno volgendo molto interesse soprattutto per le ripercussioni di carattere ambientale che queste attività possono comportare.

Per tale motivo, nella redazione di un progetto, si sta ponendo sempre più attenzione e dettaglio alla programmazione di un piano di intervento per la gestione e la contabilizzazione dei quantitativi di materiali provenienti dagli scavi, con riferimento ai materiali da riutilizzare ed alle conseguenti organizzazioni delle aree di cantiere e di deposito. Ad oggi infatti la progettazione di un'infrastruttura, non può prescindere dalla redazione di un "Piano di utilizzo del materiale proveniente dagli scavi". Tale elaborato definisce le modalità secondo le quali verranno prodotti e gestiti, nel corso delle fasi di costruzione di un'opera:

I materiali derivanti dalle attività di scavo;

I rifiuti derivanti dalle attività di costruzione.

Attualmente la trattazione di questa disciplina è regolamentata dalle normative vigenti, dalle prescrizioni emesse nel corso delle fasi autorizzative, dagli Enti competenti in materia, dalla politica

ambientale e non di meno dalle buone pratiche poste in essere dall'Appaltatore in coerenza con i requisiti della norma ISO14001.

Secondo la normativa le terre e rocce da scavo sono rifiuti speciali (codice CER 170504) la cui gestione deve avvenire ai sensi della normativa in materia di gestione rifiuti (Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.) a meno di applicare l'art. 185 (riutilizzo presso il sito di produzione) o l'art. 184-bis (sottoprodotto) del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. unitamente al D.M. Ambiente 10 agosto 2012, n.161.

Sulla G.U. n.221 del 21 settembre 2012 è stato pubblicato il "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo" adottato con il DM 10 agosto 2012 n.161. Tale regolamento è entrato in vigore il 6 ottobre 2012 e stabilisce le condizioni da soddisfare affinché le terre e rocce da scavo siano considerate sottoprodotti e non più rifiuti ai sensi dell'articolo 184 bis del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Tuttavia, si vuole specificare che attualmente le regolamentazioni sono cambiate, con il D.P.R 120/17 lo Stato ha voluto concentrare tutta la normativa in un unico corpo, abrogando tutte le diverse norme succedutesi nel tempo. Con il D.P.R. 120/2017 viene effettuato un riordino della disciplina delle terre e rocce da scavo con particolare riferimento a:

- gestione delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti;
- deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti;
- utilizzo nel sito di produzione di terre e rocce da scavo escluse rifiuti;
- gestione delle terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica.

Nel lavoro eseguito, comunque, si è fatto riferimento alla pianificazione effettuata in fase di progetto e quindi riferita a direttive non più vigenti.

Nel seguito, utilizzando il modello informativo precedentemente creato è stato possibile simulare l'avanzamento degli scavi, contabilizzare il materiale di risulta e definirne un processo semplificato di organizzazione dei volumi generati durante le diverse fasi di sterro. Il workflow per la realizzazione del lavoro è riepilogato in Figura 38.

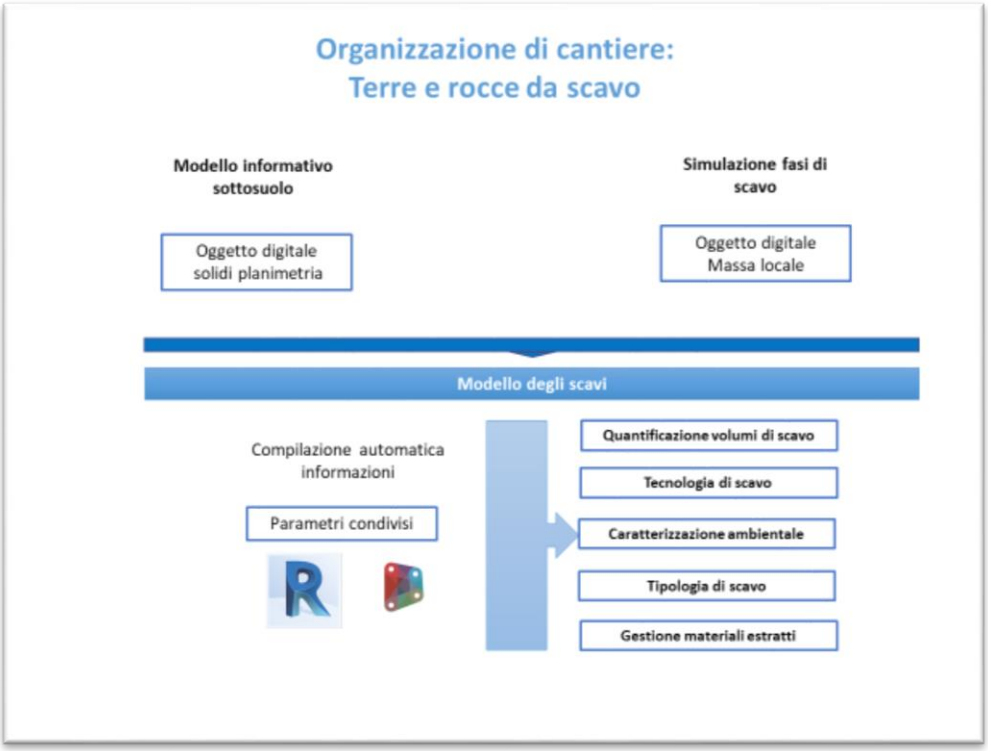


Figura 38 - Workflow organizzazione di cantiere

4.1 Simulazione degli scavi: il modello concettuale

La possibilità di suddividere in fasi i vari stadi di realizzazione di un'opera, risulta uno strumento indispensabile per la gestione di tutte le operazioni. In questo modo infatti, è possibile attribuire ad ogni fase le specifiche informazioni ad esse annesse e riprodurre in maniera

organizzata l'iter di realizzazione della Stazione Italia 61. Inoltre, attribuendo, ad ogni macro attività, una fase e a sua volta ad ogni fase l'arco temporale di riferimento è possibile stimare e in seguito controllare i tempi di realizzazione. Con specifico riferimento alle operazioni di scavo, la modellazione per fasi è un valido strumento per la gestione di cantiere. La possibilità di contabilizzare a monte i volumi di scavo consente di organizzare le operazioni di cantiere e la programmazione dei piani di smaltimento o riutilizzo dei materiali.

Nel processo di produzione del modello concettuale sono state prese in considerazione diverse alternative. Si è partiti dapprima con una ricerca sui possibili strumenti utilizzabili per la simulazione degli scavi in Revit, utilizzando come criterio, la preferenza nei riguardi di quei elementi che allo stesso tempo fornissero informazioni in merito al volume. Infatti, attualmente in Revit, non esiste uno strumento dedicato per la simulazione delle attività di sterro, o meglio ad oggi gli strumenti utilizzati per la quantificazione e definizione di uno scavo riguardano semplicemente la superficie topografica non potendo tener conto invece del suolo sottostante.

Come detto in precedenza quindi la scelta della metodologia è stata orientata verso oggetti che potessero da un lato rappresentare lo scavo e dall'altro definirne le caratteristiche quantitative e informative e allo stesso tempo giacessero nel solido raffigurante il sottosuolo precedentemente modellato. Per questo motivo si è deciso di rappresentare ogni volume di scavo con l'oggetto "massa" di Revit, Figura 39. In questo modo, l'inserimento delle masse modellate secondo la rispettiva geometria e profondità all'interno del solido rappresentativo del suolo circostante può fornire una visione globale e progressiva delle varie fasi di scavo.

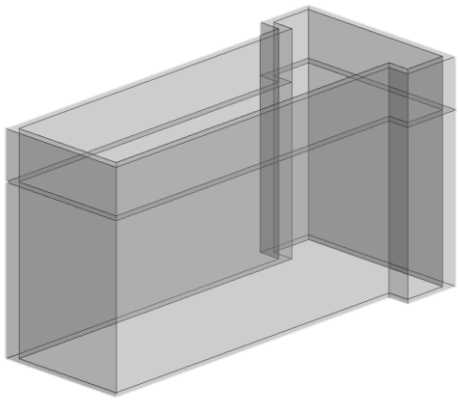


Figura 39 - Esempio di massa modellata in Revit, scavo diaframmi

Sono stati modellati rispettivamente gli scavi relativi alla costruzione dei diaframmi Figura 39, quelli relativi agli accessi e all'atrio della stazione e infine quelli verticali relativi al corpo stazione a ciascuno poi, è stata associata la rispettiva fase di esecuzione. In Figura 40 si riporta un esempio di vista 3D della Fase 1.3 e dell'attività ad essa associata, prescavo fino alla quota -1.5 m da p.c.

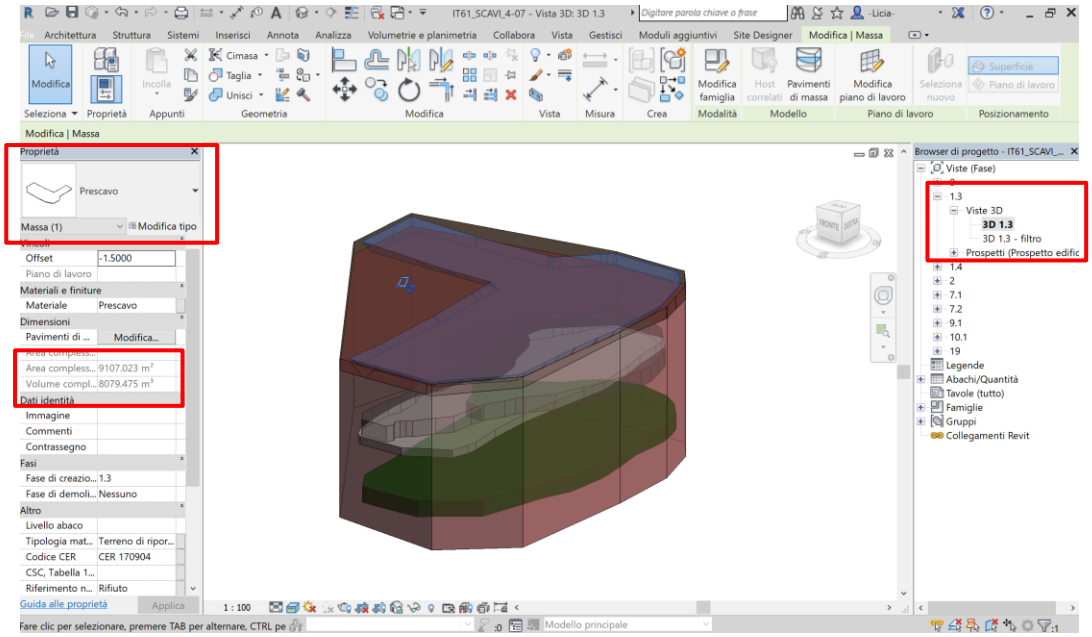


Figura 40 - Fase di scavo 1.3: Prescavo fino a -1.5 m da p.c.

Questo tipo di rappresentazione permette infine di poter identificare la tipologia di materiale interessata dallo scavo in oggetto, permettendo così le opportune scelte di cantiere. In riferimento alla Figura 40, si può notare che il prescavo interessa lo strato superficiale noto come terreno di riporto.

Nella seguente Figura 41 si riporta invece il modello concettuale corrispondente all'ultima fase di scavo (Fase 19), in cui appunto sono rappresentate tutte le masse modellate.

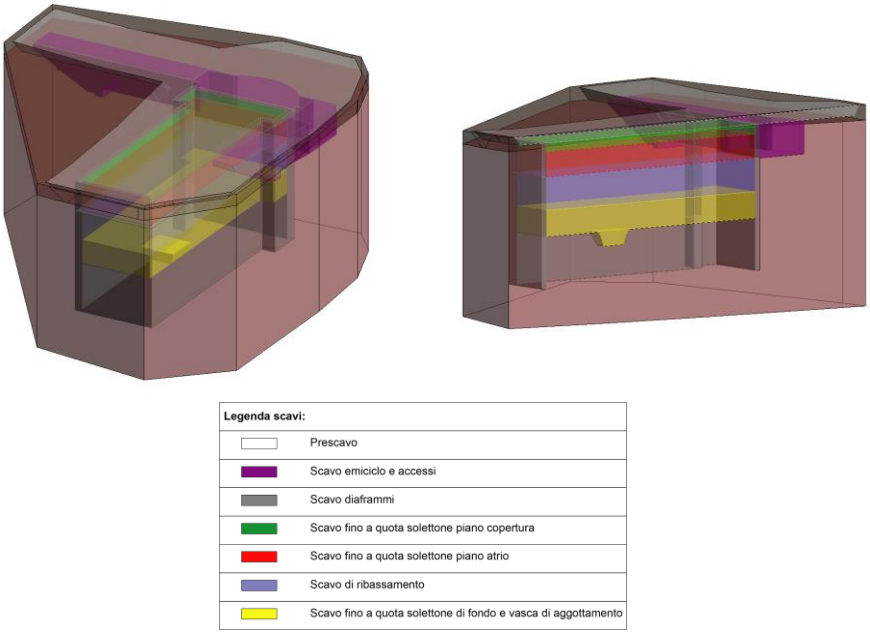


Figura 41 - Modello degli scavi, Fase di scavo 19

Inoltre, associando ad ogni scavo i parametri esplicativi è possibile estrapolare abachi per raccogliere tutte le informazioni necessarie.

A titolo di esempio in Figura 42, è riportato un abaco estratto dal software, in cui si ricavano le informazioni riguardanti le attività di scavo di ciascuna fase.

<Volumi di scavo>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Fase di scavo	Tipo di scavo	Profondità di scavo da p.c. [m]	Quota scavo s.l.m in metri	Tipologia materiale	Tecnologia di scavo	Pratica industriale	Volume in banco
1.3	Prescavo	-1.5	231.135	Terreno di riporto	Escavatore	/	8079 m³
1.4	Scavo diaframmi	-8.82	223.815	Terreno additivato	Idrofresa	Trattamento con dissabbiatore	1453 m³
1.4	Scavo diaframmi	-33.02	199.615	Terreno additivato	Idrofresa	Trattamento con dissabbiatore	4804 m³
2	Scavo verticale SC1	-3.52	229.115	Terreno naturale	Escavatore	/	2064 m³
7.1	Scavo verticale SC2	-8.82	223.815	Terreno naturale	Escavatore	/	5416 m³
7.2	Scavo emiciclo	-8.82	223.815	Terreno naturale	Escavatore	/	2051 m³
7.2	Scavo accesso Ovest	-8.82	223.815	Terreno naturale	Escavatore	/	1562 m³
7.2	Scavo accesso Est	-8.82	223.815	Terreno naturale	Escavatore	/	2086 m³
9.1	Scavo verticale SC3	-16	216.635	Terreno naturale	Escavatore	/	7337 m³
10.1	Scavo verticale SC4	-21.72	210.915	Terreno naturale	Escavatore	/	5845 m³
10.1	Scavo vasca di aggotamento	-24.87	207.765	Terreno naturale	Escavatore	/	156 m³
							40854 m³

Figura 42 - Abaco Revit, Volumi di scavo

In particolare, sono stati informatizzati all'interno del software i seguenti dati utili come parametri condivisi, la cui compilazione automatica è stata ottenuta mediante l'utilizzo di Dynamo. In riferimento alla tecnologia di scavo e all'eventuale pratica industriale necessaria è stato associato il parametro *Tipologia di materiale*. In questo modo infatti sulla base del valore assunto da questo parametro è stato possibile associare in maniera automatica, grazie ad uno script opportunamente elaborato in Dynamo, i parametri da esso derivanti: *Tecnologia di scavo* e *Pratica industriale.* In Figura 43, si riporta un estratto dello script creato (riportato in Allegato) per il settaggio di uno dei parametri suddetti (Pratica industriale).

Infine, dall'abaco si deduce il *Volume in banco* di ogni scavo relazionato alla rispettiva massa con cui si è modellato.

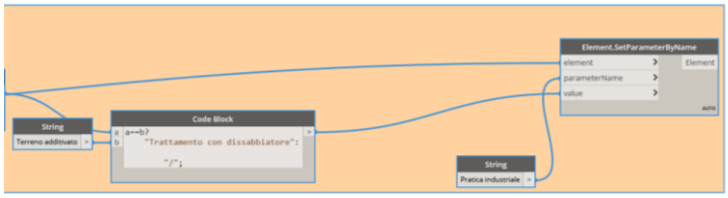


Figura 43 - Script Dynamo per compilazione parametro "Pratica industriale"

Si vuole far notare che si è optato per la programmazione assistita con Dynamo, per la compilazione di quasi tutti i parametri informativi.

In Allegato si riportano i rispettivi script utilizzati per la compilazione degli altri parametri.

Nella versione aggiornata del software è possibile inserire e selezionare input di scelta direttamente nell'interfaccia Lettore Dynamo, Figura 44.

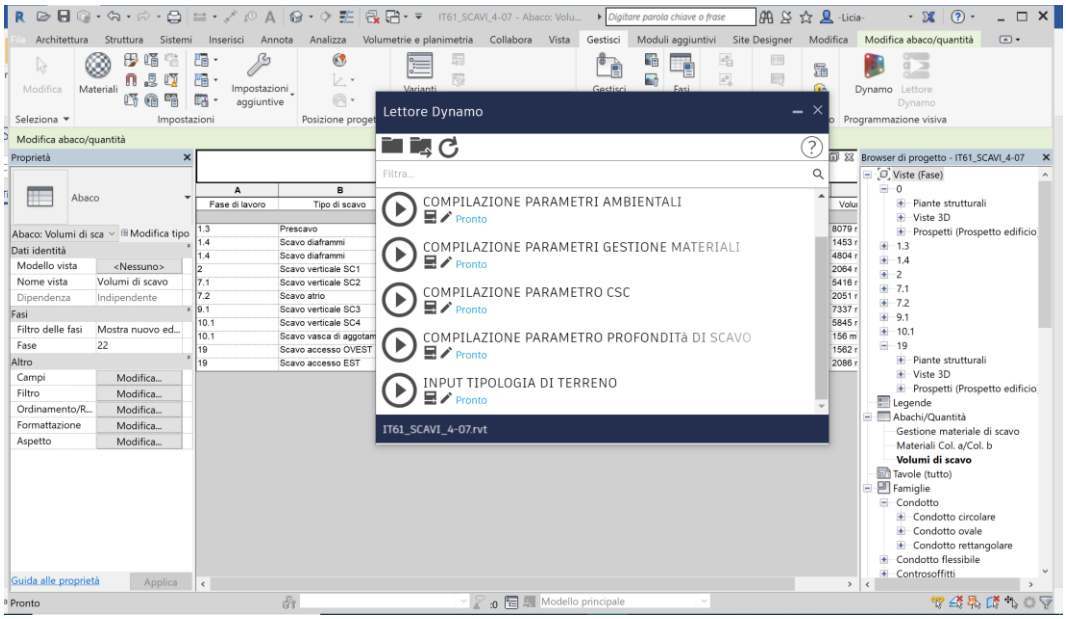


Figura 44 - Interfaccia lettore Dynamo in Revit

A titolo di esempio si riportano in Figura 45 e Figura 46, le immagini estrapolate dal software per l'inserimento del parametro *Tipologia di materiale* in Lettore Dynamo. Questo parametro è stato informatizzato per definire una prima classificazione in termini di gestione in cantiere dei materiali di scavo. Differenziandosi in:

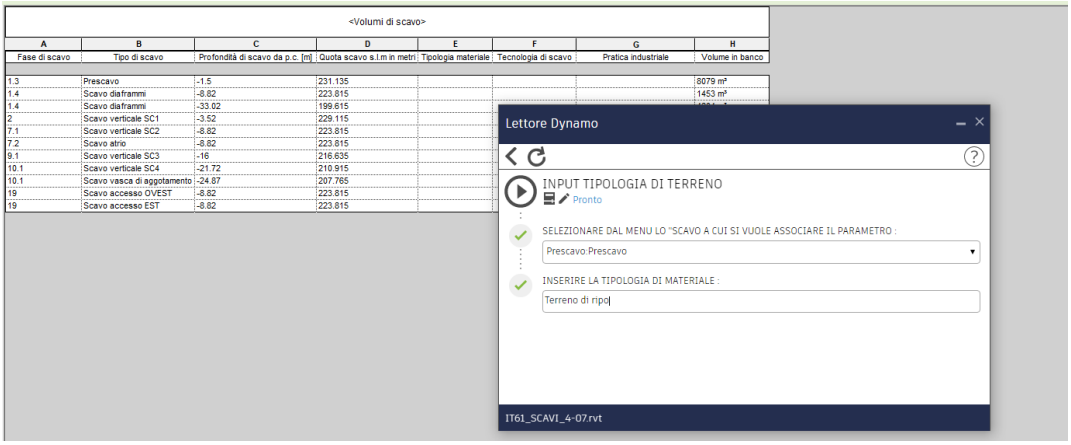
Terreno naturale

Terreno di riporto

Terreno additivato

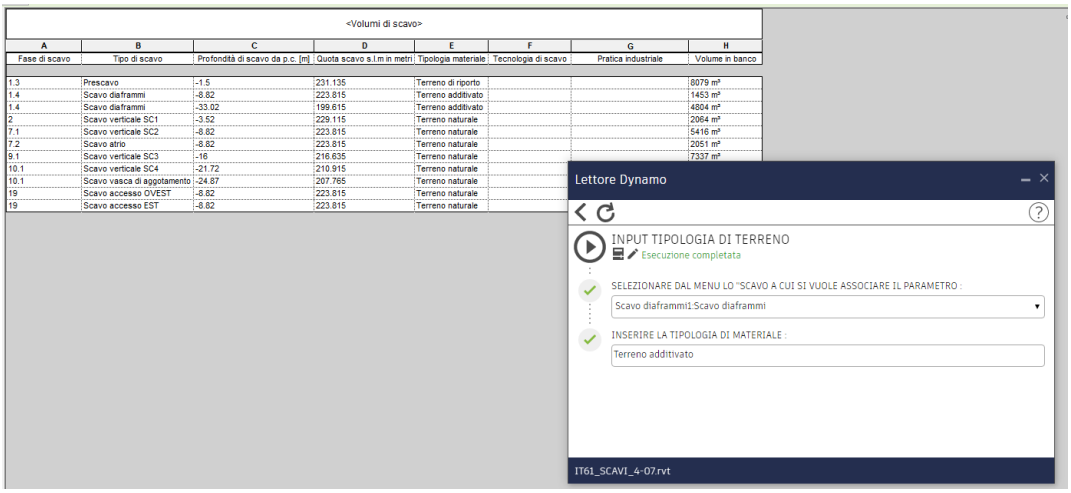
Con lo script precedentemente descritto infatti, vengono poi associati i parametri ad esso relazionati *Tecnologia di scavo* e *Pratica industriale*. Intendendo con il primo il mezzo di cantiere utilizzato per l'attività di scavo e con il secondo invece, viene definita l'eventuale operazione di trattamento sul materiale estratto. Il materiale di risulta

dallo scavo dei diaframmi infatti, è un suolo ricco in bentonite; è quindi oggetto di una normale pratica industriale con dissabbiatore.



A	B	C	D	E	F	G	H
Fase di scavo	Tipo di scavo	Profondità di scavo da p.c. [m]	Quota scavo s.l.m in metri	Tipologia materiale	Tecnologia di scavo	Pratica industriale	Volume in banco
1.3	Prescavo	-1.5	231.135				8079 m³
1.4	Scavo diaframmi	-8.82	223.815				1453 m³
1.4	Scavo diaframmi	-33.02	199.615				
2	Scavo verticale SC1	-3.52	229.115				
7.1	Scavo verticale SC2	-8.82	223.815				
7.2	Scavo atrio	-8.82	223.815				
9.1	Scavo verticale SC3	-16	216.635				
10.1	Scavo verticale SC4	-21.72	210.915				
10.1	Scavo vasca di aggotamento	-24.87	207.765				
19	Scavo accesso OVEST	-8.82	223.815				
19	Scavo accesso EST	-8.82	223.815				

Figura 45 - Lettore Dynamo, Input parametro



A	B	C	D	E	F	G	H
Fase di scavo	Tipo di scavo	Profondità di scavo da p.c. [m]	Quota scavo s.l.m in metri	Tipologia materiale	Tecnologia di scavo	Pratica industriale	Volume in banco
1.3	Prescavo	-1.5	231.135	Terreno di riporto			8079 m³
1.4	Scavo diaframmi	-8.82	223.815	Terreno additivato			1453 m³
1.4	Scavo diaframmi	-33.02	199.615	Terreno additivato			4804 m³
2	Scavo verticale SC1	-3.52	229.115	Terreno naturale			2064 m³
7.1	Scavo verticale SC2	-8.82	223.815	Terreno naturale			5416 m³
7.2	Scavo atrio	-8.82	223.815	Terreno naturale			2051 m³
9.1	Scavo verticale SC3	-16	216.635	Terreno naturale			7337 m³
10.1	Scavo verticale SC4	-21.72	210.915	Terreno naturale			
10.1	Scavo vasca di aggotamento	-24.87	207.765	Terreno naturale			
19	Scavo accesso OVEST	-8.82	223.815	Terreno naturale			
19	Scavo accesso EST	-8.82	223.815	Terreno naturale			

Figura 46 - Lettore Dynamo, Input parametro

4.2 Piano di utilizzo dei materiali

Alla luce delle normative sulle valutazioni di impatto ambientale, sulla gestione delle terre e rocce da scavo e sulla relazione fornita per il caso studio ("Piano di utilizzo del materiale proveniente dallo scavo delle stazioni e dei pozzi"), nel proseguimento è proposta una metodologia semplificata per la classificazione dei materiali di scavo e la pianificazione delle attività di recupero e smaltimento.

Come descritto in precedenza sono state effettuate nel corso della progettazione definitiva prima ed esecutiva poi, indagini atte alla caratterizzazione ambientale dei materiali secondo la normativa vigente. Per quanto concerne le attività antropiche pregresse, realizzate sul sito che possano aver compromesso la qualità ambientale dei terreni vi è il complesso ex Fiat Avio in cui comunque è stata effettuata una bonifica.

In particolare, generalmente viene richiesta da parte degli Enti la produzione di un protocollo in cui vengono riportate le modalità di caratterizzazione in fase di scavo dei materiali provenienti dall' opera per la verifica delle loro caratteristiche ambientali. Sulla base di tale elaborato e sui risultati delle analisi di laboratorio eseguite sui campioni prelevati si è dunque strutturato il lavoro seguente.

In considerazione dell'ubicazione dell'opera in oggetto, in sede di progetto è stato ritenuto che complessivamente la destinazione d'uso potesse essere assimilata a quella industriale, pertanto i materiali derivanti dagli scavi e che possono essere reimpiegati come terre e rocce da scavo ai sensi degli art. 183, 185 e 186 del D.Lgs 152/06 e s.m.i. devono rispettare le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla colonna B, Tabella 1 in Allegato V alla parte IV del D.Lgs 152/06.

Dalle indagini eseguite, in estrema sintesi i risultati hanno evidenziato alcuni superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alla colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5, Titolo V del D.Lgs 152/2006 e s.m.i. (Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) e nessun superamento rispetto alla colonna B.

In funzione degli esiti di caratterizzazione ambientale, condotta sui terreni oggetto di intervento quindi il materiale proveniente dagli scavi è stato gestito come terre e rocce da scavo in ottemperanza a quanto previsto dall. Art 186 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. o come sottoprodotto. In particolare, tenendo conto del fatto che il primo metro e mezzo circa dal piano campagna è costituito da riporti di origine antropica, allora tale materiale è stato gestito come rifiuto con codice CER 170904. Per la restante parte, il materiale è stato gestito come sottoprodotto (scavo diaframmi) o come terre e rocce da scavo (materiale naturale) secondo quanto previsto dall'art. 186 del D.Lgs 152/2006 e s.m.i.. Del materiale naturale, sebbene dai risultati si è evinto che solo sul campione alla profondità di circa 4m sono stati registrati superamenti delle CSC rispetto alla colonna B, in via cautelativa è stato ritenuto opportuno considerare conforme alla colonna A, solo due terzi della quota di materiale naturale complessivamente originato dallo scavo.

Tutto ciò è stato informatizzato secondo un processo automatico mediante l'utilizzo di Dynamo. In particolare, sono stati digitalizzati i seguenti parametri, in aggiunta a quelli precedentemente descritti:

> *Soggetto incaricato:* Il soggetto individuato al fine di raccogliere il materiale prodotto. Per la stazione Italia '61, l'ente responsabile è Perino s.r.l.
>
> *Riferimento normativa:* Tale parametro da un'indicazione sintetica, sulla base della caratterizzazione ambientale eseguita,

della tipologia di materiale in riferimento alla normativa. Esso è strettamente connesso al parametro *Tipologia di materiale*. La sua compilazione automatica infatti, è riferita a quest'ultimo. In riferimento alla normativa, il materiale estratto dagli scavi è stato quindi classificato come:

Rifiuto

Sottoprodotto

Terre e rocce da scavo da gestire come art.186

Volume cumulo: Tenendo conto del fattore di espansione che subisce il materiale una volta disposto in cumuli, tale parametro ne definisce il volume risultante.

CSC, Tabella 1 dell'Allegato 5, Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/2006: Questo parametro evidenzia la caratterizzazione in termini ambientali delle indagini sui campioni. In funzione della profondità di scavo le CSC sono risultate conformi rispettivamente alla:

Col. a

Col b

Codice CER: in riferimento ai soli materiali caratterizzati come rifiuti, tale parametro ne definisce il codice corrispettivo CER, ossia la sequenza numerica composta di sei cifre volte ad indicare il rifiuto, di norma, in base al processo produttivo da cui è originato. Nel caso specifico CER 170904, Rifiuti misti dall'attività di costruzione e demolizione.

Sito di deposito intermedio: Tale parametro indica il sito in cui il materiale da scavo è temporaneamente depositato in attesa del suo trasferimento al sito di destinazione previa caratterizzazione

integrativa in corso d'opera finalizzata a confermare gli esiti delle indagini eseguite per i materiali conformi alle CSC Col. A del D.Lgs 152/06. Per il caso in esame, non essendo stato possibile predisporre le aree di stoccaggio temporaneo presso il sito di produzione per mancanza di spazi idonei, l'area di deposito intermedio è stata predisposta presso ciascun sito di utilizzo.

Sito di destinazione: il sito, diverso da quello di produzione, in cui il materiale di scavo è utilizzato.

Riutilizzo: In funzione della caratterizzazione ambientale risultante, tale parametro indica la tipologia di utilizzo prestabilita rispettivamente:

Sottofondi/Rilevati (CSC, Col b)

Ritombamento (CSC, Col a)

Dunque, una volta inseriti tali parametri è stato definito uno script ad hoc per la loro compilazione automatica. A titolo di esempio si riportano quelli creati per l'assegnazione del parametro *CSC, Tabella 1 dell'Allegato 5, Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/2006,* Figura 47 e dei parametri *Sito di destinazione intermedio*, Figura 48 e *Riutilizzo*, Figura 49.

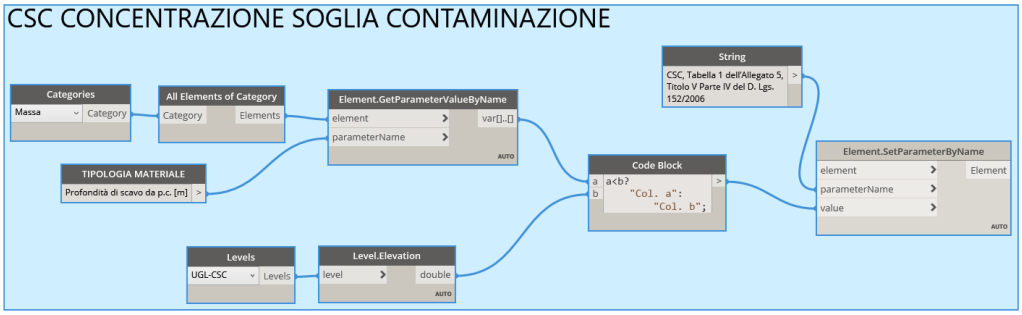


Figura 47 – Script Dynamo per compilazione parametro "CSC, Tabella 1 dell'Allegato 5, Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/2006"

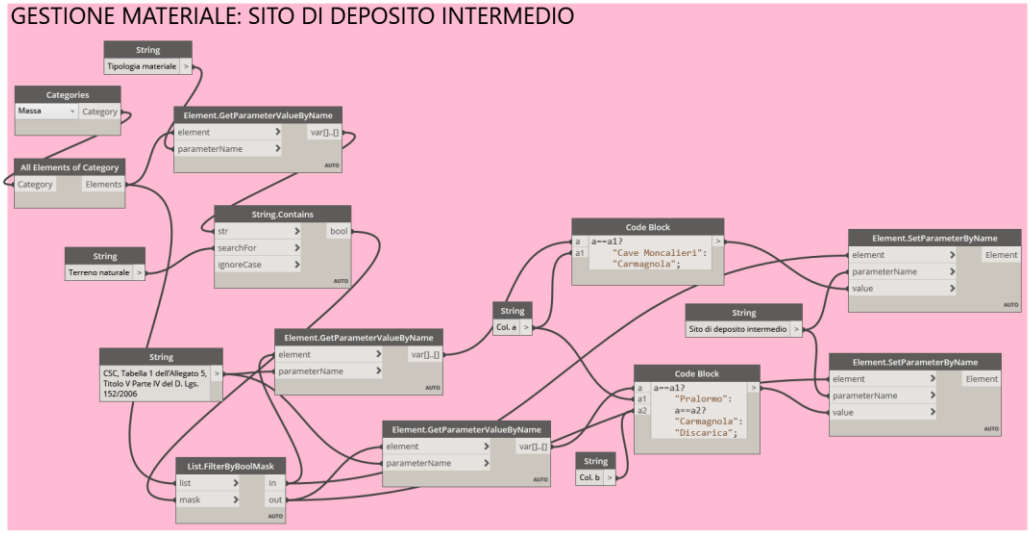


Figura 48 - Script Dynamo compilazione parametri "Sito di deposito intermedio"

Lo script in Figura 47 traduce il criterio con cui è stata fatta l'assegnazione del parametro suddetto. In considerazione della profondità alla quale sono stati riscontrati superamenti di alcuni valori chimici si è, dapprima, appositamente settato un livello di riferimento denominato UGL-CSC relativo alla profondità al di sopra della quale il materiale estratto è stato considerato appartenente alla Col. b. In relazione a questo e sulla base della profondità di scavo associata a ciascuna massa rappresentante gli scavi, è stato associato infine, a ciascun elemento scavo, il parametro di riferimento. In altre parole, tramite la funzione "IF", è stato definito se il parametro *Profondità di scavo da p.c* fosse o meno inferiore alla profondità limite CSC e in funzione del risultato, è stato definito il valore del parametro *CSC, Tabella 1 dell'Allegato 5, Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/2006.*

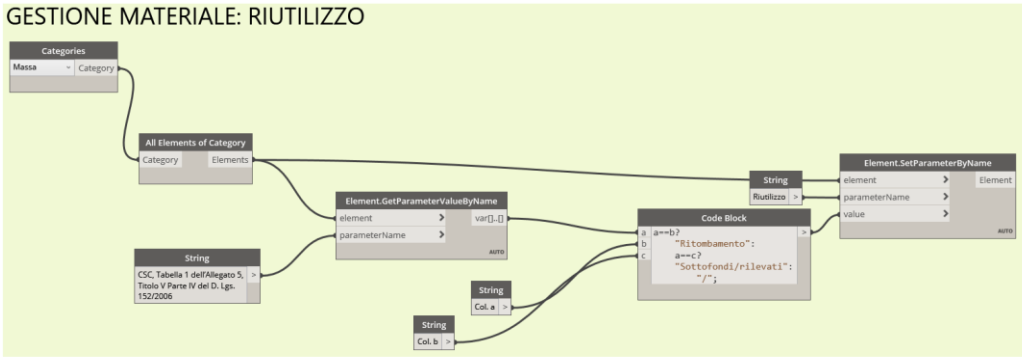


Figura 49 - Script di Dynamo compilazione parametro "Riutilizzo"

Nelle Figura 48 e Figura 49, invece sono mostrati i codici di programmazione creati per l'assegnazione dei parametri riguardanti la gestione del materiale di scavo. A seconda del valore assunto dal parametro relativo al CSC, e in funzione della tipologia di materiale il sito di deposito e la tipologia di riutilizzo sono stati rispettivamente Carmagnola e sottofondi/rilevati per i materiali conformi alla Col. b. Diversa è stata la procedura per l'assegnazione del destino dei materiali conformi alla Col.a. I materiali provenienti dagli scavi del corpo stazione sono stati destinati al ritombamento presso le Cave Moncalieri, quelli provenienti dallo scavo dei diaframmi invece, per il ritombamento della cava presso la società Industria Laterizi San Grato, ubicato in loc. Fornace S. Grato nel comune di Pralormo.

In definitiva è possibile estrapolare un abaco riassuntivo in cui in funzione della fase di realizzazione e del tipo di scavo, vengono dedotti i parametri impostati. In Figura 50 si riporta un abaco generato, riepilogativo dell'organizzazione di gestione del materiale.

<Gestione materiale di scavo>								
A	B	C	D	E	F	G	H	I
Fase di scavo	Tipo di scavo	Riferimento normativa	Volume in banco	Volume cumulo	CSC, Tabella 1	Codice CER	Sito di deposito intermedio	Riutilizzo
1.3	Prescavo	Rifiuto	8079 m³	10503 m³		CER 170904	Discarica	/
1.4	Scavo diaframmi	Sottoprodotto	1453 m³	1889 m³	Col. b	-	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
1.4	Scavo diaframmi	Sottoprodotto	4804 m³	6245 m³	Col. a	-	Pralormo	Ritombamento
2	Scavo verticale SC1	Terre e rocce da scavo da gestire come art.186	2064 m³	2684 m³	Col. b	-	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
7.1	Scavo verticale SC2	Terre e rocce da scavo da gestire come art.186	5416 m³	7041 m³	Col. b	-	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
7.2	Scavo emiciclo	Terre e rocce da scavo da gestire come art.186	2051 m³	2666 m³	Col. b	-	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
7.2	Scavo accesso Ovest	Terre e rocce da scavo da gestire come art.186	1562 m³	2031 m³	Col. b	-	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
7.2	Scavo accesso Est	Terre e rocce da scavo da gestire come art.186	2086 m³	2712 m³	Col. b	-	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
9.1	Scavo verticale SC3	Terre e rocce da scavo da gestire come art.186	7337 m³	9538 m³	Col. a	-	Cave Moncalieri	Ritombamento
10.1	Scavo verticale SC4	Terre e rocce da scavo da gestire come art.186	5845 m³	7599 m³	Col. a	-	Cave Moncalieri	Ritombamento
10.1	Scavo vasca di aggotamento	Terre e rocce da scavo da gestire come art.186	156 m³	203 m³	Col. a	-	Cave Moncalieri	Ritombamento
			40854 m³	53111 m³				

Figura 50 - Abaco gestione materiali di scavo

Eventualmente è possibile filtrare gli abachi prodotti allo scopo di ottenere specifici valori. Supponendo di voler calcolare i totali dei volumi di scavo in riferimento ai soli materiali conformi alla Col. b. e e al terreno naturale, aggiungendo il filtro di riferimento si ottiene il risultato in Figura 51.

<Materiali Col. a/Col. b>								
A	B	C	D	E	F	G	H	I
Fase di creazione	Tipo	Riferimento normativa	Profondità di scavo da p.c. [m]	Volume in banco	Volume cumulo	CSC, Tabella 1 dell'	Sito di deposito inte	Riutilizzo
2	Scavo verticale SC1	Terre e rocce da scavo da	-3.52	2064 m³	2684 m³	Col. b	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
7.1	Scavo verticale SC2	Terre e rocce da scavo da	-8.82	5416 m³	7041 m³	Col. b	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
7.2	Scavo emiciclo	Terre e rocce da scavo da	-8.82	2051 m³	2666 m³	Col. b	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
7.2	Scavo accesso Ovest	Terre e rocce da scavo da	-8.82	1562 m³	2031 m³	Col. b	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
7.2	Scavo accesso Est	Terre e rocce da scavo da	-8.82	2086 m³	2712 m³	Col. b	Carmagnola	Sottofondi/rilevati
				13180 m³	17133 m³			

Figura 51 - Abaco materiali di scavo

Infine, gli abachi generati in Revit, possono essere esportati in formato CSV e quindi importati come fogli di calcolo in ambiente Excel.

5 Coordinamento

Tra i numerosi punti di forza della metodologia BIM si trova la possibilità di integrazione e coordinamento tra le fasi progettuali e realizzative in un modello unico e centrale.

5.1 Il modello federato

Il corretto flusso delle informazioni è regolamentato dalla normativa PAS1192-2 (Publically Available Specification) di cui esiste la corrispettiva italiana UNI 11337, in queste viene introdotto il concetto di CDE, acronimo di Common Data Enviroment per la normativa inglese, a cui corrisponde ACDat (Ambiente di Condivisione Dati) in quella italiana.

La definizione del CDE rappresenta una parte fondamentale del processo di orientamento al BIM, in quest'ottica si definisce un ambiente di raccolta organizzata e di condivisione dei dati relativi a modelli ed elaborati digitali. In altre parole, il CDE rappresenta un'unica risorsa informatica all'interno della quale vengono immagazzinati e gestiti tutti i documenti relativi sia ai modelli grafici che alle informazioni non grafiche, essi sono disponibili per tutto il team di progetto.

La struttura del CDE (Figura 52) prevede pertanto la suddivisione nelle seguenti parti:

- Work-in-progress: ambiente in cui avviene il primo livello di produzione dei dati, che sono correntemente aggiornati e non ancora controllati e verificati per un utilizzo al di fuori del team autorizzato.

- Shared: area di condivisione, il passaggio a questo ambito avviene una volta che i dati sono stati controllati e verificati, definendo quindi il secondo livello di revisione della progettazione e dei modelli. A questo punto i dati, superate le verifiche, sono accessibili a tutti, viceversa possono tornare indietro alla fase WIP.
- Published: area di pubblicazione, il passaggio a questo ambito avviene quando la progettazione è stata validata a tutti gli effetti ed è pertanto pronta per le successive fasi procedurali e di esecuzione.
- Archive: storico della documentazione di progetto, area in cui vengono archiviate tutte le informazioni, incluse quelle condivise e pubblicate, in un'apposita cartella che identifichi chiaramente lo stato di archiviazione.

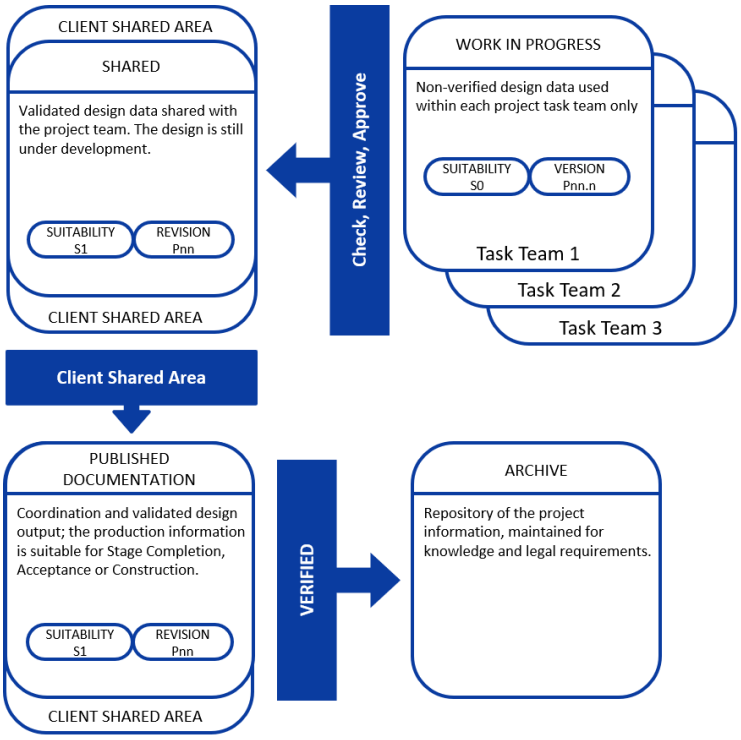


Figura 52 - Struttura CDE, PAS1192-2

Nonostante i contribuiti dei diversi autori siano condivisi in un ambiente unico, è sempre possibile individuare e identificare

univocamente le responsabilità derivanti dagli output individuali prodotti dai diversi membri del team di progetto.

Il cuore del processo di organizzazione di condivisione dai dati è rappresentato dal modello federato, Figura 53, costituito dall'unione dei modelli individuali prodotti dalle diverse discipline e volto a creare un singolo modello centrale dell'opera. Il modello federato è dunque un contenitore di tutte le informazioni riguardanti la struttura, e dovrà, secondo normativa, avere le seguenti caratteristiche:

- Accessibilità con regole prestabilite in funzione del ruolo all'interno del processo;
- Tracciabilità e successione storica di tutto il flusso;
- Supporto della maggior parte della tipologia di formati dati e loro elaborazioni;
- Possibilità di estrapolazione di informazioni mediante interrogazione;
- Possibilità di conservazione ed aggiornamento nel tempo;
- Garanzia di sicurezza e riservatezza;

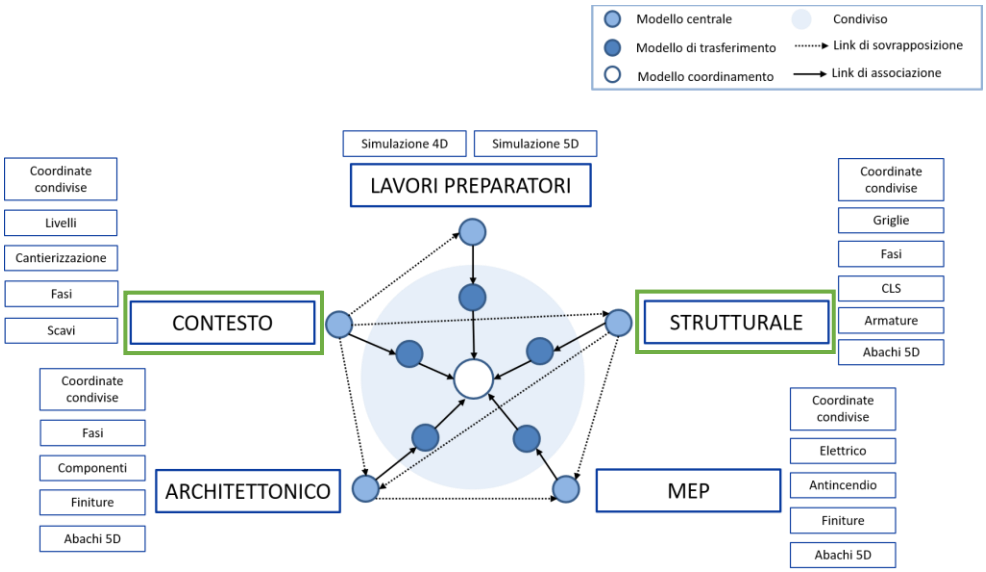


Figura 53 - Struttura esempio di un modello federato

La possibilità di lavorare in maniera coordinata garantisce inoltre una gestione automatizzata dei processi di revisione e di aggiornamento dei modelli e delle informazioni. Si evita così la ridondanza di dati e duplicazione degli stessi, errori o fraintendimenti che costituiscono l'attuale fonte principale di perdita di tempo e di denaro in fase di progettazione, costruzione e gestione dell'opera durante la condizione di esercizio.

Come anticipato in precedenza, grazie alla collaborazione con la collega Chiara Dettori si è giunti alla definizione del modello federato, inteso come il coordinamento tra il modello del contesto e il modello strutturale. Il software utilizzato per raggiungere tale obiettivo è stato Revit, il quale mette a disposizione due tipologie di approccio per la condivisione e la gestione delle informazioni: "Workset" e "Link".

La tipologia di condivisione Workset viene generalmente utilizzata da membri che lavorano alla stessa disciplina. I Worksets si basano sulla definizione di un modello centrale strutturato in maniera tale che i diversi membri del team possano acquisire una copia di questo, definita locale, Figura 54. Il modello centrale dev'essere collocato in una rete accessibile a tutta la squadra di progettazione, e in esso vengono memorizzate le informazioni di proprietà relative a tutti i Worksets e gli elementi del progetto. Ciascun utente dovrà sincronizzare il proprio modello a quello centrale per pubblicare e salvare le modifiche apportate e renderle visibili agli altri utenti.

Figura 54 - Tipologia condivisione Worksets

Questa tipologia di approccio presenta però alcune criticità. Nel caso in cui la rete internet sulla quale si appoggia il modello centrale sia poco prestante, nascono dei problemi legati alla sincronizzazione. Inoltre, il cambiamento della posizione del modello centrale in una directory diversa da quella prestabilita all'inizio del lavoro comporta la nascita di conflitti, e la sincronizzazione viene compromessa. Infine, la condivisione mediante questo approccio genera un modello centrale di dimensioni eccessive e quindi di difficile gestione.

Per tali ragioni si è scelto di proseguire il lavoro utilizzando l'approccio Link di Revit.

Per iniziare un modello federato, tutte le parti coinvolte devono essere d'accordo e stabilire un obiettivo comune.

Affinché i modelli congiunti abbiano la stessa localizzazione geografica, uno di questi deve dettare le coordinate e l'orientamento del progetto. Quindi la posizione di riferimento viene pubblicata nel modello centrale in cui a questo punto possono essere collegati i modelli inerenti le diverse discipline.

Infine, una volta ottenuto il modello federato, questo rappresenta una risorsa di visualizzazione e di accesso alle informazioni da cui è possibile inoltre effettuare un check dei dati in esso contenuti.

Per il caso studio in oggetto ci si è avvalsi di questo strumento per simulare la procedura di realizzazione della stazione Italia '61, descrivendone le attività di costruzione distribuite nel tempo.

Per prima cosa è stato creato il Template per le impostazioni iniziali del modello centrale che risultano analoghe a quelle utilizzate nei modelli linkati. Sono stati quindi definite:

- Fasi di realizzazione: inserite per la simulazione delle macro-attività in cui sono stati suddivisi i lavori di esecuzione.
- Livelli: altezze di riferimento utili alla modellazione

Il Template è stato poi associato al progetto: "IT61_Modello di coordinamento". Per prima cosa sono state acquisite le coordinate dal modello del conteso ed è stato quindi possibile procedere con il link dei due modelli, denominati rispettivamente "IT61_Modello del contesto" e "IT61_Modello strutturale", mediante coordinate condivise.

Si riporta in Figura 55, la rappresentazione 3D della Fase 9.1 in cui è rappresentato lo scavo di approfondimento del corpo centrale partendo dalla quota di imposta del solettone atrio.

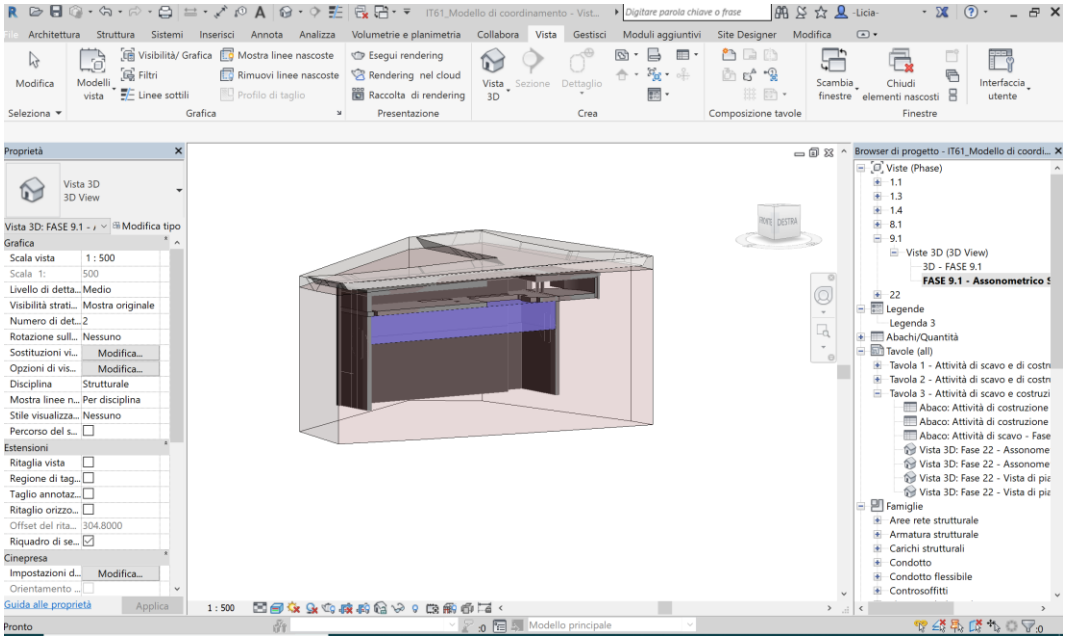


Figura 55 - Modello di coordinameno: Fase 9.1

A questo punto è stato possibile sfruttare il modello federato per estrarre informazioni inerenti alle attività di scavo e di costruzione. Precedentemente ad entrambi i modelli è stato associato un parametro denominato “arco temporale”, per identificare il tempo stimato per la realizzazione di ogni elemento. Quindi, estrapolando un abaco relativo alle attività di scavo e di costruzione, è stato possibile visualizzare l’intero processo distribuito nel tempo, che caratterizza la tecnica Top Down per i lavori di esecuzione della stazione Italia ’61.

Infine, poiché il software consente l’estrapolazione automatica di elaborati grafici, si riporta in Allegato un esempio, dove si possono osservare le varie attività inerenti ciascuna fase di costruzione.

Tuttavia, alla base del concetto di modello federato vi è l’unione di tutti i modelli relativi alle differenti discipline coinvolte nella progettazione dell’opera. Dunque, per poter rendere il modello centrale rappresentativo della struttura nella sua interezza, sarebbe necessario arricchirlo delle informazioni riguardanti gli altri ambiti

di progettazione, come per esempio quello architettonico e impiantistico.

6 Conclusioni e sviluppi futuri

L'utilizzo della metodologia BIM, nella gestione di un appalto, dalla progettazione fino all'esecuzione, si avvia a diventare un riferimento imprescindibile. Numerosi infatti, sono i vantaggi in termini di efficienza ed efficacia scaturenti dalla virtualizzazione dei processi nella filiera delle costruzioni. La digitalizzazione della gestione di un appalto però, rappresenta un'applicazione non convenzionale soprattutto nel caso in cui si abbia a che fare con le complessità attribuibili alla progettazione e realizzazione di un'opera civile.

Nel lavoro di ricerca eseguito, è stato proposto un approccio metodologico iniziale per la modellazione del contesto di un'opera in sotterraneo. Il modello digitale del terreno, in riferimento all'area di cantiere dell'opera, frutto dell'informatizzazione di indagini nel sottosuolo e acquisizioni topografiche, è particolarmente utile per la simulazione delle attività di scavo. In questo modo si è giunti alla definizione di un modello concettuale per l'organizzazione delle attività di cantiere. Infatti, dal modello è possibile estrapolare tutte le informazioni utili in merito ai risultati di caratterizzazione del materiale. Dunque, ricavare i volumi di scavo, la loro classificazione in termini ambientali e l'eventuale tipologia di riutilizzo e sito di destinazione secondo la normativa vigente.

La rappresentazione dell'ambiente in cui un'opera in sotterraneo si colloca non può però, prescindere dalla caratterizzazione idrologica del luogo. Infatti, per le valutazioni di impatto ambientale nella disciplina di organizzazione del cantiere, la posizione e il livello registrato della falda, le analisi chimiche condotte sulle acque, sono informazioni che non possono essere trascurate. Tuttavia, nell'ambito

del suddetto lavoro non è stato trattato quest'aspetto. Per quanto riguarda il caso oggetto di studio, è emerso che nella zona appartenente al comprensorio due (Area ex Fiat Avio), ossia dove si colloca l'accesso Est della stazione, i risultati ottenuti dalle analisi chimiche sulle acque hanno dimostrato un superamento dei valori soglia di alcuni parametri (Tabella 2 D.Lgs. 152/2006 parte IV, titolo V, Allegato 5). Ciò ha presupposto che il materiale scavato in quell'area potesse avere un rischio di contaminazione. Tuttavia, la profondità dello scavo raggiunto per la realizzazione dell'accesso Est, non arrivando al livello di quota registrato della falda ha escluso la possibilità di contaminazione del materiale.

Per quel che riguarda i possibili sviluppi futuri quindi, il lavoro svolto potrà essere accresciuto in primis, valutando la possibilità di implementare le informazioni riguardanti gli aspetti suddetti. Inoltre, nella concezione di virtualizzazione della metodologia, sarebbe opportuno cercare di informatizzare e rendere digitale quanti più dati possibili, come ad esempio, le relazioni geologiche, geotecniche, di caratterizzazione ambientale e i risultati delle relative indagini, al fine di poter aver sempre disponibili questi dati durante tutto il processo di progettazione e realizzazione dell'opera. In aggiunta, stando al contesto fortemente antropizzato in cui le costruzioni civili attuali vengono realizzate, bisogna tener conto dei numerosi sottoservizi interferenti con la costruzione delle opere. Dunque, un ulteriore aspetto da dover considerare è proprio l'acquisizione e digitalizzazione quanto più dettagliatamente possibile del posizionamento plano altimetrico dei sottoservizi. In genere infatti l'informazione sull'ubicazione delle fognature, linee telefoniche, tubi ecc. non è nota con precisione, l'aggiunta di queste informazioni nel modello, renderebbe l'organizzazione delle attività di costruzione più semplici. Attualmente infatti, la conoscenza sulla disposizione dei sottoservizi è limitata a informazioni CAD e disegni costruttivi

cartacei 2D, quindi è difficile capire da questi elaborati la posizione spaziale esatta di tutta la rete. Sarebbe opportuno quindi continuare la ricerca per valutare come convertire queste informazioni bidimensionali in 3D e implementarle nel modello.

Infine, per completare la definizione degli aspetti di cantierizzazione di un'opera, sarebbe opportuno aggiungere informazioni riguardanti le aree e i luoghi di lavoro e stoccaggio dei materiali, la logistica e i processi produttivi che avvengono sul luogo di lavoro e quindi tener conto della dinamicità che caratterizza la realizzazione di un'opera, anche a fronte della possibilità di modellazione per fasi.

In definitiva il vantaggio di integrare tutte le informazioni contestuali e costruire insieme in un unico modello l'opera e l'ambiente con cui interferisce risulta uno strumento estremamente utile, a breve e a lungo termine, per:

- valutare al meglio tutte le alternative in fase di progettazione;
- prevedere eventuali incongruenze in fase di costruzione;
- gestire le operazioni ordinarie di esercizio di un'opera.

Bibliografia e sitografia

Bland, J. (2014, Marzo 4). AGS Data Transfer Format .

Chiarelli, M. (2016). Il metodo top-down e bottom-up: Le stazioni della nuova metropolitana di Roma. *STRADE E AUTOSTRADE - n °119 Set/Ott 2016*.

Child, P., Grice, C., & Chandler, R. (n.d.). The Geotechnical Data Journey - How the Way We View Data is Being Transformed.

Coghe, M. (n.d.). IL BIM PER LE INFRASTRUTTURE, Concetti di base e sviluppi applicativi futuri .

Damiani, A., Crova, R., Macinelli, L., & Avitabile, E. (2018). I lavori di prolungamento della linea 1 della Metropolitana di Torino verso Bengasi. *STRADE E AUTOSTRADE 2-2018*.

Della'Acqua, G. (2018). Il BIM per infrastrutture lineari.

Menozzi, A. (2018, Marzo 26). BIM and TUNNEL Infrastructures Application.

Morin, G., Hassal, S., & Chandler, R. (n.d.). Case study - The real life benefits of Geotechnical Building Information Modeling.

Moroni, M. (2017). BIM e geologia, un binomio da promuovere. *PROFESSIONE GEOLOGO 52-2017*.

Osello, A. (2012). *Il futuro del disegno con il BIM.* Palermo: Dario Flaccovio Editore.

Osello, A. (2018). Modellazione parametrica.

Parry, S. (n.d.). Engineering Geological Models and Underground Construction.

Pavan, A. (n.d.). DIGITALIZZAZIONE DEL SETTORE COSTRUZIONI: UNI11337:2017.

R.J. Chandler, I. M. (n.d.). The role of geotechnical data in Building Information Modelling.

Svensson, M. (n.d.). GeoBIM for optimal use of geotechnical data.

Tawelian, L. R., & Mickovski, S. B. (n.d.). The Implementation of Geotechnical Data Into the BIM Process.

Zhang, J., Chonglong , W., Yuzhu, W., Yan, M., Yong , W., & Xiaoping, M. (2017, Agosto 20). The BIM-enabled geotechnical information management of a construction project.

http://www.edilportale.com/news/2015/10/focus/bim-a-cosa-serve-e-chi-lo-userà_48424_67.html [Marzo 2018]

https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ITA/Revit-GetStarted/files/GUID-7C76AE6F-21C2-4ADB-B1BA-44E4E29DFDFA-htm.html [Marzo 2018]

http://www.gisinfrastrutture.it/2013/02/autocad-civil-3d-per-geologi-e-geotecnici/ [Marzo 2018]

https://www.str.it/focus-bim/interoperabilita [Aprile 2018]

http://biblus.acca.it/unimportante-evoluzione-per-il-bim-il-lod-come-level-of-development/ [Aprile 2018]

http://www.geotechnicaldatahub.com/site-investigation-data-management-–-is-it-a-waste-of-time/ [Aprile 2018]

http://www.geotechnicaldatahub.com/geotechnical-laboratorys-guide-to-ags-data-part-ii/ [Maggio 2018]

http://www.infrato.it/it/italia61/ex/ [Marzo 2018]

https://it.wikipedia.org/wiki/Revit [Marzo 2018]

https://www.youtube.com/watch?v=IVsdCxhKDg8 [Marzo 2018]

https://www.ags.org.uk/data-format/v [Maggio 2018]

http://www.geoin.it/coordinate_converter/ [Maggio 2018]

https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Federated_building_information_model [Maggio 2018]

https://blog.888sp.com/ [Maggio 2018]

https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ITA/Revit-Collaborate/files/GUID-86810293-6510-4F5A-8009-27B4767CA136-htm.html [Maggio 2018]

http://dynamobim.com/forums/topic/extrude-a-toposurfacepolysurface/ [Maggio 2018]

http://www.anvu.it/wp-content/uploads/2017/08/70_-DPR-13-GIUGNO-2017-N-120-TERRE-E-ROCCE-DA-SCAVO.pdf [Maggio 2018]

https://dynamonodes.com/2016/01/12/familyinstance-bygeometry/ [Maggio 2018]

Allegati

1) Scheda: “Location Details”


```
Location ID,Location Type,Status,Easting,Northing,Latitude,Longitude,Elevation,Remarks,Well Cap,Final Depth,
P1 ARPA,"SH","HISTORIC","394703.38","4986656.60","45.0255409815","7.6634139524","235.00","","","45.00",
P3,"SH","PRELIM","394761.75","4986605.18","45.0250868595","7.6641654170","232.35","","","30.00",
P3 ARPA,"SH","HISTORIC","394713.05","4986521.32","45.0243249742","7.6635649974","233.77","","","44.00",
P4,"BH","PRELIM","394765.06","4986532.60","45.0244342502","7.6642226297","232.46","","","35.00",
PI-2,"BH","FINAL","394780.73","4986606.71","45.0251034855","7.6644059377","233.51","","","30.00",
PI-3,"BH","FINAL","394758.96","4986540.75","45.0245066744","7.6641435667","232.97","","","30.00",
PM12,"BH","HISTORIC","394716.43","4986665.18","","","235.43","","","35.00",
PM5 ARPA,"BH","HISTORIC","394668.74","4986625.17","45.0252529830","7.6629809537","235.46","","","27.00",
PM7-S39 ARPA,"BH","HISTORIC","394710.08","4986503.93","45.0241680329","7.6635309506","234.10","","","28.00",
S30 ARPA,"BH","HISTORIC","394707.22","4986583.53","45.0248839632","7.6634779865","233.42","","","15.00",
SCI-4,"BH","FINAL","394758.30","4986531.27","45.0244212826","7.6641371831","232.92","","","30.00",
SD1,"BH","PRELIM","394778.60","4986576.89","45.0248348496","7.6643851750","232.22","","","36.00",
SD1-4,"BH","FINAL","394763.13","4986547.63","45.0245691805","7.6641950160","233.07","","","30.83",
ST12,"BH","HISTORIC","394732.20","4986503.40","45.0241665405","7.6638117100","234.00","","","80.00",
```

2) Scheda “Field Geological Descriptions”

Location ID,Depth Top,Depth Base,Description,Legend Code,USCS,Geology Code,Geology Code 2,Stratum Reference,Geological formation,Remarks

P1 ARPA,"0.0","2.0","Terreno di riporto","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P1 ARPA,"2.0","4.0","Terreno di riporto","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P1 ARPA,"4.0","7.5","Sabbia e ghiaia","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P1 ARPA,"7.5","11.0","Puddinga sabbia e ghiaia cementate","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 3","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P1 ARPA,"11.0","15.0","Sabbia e ghiaia","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P1 ARPA,"15.0","19.0","Ghiaia e grossi ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P1 ARPA,"19.0","37.0","Sabbia e ghiaia","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P1 ARPA,"37.0","38.0","Argilla e ghiaia","","","Limi sabbiosi debolmente argillosi","Unità 6","","Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene: limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzure con fossili",""

P1 ARPA,"38.0","45.0","Argilla","","","Limi sabbiosi debolmente argillosi","Unità 6","","Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene: limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzure con fossili",""

P3,"0.0","1.5","Terreno di riporto","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P3,"1.5","18.0","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P3,"18.0","19.5","Ghiaia e sabbia cementata","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 3","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P3,"19.5","30.0","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P3 ARPA,"0.0","3.0","Terreno di riporto","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P3 ARPA,"3.0","12.0","Sabbia e ghiaia","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P3 ARPA,"12.0","16.0","Sabbia terrosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P3 ARPA,"16.0","17.0","Conglomerato a ciottoli e sabbia","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P3 ARPA,"17.0","25.0","Ghiaia con tracce di sabbia","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

P3 ARPA,"25.0","38.0","Sabbione con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
P3 ARPA,"38.0","44.0","Argilla","","","Limi sabbiosi debolmente argillosi","Unità 6","","Depositi d'ambiente marino neritico del Pliocene: limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzure con fossili",""
P4,"0.0","2.0","Terreno di riporto","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
P4,"2.0","13.6","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
P4,"13.6","18.5","Ghiaia e sabbia ","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
P4,"18.5","19.0","Ghiaia e sabbia con ciottoli alternata a liveli cementati","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 3","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
P4,"19.0","32.5","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
P4,"32.5","35.0","Sabbia debolmente limosa con ghiaietto","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2b","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
PI-2,"0.0","3.5","Terreno di riporto sabbioso-ghiaioso di colore marrone con ciottoli e rari frammenti lateritici","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
PI-2,"3.5","6.0","Sabbia e ghiaia di colore marrone con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
PI-2,"6.0","13.2","Sabbia debolmente limosa di colore marrone e ghiaia sciolta con ciottoli centimetrici.","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
PI-2,"13.2","19.5","Sabbia medio fine limosa di colore marrone, debolmente addensata.","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2a","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
PI-2,"19.5","26.0","Ghiaia media con sabbia di colore grigio in matrice debolmente limosa, e rari ciottoli centimetrici. Presenza di livelli cementati","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
PI-2,"26.0","27.4","Sabbia medio fine limosa, abbastanza addensata di colore marrone.","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 3","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
PI-2,"27.4","30.0","Ghiaia debolmente sabbiosa sciolta di colore marrone con presenza di ciottoli centimetrici","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""
PI-3,"0.0","3.0","Terreno di riporto sabbioso-ghiaioso di colore marrone con ciottoli e rari frammenti lateritici","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PI-3,"3.0","14.6","Sabbia e ghiaia di colore marrone asciutta con ciottoli centimetrici. Presenza di ciottoli alterati","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PI-3,"14.6","16.6","Sabbia medio fine limosa debolmente addensata satura alternata a livelli limoso argillosi di colore marrone.","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2a","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PI-3,"16.6","18.5","Sabbia medio fine limosa debolmente addensata satura alternata a livelli limoso argillosi di colore marrone","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2a","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PI-3,"18.5","20.5","Sabbia ghiaiosa di colore marrone sciolta, satura con ciottoli di dimensioni centimetriche.","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PI-3,"20.5","21.0","Ghiaia sabbiosa di colore marrone satura con ciottoli centimetrici e presenza di livelli di conglomerato alle quote di 20,5-21 m e 21,4-22,6 m da p.c.","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PI-3,"21.0","21.4","Ghiaia sabbiosa di colore marrone satura con ciottoli centimetrici e presenza di livelli di conglomerato alle quote di 20,5-21 m e 21,4-22,6 m da p.c.","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 3","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PI-3,"21.4","22.6","Ghiaia sabbiosa di colore marrone satura con ciottoli centimetrici e presenza di livelli di conglomerato alle quote di 20,5-21 m e 21,4-22,6 m da p.c.","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 3","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PI-3,"22.6","24.5","Ghiaia sabbiosa di colore marrone satura con ciottoli centimetrici e presenza di livelli di conglomerato alle quote di 20,5-21 m e 21,4-22,6 m da p.c.","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2a","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PI-3,"24.5","30.0","Sabbia ghiaiosa deboomente limosa di colore marrone satura, con ciottoli di dimensione centimetriche alternate a livelli centimetrici di conglomerato","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM12,"0.0","4.5","Terreno di riporto","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM12,"4.5","8.0","Sabbia limosa con ghiaia","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM12,"8.0","11.8","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM12,"11.8","13.4","Limo e sabbia debolmente argillosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2a","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM12,"13.4","25.5","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM12,"25.5","27.8","Limo e sabbia debolmente argillosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM12,"27.8","29.7","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM12,"29.7","32.0","Sabbia debolmente limosa con ghiaietto","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2b","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM12,"32.0","35.0","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"0.0","0.2","Conglomerato bituminoso","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"0.2","0.5","Riporto di ghiaia sabbioso limosa debolmente coesiva con frammenti di mattoni","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"0.5","3.6","Argilla limoso sabbiosa moderatamente consistente e plastica","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"3.6","5.0","Sabbia con ghiaia eterometrica e ciottoli con presenza di trovante quarzitico","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"5.0","10.5","Ghiaia eterometrica sabbiosa con presenza di livelli sabbioso limosa inglobanti ghiaia debolmente cementati","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"13.7","15.0","Sabbia debolmente ghiaiosa e rari ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"15.0","21.8","Limo debolmente cementato con clasti alterati","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"21.8","22.6","Limo debolmente cementato","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"22.6","24.3","Ghiaia eterometrica con sabbia e ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"24.3","25.4","Ciottolo e trovante","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM5 ARPA,"25.4","27.0","Ghiaia eterometrica sabbiosa e ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"0.0","0.4","Pavimentazione il legno e calcestruzzo","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"0.4","0.9","Sabbia debolmente limosa con ghiaia eterometrica","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"0.9","1.5","Limo sabbioso debolmente argilloso","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"1.5","4.0","Ghiaia eterometrica con sabbia limosa","","","Riporto antropico","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"4.0","5.6","Alternanza di sabbie debolmente ghiaiose e sabbie con ghiaia eterometricha","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"5.6","9.0","Ghiaia eterometrica con sabbia con presenza di livelli con alterazione e/o cementazione","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"9.0","9.3","Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"9.3","11.9","Sabbia con ghiaia eterometrica e ciottoli in livelli ","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"11.9","12.0","conglomerato in frammenti","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"12.0","12.2","Sabbia con ghiaia eterometrica","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"12.2","13.6","Ghiaia eterometrica con sabbia e ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"13.6","14.3","Sabbia debolmente ghiaiosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"14.3","15.0","Ghiaia eterometrica con sabbia e ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"15.0","16.3","Ghiaia eterometrica con sabbia","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"16.3","19.4","Sabbia fine debolmente limosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2a","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"19.4","20.1","Sabbia debolmente ghiaiosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"20.1","26.3","Ghiaia eterometrica con sabbia e ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

PM7-S39 ARPA,"26.3","28.0","Sabbia a livelli debolmente ghiaiosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

S30 ARPA,"0.0","0.3","Pavimentazione in legno e calcestruzzo","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

S30 ARPA,"0.3","3.0","Riporto di sabbia ghiaiosacon frammenti di mattoni e calcestruzzo","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

S30 ARPA,"3.0","6.0","Sabbia con ghiaia eterometrica","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

S30 ARPA,"6.0","10.0","Alternanza di sabbie e sabbie ghiaiose con rari ciottoli con presenza di livelli con clasti alterati e/o debolmente cementati","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

S30 ARPA,"10.0","11.6","Ghiaia eterometrica con sabbia con presenza di livelli conglomeratici e livelli con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

S30 ARPA,"11.6","13.9","Sabbia con ghiaia eterometrica e livelli a matrice limosa con presenza di trovante ","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

S30 ARPA,"13.9","14.3","Ciottoli alterati","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

S30 ARPA,"14.3","14.6","Sabbia con ghiaia eterometrica e livelli a matrice limosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

S30 ARPA,"14.6","15.0","Sabbia fine limosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

SCI-4,"0.0","3.0","Prescavo materiale di riporto","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

SCI-4,"3.0","4.1","Ghiaia ed elementi arrotondati poligenici eterometrici da centimetrici a decimetrici in matrice sabbioso limosa di colore marrone","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

SCI-4,"4.1","4.6","Limo sabbioso di colore grigio verde","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

SCI-4,"4.6","15.0","Sabbie limose di colore marrone ricche di clasti arrotondati poligenici ed eterometrici, generalmente centimetrici ma a luoghi a pezzatura decimetrica. A varie altezze si rinvengono livelli limoso sabbiosi di spessore decimetrico privi di clasti","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

SCI-4,"15.0","18.7","Limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone chiaro privi di inclusi","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2a","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

SCI-4,"18.7","20.1","Ghiaia ed elementi arrotondati poligenici decimetrici carotati anche in dischi di 5mm di spessore in matrice sabbiosa grossolana di colore marrone","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

SCI-4,"20.1","20.4","Sabbie grossolane leggermente limose di colore marrone ricche di clasti poligenici centimetrici cementate","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

SCI-4,"20.4","21.5","Sabbie grossolane leggermente limose di colore marrone ricche di clasti poligenici centimetrici","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

SCI-4,"21.5","22.6","Sabbie grossolane leggermente limose di colore marrone ricche di clasti poligenici centimetrici cementate","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

SCI-4,"22.6","30.0","Sabbie leggermente limose di colore marrone ricche di clasti poligenici da centimetrici a decimetrici","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

ST12,"0.0","4.0","Terreno di riporto","","","Riporto antropico","Unità 1","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

ST12,"4.0","15.2","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

ST12,"15.2","19.5","Limo e sabbia debolmente argillosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2a","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

ST12,"19.5","31.2","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

ST12,"31.2","36.4","Sabbia debolmente limosa con ghiaietto","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2b","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

ST12,"36.4","37.0","Ghiaia sabbiosa","","","Ghiaie, sabbie, ciottoli","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

ST12,"37.0","40.5","Ghiaia sabbiosa con ciottoli","","","Limi sabbiosi debolmente argillosi","Unità 2","","Depositi fluvioglaciali e fluviali Rissiani: ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice limosa",""

ST12,"40.5","80.0","Limo sabbioso debolmente argilloso","","","Limi sabbiosi debolmente argillosi","","","Depositi d'ambiente marino neritico del Pilocene: limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio azzurre con fossili ","",""

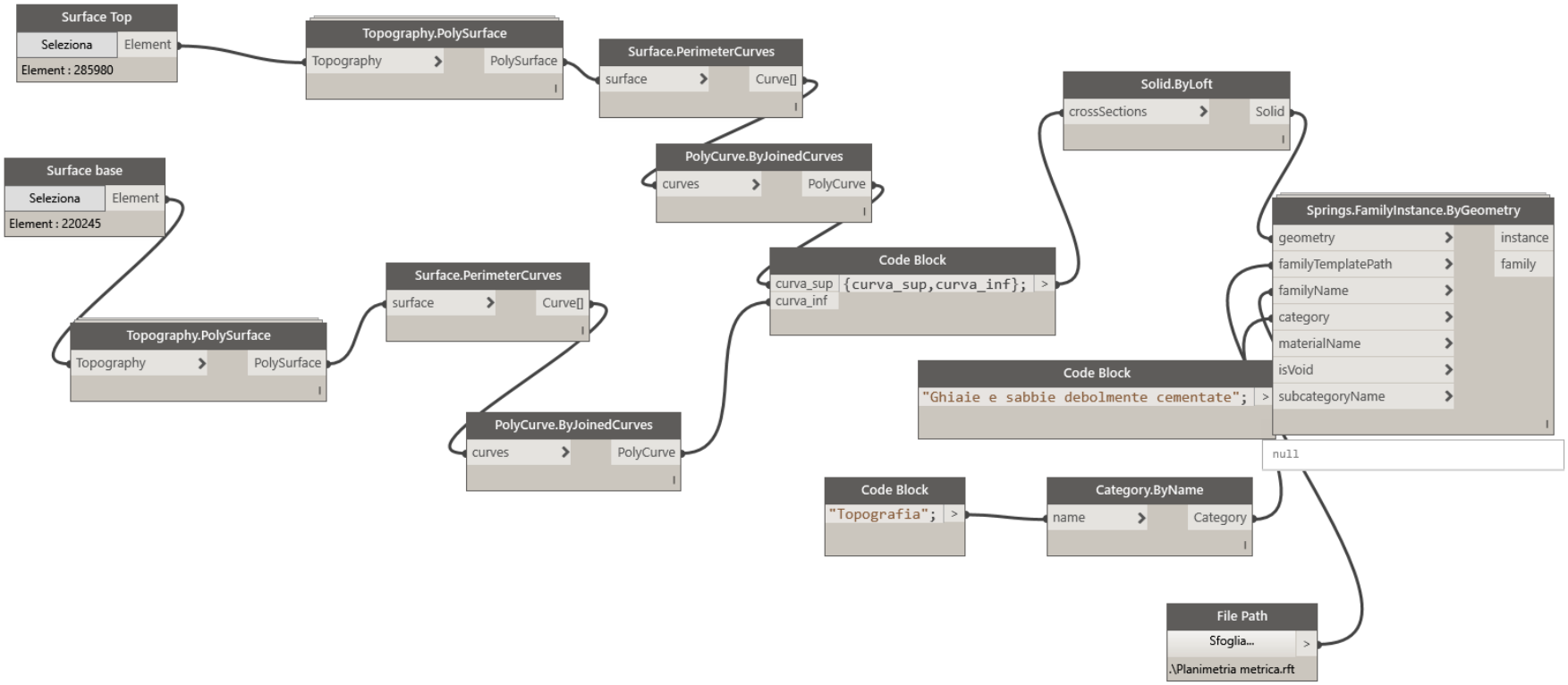
4) Impostazione livelli per codifica in Revit

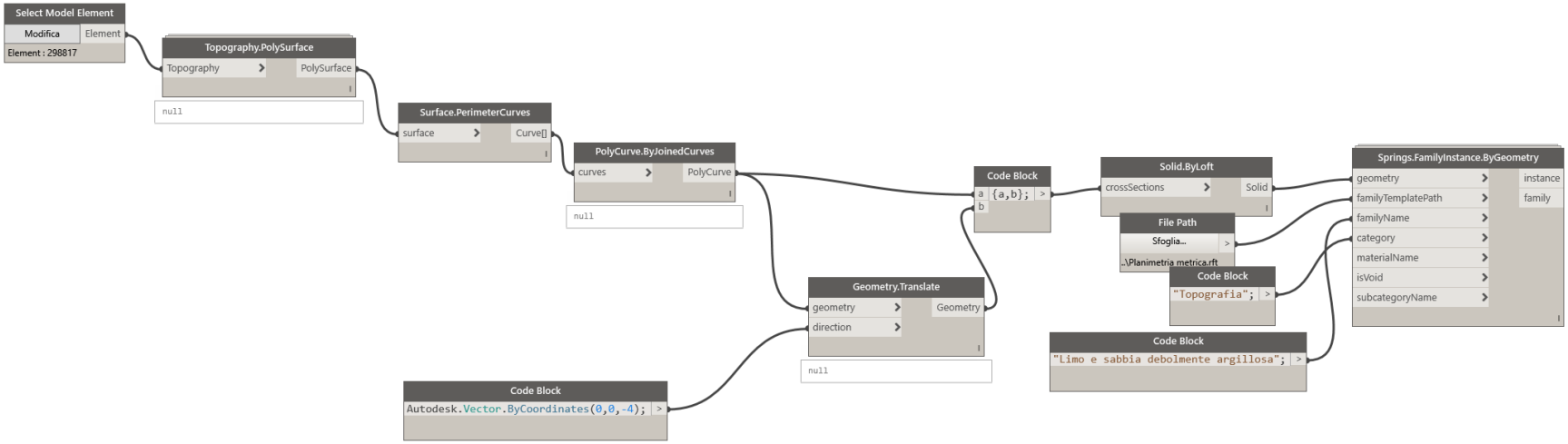
Livelli						
Nome livello	Livello [m] [sdr 1]	Quota slm [m]	Descrizione		Legenda	
GL-S0	0	232,635	quota piano campagna		Nome	Descrizione
UGL1-PSC	-1,5	231,135	prescavo di 1.5m compreso di getto di cls di livellamento		GL	Ground Level
UGL2-S1	-2,02	230,615	livello estradosso solettone di copertura e livello di inizio diaframmi	spessore solettone 1,50 m altezza diaframmi 31 m	UGL	Under Ground Level
UGL3-SC1	-3,52	229,115	scavo di sbancamento compreso di getto di cls di livellamento e livello intradosso solettone di copertura		PSC	Prescavo
UGL4-$S2_{scal}$	-7,85	224,785	estradosso solettone intermedio (atrio)-scalino	altezza scalino 0,45 m	S	Elemento strutturale
UGL5-S2	-7,62	225,015	estradosso solettone intermedio (atrio)		SC	Scavo
					C	Consolidamento
UGL7-SC2	-8,82	223,815	scavo fino alla quota atrio-intradosso solettone intermedio (atrio)	spessore solettone 1,20 m		
UGL8-C1	-9,32	223,315	quota inizio consolidamento con jet grouting bifluido (lato in-out tbm)			
UGL10-S3	-11,76	220,875	quota inizio diaframmi armati con barre in VTR	spessore intradosso-estradosso mezzanino 0,90 m		
UGL11-S4	-12,07	220,565	quota estradosso piano mezzanino	spessore intradosso-estradosso mezzanino 0,90 m		
UGL12-S5	-15,5	217,135	quota di posizionamento puntoni metallici riferita all'asse del puntone			
UGL13-SC3	-16	216,635	scavo fino a 0,5 alla quota di posizionamento di eventuali puntoni metallici			
UGL14-S6	-16,87	215,765	quota estradosso banchina	spessore bacnhina 0.3 m		
UGL15-S7	-20,22	212,415	quota estradosso solettone di fondo di spessore 1,5 m	pessore solettone di fondo 1.5 m		
UGL16-SC4	-21,72	210,915	scavo fino alla quota intradosso solettone di fondo comprensivo di cls magro di pulizia e livellamento (15 cm)			
UGL17-C2	-24,02	208,615	livello quota più alta del jet grouting	essore strato di jet-grouting 8,5 m		
UGL20-S_V	-24,87	207,765	quota vasca di aggottamento			
UGL18-C3	-28,02	204,615	livello quota più bassa del jet grouting	essore strato di jet-grouting 4,5 m		
UGL19-S8	-33,02	199,615	quota fine diaframmi			

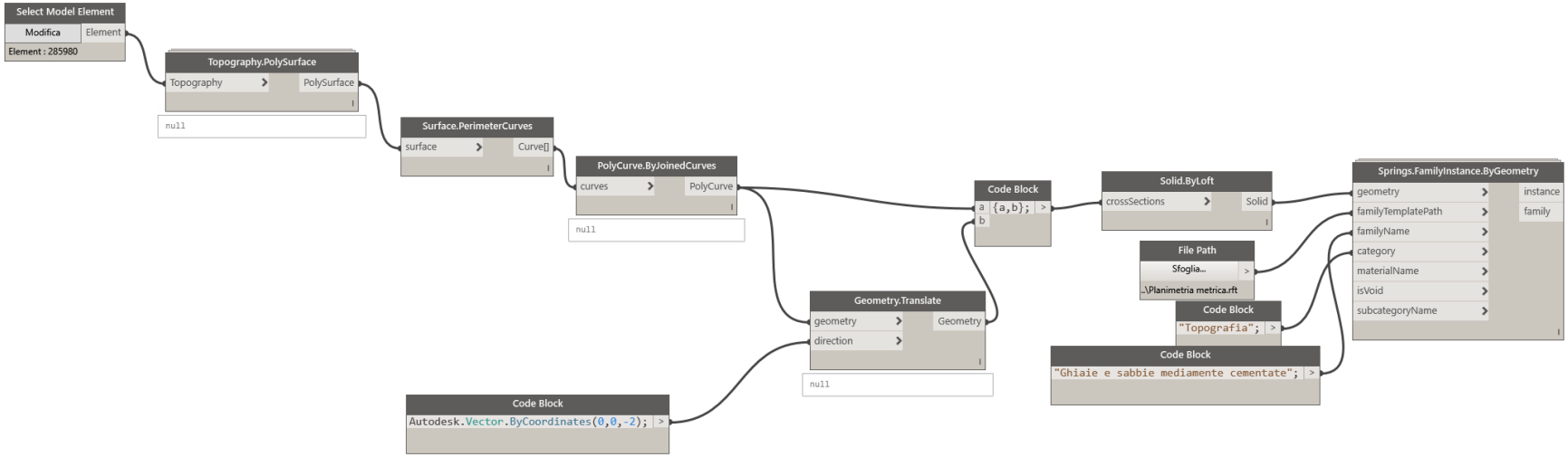
5) Impostazione fasi per codifica in Revit

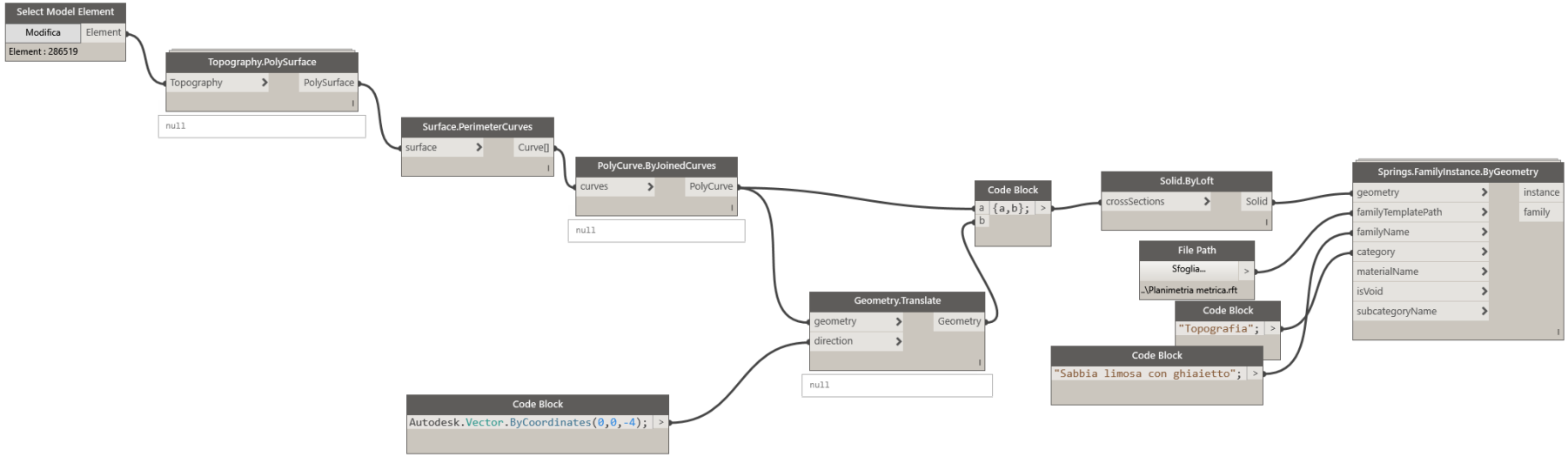
Fasi					
CAD		Modello BIM			BIM Strategy Document
Codice modello (etichetta e layer)	Codice layout		Nome	Descrizione	Descrizione estesa (documento)
			0	Stato di fatto	
			1.1	Studi	Studio criteri di funzionalità, localizzazione
			1.2	Operazioni preliminari	Operazioni preliminari: Delimitazione area di cantiere, deviazione pubblici servizi, bonifica ordigni bellici, rimozione e potatura alberi.
		PSC	1.3	Prescavo 1.5 m	Scavo controllato secondo le indicazioni dell'archeologo
			1.4	Esecuzione cordoli guida e diaframmi	Diaframmi del corpo centrale (s=120 cm) e dell'atrio superficiale; diaframmi in vtr per le zone in-out TBM
			1.5	Esecuzione dei pali in c.a.	pali in c.a (ϕ600) ad interasse 70 cm lato atrio
		SC1	2	Scavo di sbancamento e approfondimento del corpo centrale	Scavo controllato secondo le indicazioni dell'archeologo, fino alla quota di realizzazione del solettone di copertura considerando lo spessore del cls magro di pulizia e livellamento (min=10cm)
			3.1	Esecuzione tampone di fondo con Jet Grouting consolidamento terreno lato in-out TBM	Jet Grouting bifluido sezione ad "U" e spessore minimo di 4.5 m
			3.2	Consolidamento terreno lato atrio, locali tecnici, in-out TBM	Consolidamento con Jet Grouting bifluido o pali plastici per in/out TBM per un tratto di dim 14x14x14 mc.
			4	Preparazione piano di posa solettone di copertura	Preparazione del solettone di copertura mediante getto di cls magro di pulizia e livellamento (min 10cm) con sovrastanete stesa di foglio di polietilene
			5.1	Esecuzione solettoni di copertura corpo centrale	Previa scapitozzatura delle paratie di circa 50 cm per garantire la ricostruzione del nodo di trasmissione del momento tra paratia e copertura
			5.2	Predisposizione di armature opportune	Predisporre opportune armature atte a ricevere sia le armature provenienti dalle contropareti (che verranno eseguite successivamente) sia delle riprese per realizzare i pilastri.
			6	Esecuzione impermeabilizzazione	Esecuzione dell'impermeabilizzazione con guaina bituminosa e del massetto di protezione. questa fase e' da attuarsi poco prima del rinterro del massetto di copertura.
		SC2	7.1	Scavo di ribassamento fino al piano atrio	Scavo di ribassamento all'interno del corpo centrale sino alla quota di imposta del solettone intermedio a piano atrio oltre lo spessore del cls magro di pulizia e livellamento (min. 10 cm).
			7.2	Demolizione pannelli paratia lato atrio	Demolizione dei pannelli di paratia lato atrio, avendo cura di predisporre le armature necessarie per la creazione del successivo nodo con la soletta dell'atrio del corpo centrale.
			7.3	Realizzazione dei pilastri circolari	Realizzazione dei pilastri circolari del corpo centrale lato atrio da quota di imposta del solettone di fondazione del piano atrio fino a quota intradosso del solettone di copertura.
			7.4	Ricostruzione nodo trasmissione momento	Solo per la zona in corrispondenza dell'atrio, ricostruire un nodo di trasmissione del momento tra la paratia demolita e la soletta del piano atrio del corpo centrale.
			7.5	Predisposizione impermeabilizzazione e sistemi di collegamento provvisori	Per le restanti parti del piano atrio del corpo centrale, predisposizione dell'impermeabilizzazione e del sistema di collegamento provvisorio tra il solettone d'atrio stesso e le paratie mediante esecuzione di fori nei pannelli di paratia, inserimento di barre di armatura e intasamento dei fori con malta espansiva.
			7.6	Inserimento predisposizioni per l'intera soletta del piano atrio	inoltre, per l'intera soletta del piano atrio lasciare predisposizioni per: -ripristinare continuita' dell'impermeabilizzazione -dare continuita' alle armature longitudinali dellle contropareti laddove presenti -completare getto nell'attacco solaio ppiano atrio-contropareti -realizzazione aggancio contropareti alle paratie laddove previsto.
			7.7	Preparazione piano di posa del solettone intermedio (atrio)	Preparazione del piano di posa del solettone del piano atrio del corpo centrale mediante getto di cls magro di pulizia e livellamento (min. 10 cm) con sovrastante stesa di foglio di polietilene.
			8.1	Esecuzione del solettone intermedio	
			8.2	Posizionamento puntoni provvisori nelle asole	Porre puntoni provvisori da rimuovere solo dopo aver eseguito la platea, in corrispondenza delle seguenti asole: -asole passaggio impianti (ai lati dell'asola 'gruppo scale'): puntoni ϕ168.3/12.5mm, uno per ogni diaframma; -asola 'gruppo scale' centrale: 2 puntoni ϕ660.4/20 mm; -asola 'scale laterali': puntoni ϕ406.4/12.5mm, uno per ogni diaframma. i puntoni andranno rimossi dopo l'esecuzione della platea nel seguente ordine: prima i puntoni laterali (ϕ168.3) dopo, quelli centrali (ϕ660.4)
		SC3	9.1	Scavo di almeno 0.5 m al di sotto della quota di posizionamento dei puntoni metallici	
			9.2	Monitoraggio diaframmi	Monitoraggio dei diaframmi, con controllo delle deformazioni orizzontali. nel caso siano uguali o inferiori a quelle teoriche previste, potra' avviarsi lo scavo fino alla quota di posa della platea. in caso contrario, cioe' se le deformazioni dovessero essere superiori a quelle teoriche (oltre 5 mm), dovremo porre i puntoni provvisori prima di riprendere lo scavo.
		SC4	10.1	Scavo di ribassamento fino al solettone di fondo	Scavo di ribassamento sino alla quota di imposta del solettone di fondo oltre allo spessore del cls magro di pulizia e livellamento (circa 15cm).
		SC5	10.2	Scavo di ribassamento per esecuzione vasca di aggottamento	Ulteriore scavo di ribassamento a sezione obbligata per l'esecuzione della vasca di aggottamento.
			10.3	Posa della rete di terra	
			10.4	Predisposizione dei dreni orizzontali sul fondo scavo	
			10.5	Preparazione piano di posa del solettone	Preparazione del piano di posa del solettone di fondo mediante getto di cls magro di pulizia e livellamento (min. 15 cm)
			11	Posa e collaudo dell'impermeabilizzazione	
			12	Esecuzione solettone di fondo e vasca di aggottamento	Esecuzione del solettone di fondo e vasca di agottamento. N.B: i dreni orizzontali, disposti al di sotto del solettone di fondo, dovranno rimanere attivi fino a che non saranno completamente realizzate le strutture interne.
			13	Rimozione eventuali puntoni	
			14	In TBM	Arrivo TBM in stazione
			15	Out TBM	Proseguimento scavo verso Lingotto
			16	Montaggio protezione interna impianti	Montaggio della protezione interna che separa la 'galleria' dove permangono gli attraversamenti degli impianti di servizio della tbm (tubazioni e nastri). tale parte rimane inaccessibile dalla stazione sino al completamento della galleria o allo spostamento dei servizi in altra stazione.
			17	Esecuzione strutture interne del corpo stazione	Esecuzione delle strutture interne del corpo stazione (fodere, banchine, pilastri, mezzanino, scale) dal basso verso l'alto previa posa in opera dell'impermeabilizzazione delle fodere.
			18	Esecuzione micropali e travi di coronomanento	Esecuzione dei micropali con le rispettive travi di coronomaneto sia per la zona degli accessi all'atrio sia in corrispondenza delle aperture di collegamento con i vani di ventilazione e l'ingresso dei materiali.
		SC6	19	Esecuzione scavi nelle zone micropali	Esecuzione degli scavi in corrispondenza delle zone delimitate dai micropali anche nella zona piano atrio.
			20	Completamento solaio di copertura corpo centrale	completamento (strutture ed impermeabilizzazioni) del solaio di copertura del corpo centrale.
			21	Demolizione pannelli per accessi	Demolizione dei pannelli di paratia sia dell'atrio superficiale in corrispondenza degli accessi sia delle aperture di collegamento con i vani ventilazione ed ingresso materiali. tali demolizioni si eseguiranno dalle rispettibe quote d'estradosso dei solettoni dei piani atrio fino a quota intradosso dei rispettivi solettoni di copertura.
			22	Completamento atrio superficiale, accessi e griglie superficiali	Completamento dell'atrio superficiale, degli accessi e delle griglie di ventilazione. Per l'atrio superficiale: -preparazione del piano di posa del solettone di fondo mediante getto di cls magro di pulizia e livellamento (min. 15 cm) con interposto strato di impermeabilizzazione. -esecuzione strutture interne dell'atrio (soletta di fondazione, muri e pilastri circolari) dal basso verso l'alto con preventiva posa dell'impermeabilizzazione. -demolizione dei setti di paratia provvisori, per gli accessi e le griglie di ventilazione. -realizzazione di tutte le opere con rimozione delle eventuali strutture metalliche di contrasto e preventiva posa dell'impermeabilizzazione

6) Script Dynamo creazione solidi

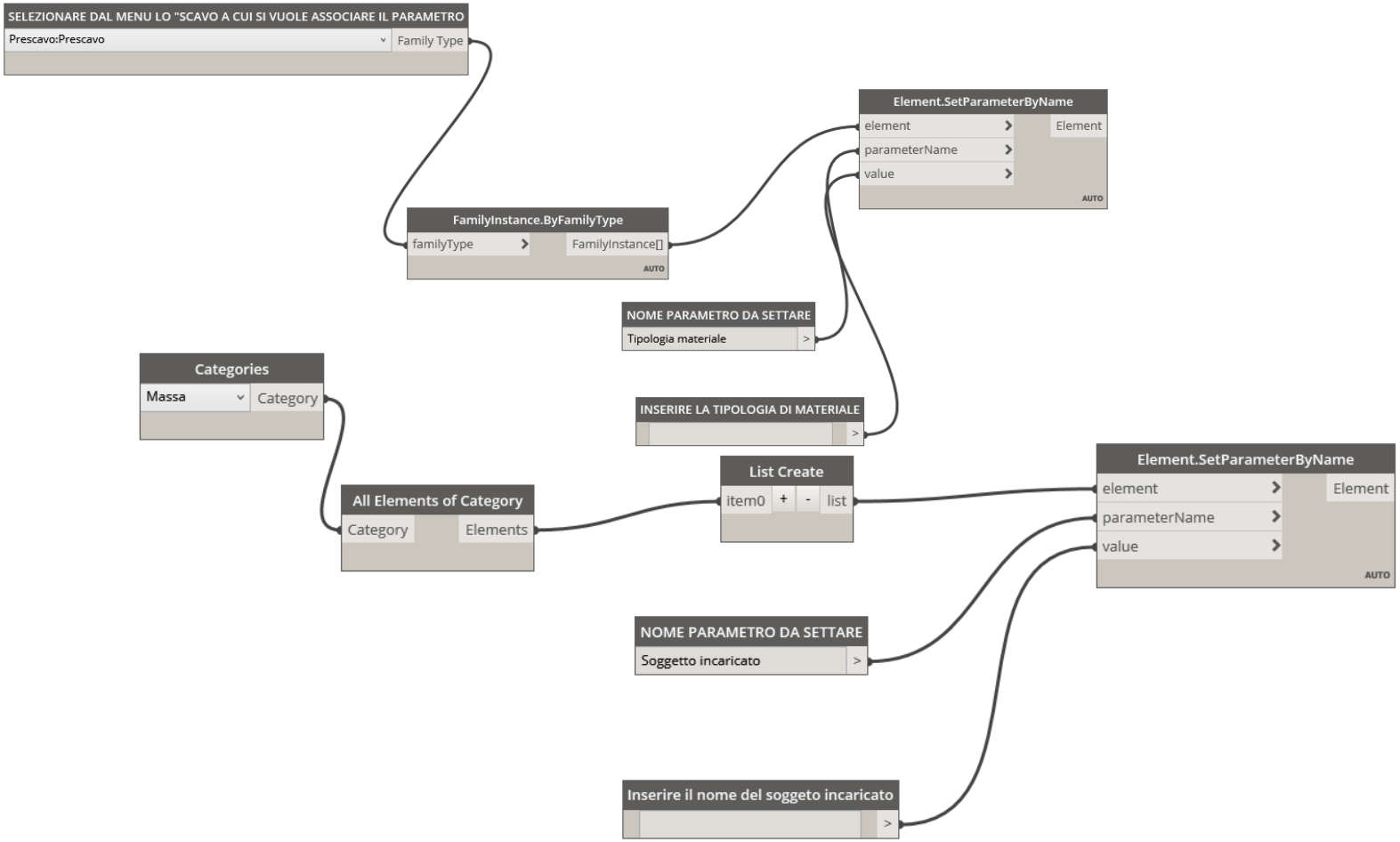


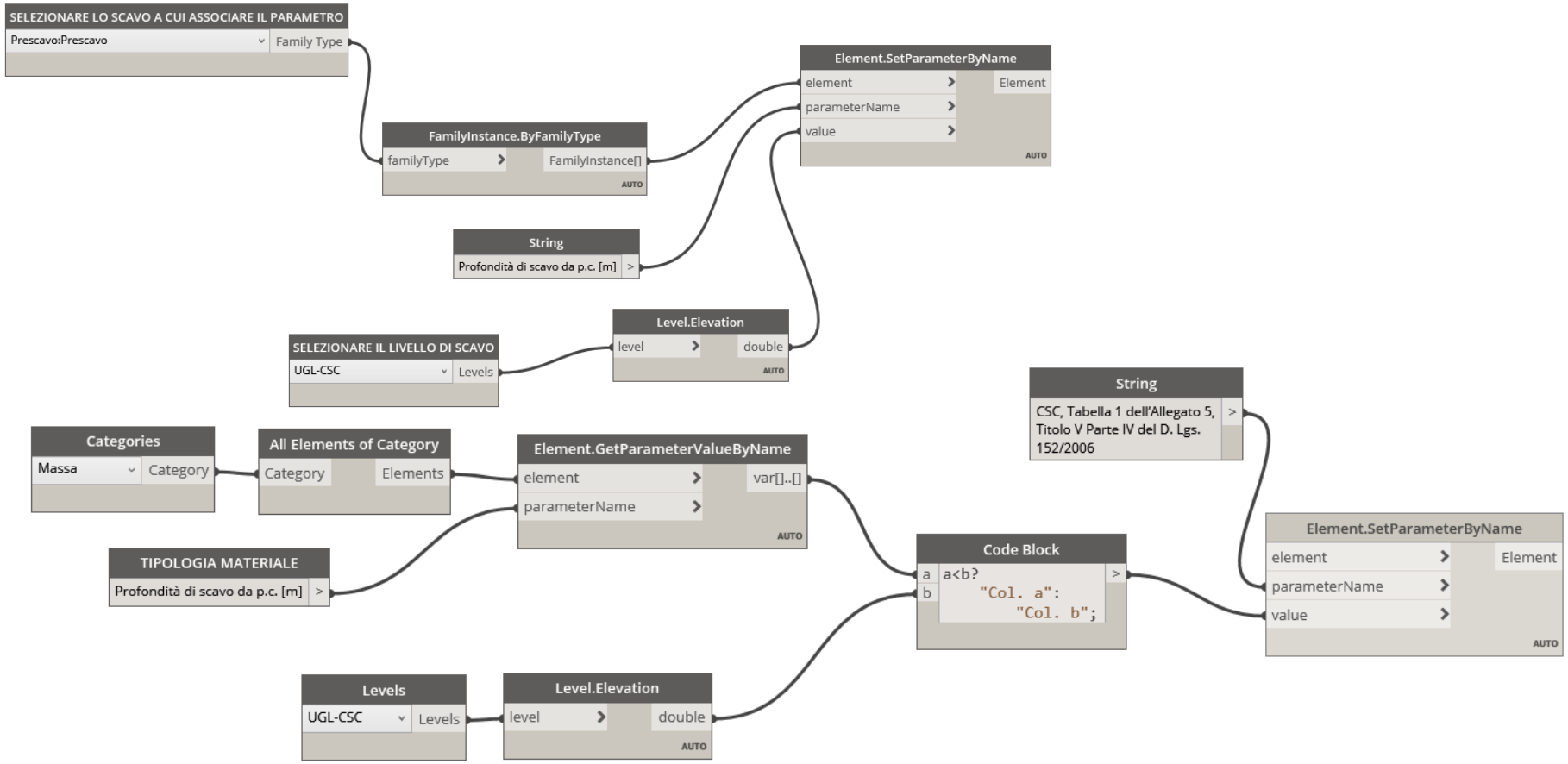

Select Model Element
Modifica
Element
Element : 298817
Topography.PolySurface
Topography
PolySurface
null
Surface.PerimeterCurves
surface
Curve[]
PolyCurve.ByJoinedCurves
curves
PolyCurve
null
Code Block
a
{a,b};
b
Solid.ByLoft
crossSections
Solid
File Path
Sfoglia...
..\Planimetria metrica.rft
Code Block
"Topografia";
Code Block
"Limo e sabbia debolmente argillosa";
Springs.FamilyInstance.ByGeometry
geometry
familyTemplatePath
familyName
category
materialName
isVoid
subcategoryName
instance
family
Geometry.Translate
geometry
direction
Geometry
null
Code Block
Autodesk.Vector.ByCoordinates(0,0,-4);

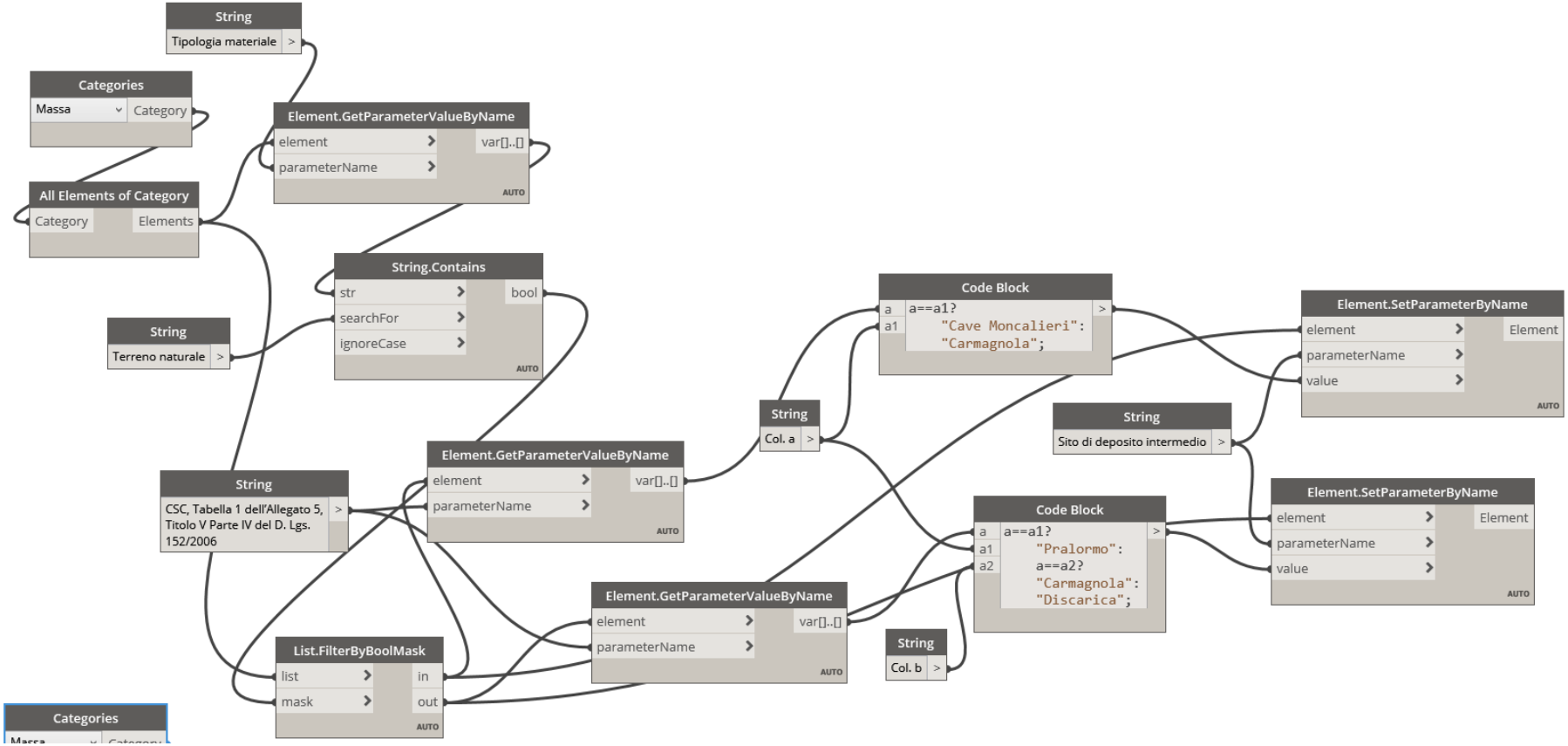

Select Model Element
Modifica
Element
Element : 285980
Topography.PolySurface
Topography
PolySurface
null
Surface.PerimeterCurves
surface
Curve[]
PolyCurve.ByJoinedCurves
curves
PolyCurve
null
Code Block
a
{a,b};
b
Solid.ByLoft
crossSections
Solid
File Path
Sfoglia...
..\Planimetria metrica.rft
Code Block
"Topografia";
Code Block
"Ghiaie e sabbie mediamente cementate";
Springs.FamilyInstance.ByGeometry
geometry
familyTemplatePath
familyName
category
materialName
isVoid
subcategoryName
instance
family
Geometry.Translate
geometry
direction
Geometry
null
Code Block
Autodesk.Vector.ByCoordinates(0,0,-2);

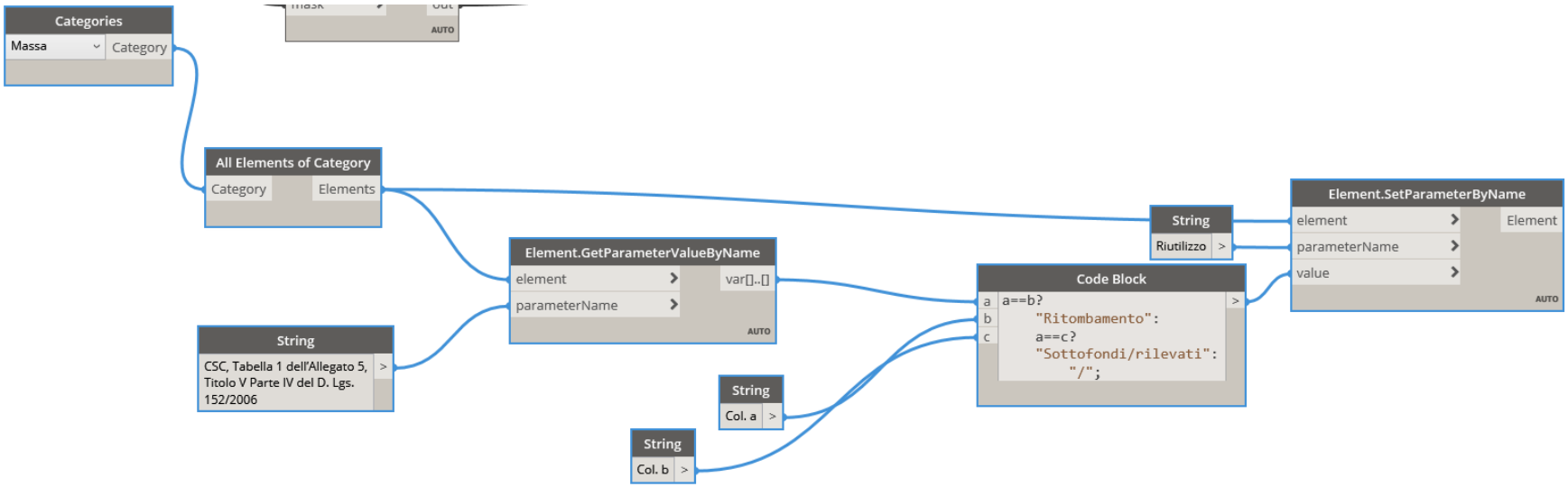

Select Model Element
Modifica
Element
Element : 286519
Topography.PolySurface
Topography
PolySurface
null
Surface.PerimeterCurves
surface
Curve[]
PolyCurve.ByJoinedCurves
curves
PolyCurve
null
Code Block
a
b
{a,b};
Solid.ByLoft
crossSections
Solid
Springs.FamilyInstance.ByGeometry
geometry
familyTemplatePath
familyName
category
materialName
isVoid
subcategoryName
instance
family
File Path
Sfoglia...
..\Planimetria metrica.rft
Code Block
"Topografia";
Code Block
"Sabbia limosa con ghiaietto";
Geometry.Translate
geometry
direction
Geometry
null
Code Block
Autodesk.Vector.ByCoordinates(0,0,-4);

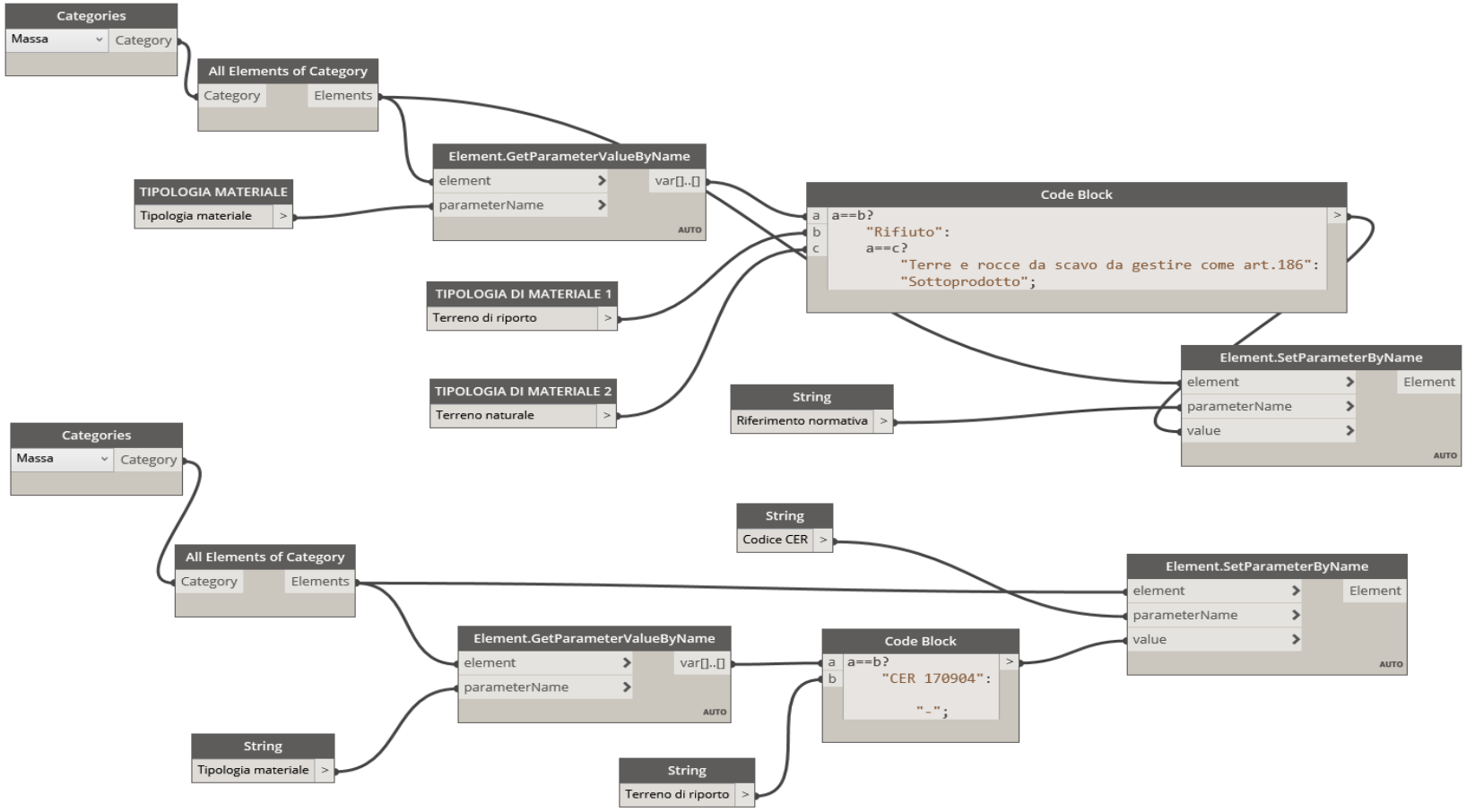
7) Script Dynamo compilazione parametri

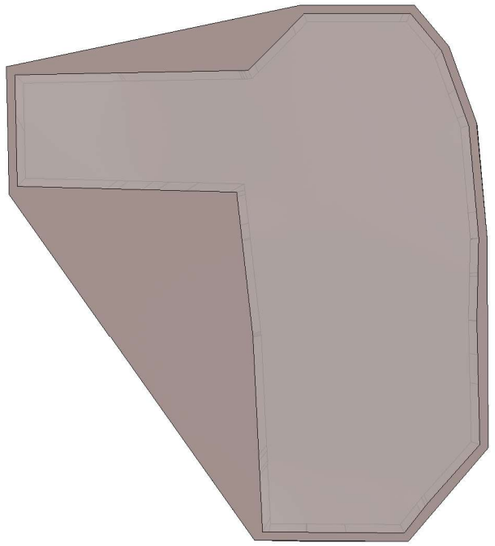



SELEZIONARE LO SCAVO A CUI ASSOCIARE IL PARAMETRO
Prescavo:Prescavo
Family Type
FamilyInstance.ByFamilyType
familyType
FamilyInstance[]
AUTO
Element.SetParameterByName
element
parameterName
value
Element
AUTO
String
Profondità di scavo da p.c. [m]
SELEZIONARE IL LIVELLO DI SCAVO
UGL-CSC
Levels
Level.Elevation
level
double
AUTO
Categories
Massa
Category
All Elements of Category
Category
Elements
Element.GetParameterValueByName
element
parameterName
var[]..[]
AUTO
TIPOLOGIA MATERIALE
Profondità di scavo da p.c. [m]
String
CSC, Tabella 1 dell'Allegato 5, Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/2006
Code Block
a
b
a<b?
"Col. a":
"Col. b";
Element.SetParameterByName
element
parameterName
value
Element
AUTO
Levels
UGL-CSC
Levels
Level.Elevation
level
double
AUTO

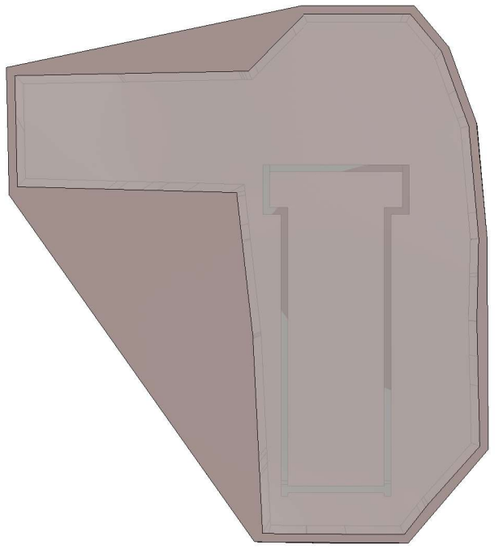

String
Tipologia materiale
Categories
Massa
Category
Element.GetParameterValueByName
element
parameterName
var[]..[]
AUTO
All Elements of Category
Category
Elements
String.Contains
str
searchFor
ignoreCase
bool
AUTO
String
Terreno naturale
Code Block
a
a1
a==a1?
"Cave Moncalieri":
"Carmagnola";
Element.SetParameterByName
element
parameterName
value
Element
AUTO
String
Col. a
String
Sito di deposito intermedio
Element.GetParameterValueByName
element
parameterName
var[]..[]
AUTO
String
CSC, Tabella 1 dell'Allegato 5, Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/2006
Code Block
a
a1
a2
a==a1?
"Pralormo":
a==a2?
"Carmagnola":
"Discarica";
Element.SetParameterByName
element
parameterName
value
Element
AUTO
Element.GetParameterValueByName
element
parameterName
var[]..[]
AUTO
List.FilterByBoolMask
list
mask
in
out
AUTO
String
Col. b
Categories


Categories
Massa
Category
All Elements of Category
Category
Elements
Element.GetParameterValueByName
element
parameterName
var[]..[]
AUTO
String
CSC, Tabella 1 dell'Allegato 5, Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/2006
String
Riutilizzo
Code Block
a
b
c
a==b?
"Ritombamento":
a==c?
"Sottofondi/rilevati":
"/";
String
Col. a
String
Col. b
Element.SetParameterByName
element
parameterName
value
Element
AUTO

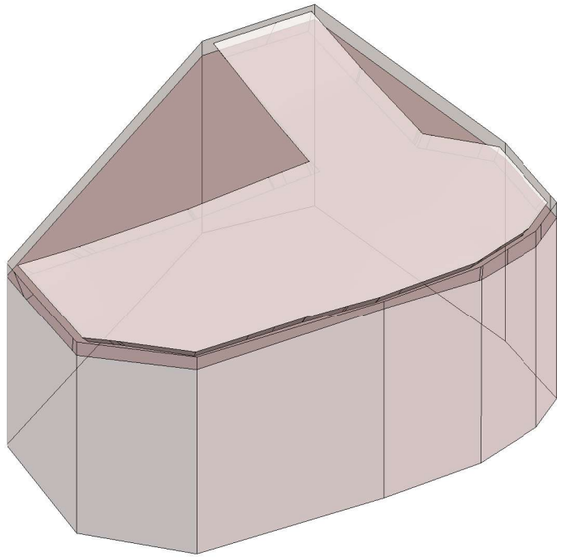

Categories
Massa
Category
All Elements of Category
Category
Elements
Element.GetParameterValueByName
element
parameterName
var[]..[]
AUTO
TIPOLOGIA MATERIALE
Tipologia materiale
Code Block
a
b
c
a==b?
"Rifiuto":
a==c?
"Terre e rocce da scavo da gestire come art.186":
"Sottoprodotto";
TIPOLOGIA DI MATERIALE 1
Terreno di riporto
TIPOLOGIA DI MATERIALE 2
Terreno naturale
String
Riferimento normativa
Element.SetParameterByName
element
parameterName
value
Element
AUTO
Categories
Massa
Category
All Elements of Category
Category
Elements
String
Codice CER
Element.SetParameterByName
element
parameterName
value
Element
AUTO
Element.GetParameterValueByName
element
parameterName
var[]..[]
AUTO
Code Block
a
b
a==b?
"CER 170904":
"-";
String
Tipologia materiale
String
Terreno di riporto



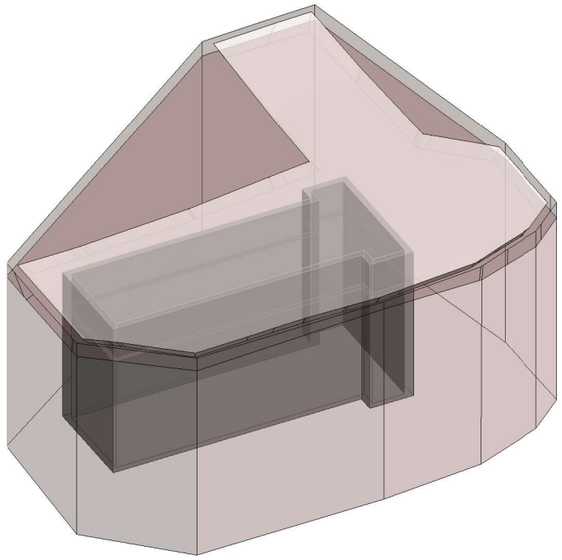
1 FASE 1.3 - Vista di pianta - Attività di scavo



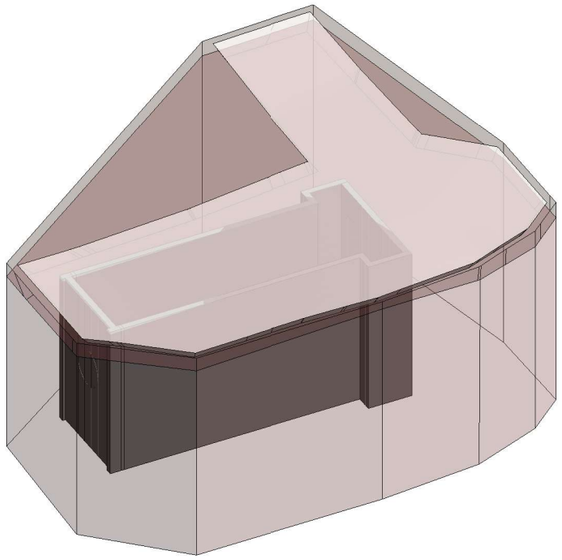
2 FASE 1.4 -Vista di pianta - Attività di scavo + costruzione



3 FASE 1.3 - Assonometrico Sud-Est - Attività di scavo



5 FASE 1.4 -Assonometrico Sud-Est - Attività di scavo



4 FASE 1.4 - Assonometrico Sud-Est - Attività di scavo + costruzione

Legenda scavi:

	Prescavo
	Scavo emiciclo e accessi
	Scavo diaframmi
	Scavo fino a quota solettone piano copertura
	Scavo fino a quota solettone piano atrio
	Scavo di ribassamento
	Scavo fino a quota solettone di fondo e vasca di aggottamento

Attività di scavo - Fase 1.3

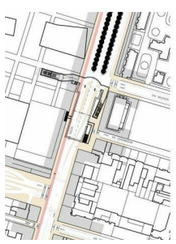
Fase di scavo	Tipologia di scavo	Volume scavo	Arco temporale
1.3	Prescavo	8079 m³	7 giorni
		8079 m³	

Attività di scavo - Fase 1.4

Fase di scavo	Tipologia di scavo	Volume scavo	Arco temporale
1.3	Prescavo	8079 m³	7 giorni
1.4	Scavo diaframmi	6257 m³	84 giorni
		14336 m³	

Attività di costruzione diaframmi - Fase 1.4

Fase di costruzione	Tipologia di costruzione	Volume cls pannello	N° pannelli	Volume cls tot	Arco temporale
1.4	Diaframma-1200 mm	104 m³	64	6666 m³	84 giorni



STAZIONE METROPOLITANA ITALIA '61

Attività di scavo e di costruzione. Fasi 1.3 e 1.4

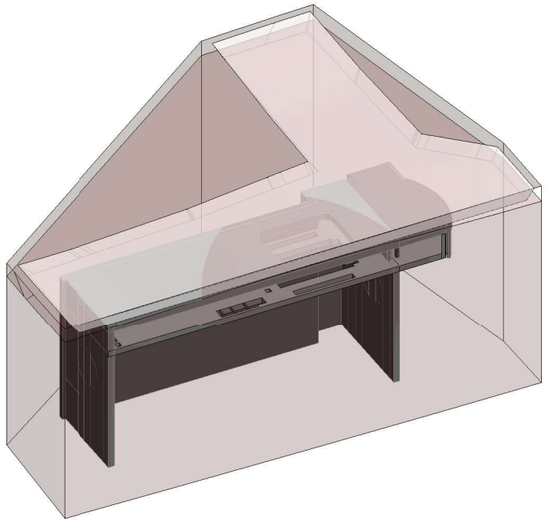
N

0 5 10 m

Politecnico di Torino

Licia de Conciliis

Tavola 1 26 Luglio 2018



1 FASE 8.1 - Assonometrico Sud-Est - Attività di scavo + costruzione

Attività di scavo - Fase 9.1					
Fase di scavo	Tipologia di scavo	Profondità di scavo da p.c. [m]	Commenti	Volume scavo	Arco temporale
1.3	Prescavo	-1.5		8079 m³	7 giorni
1.4	Scavo diaframmi		La profondità di scavo da p.c. è -33.02 m	6257 m³	84 giorni
2	Scavo verticale SC1	-3.52		2064 m³	7 giorni
7.1	Scavo verticale SC2	-8.82		5416 m³	10 giorni
7.2	Scavi emiciclo e accessi	-8.82		5699 m³	19 giorni
9.1	Scavo verticale SC3	-16		7337 m³	20 giorni
				34853 m³	

Legenda scavi:	
	Prescavo
	Scavo emiciclo e accessi
	Scavo diaframmi
	Scavo fino a quota solettone piano copertura
	Scavo fino a quota solettone piano atrio
	Scavo di ribassamento
	Scavo fino a quota solettone di fondo e vasca di aggottamento

Attività di costruzione diaframmi - Fase 9.1					
Fase di costruzione	Tipologia di costruzione	Volume cls pannello	N° pannelli	Volume cls tot	Arco temporale
1.4	Diaframma-1200 mm	104 m³	64	6666 m³	84 giorni

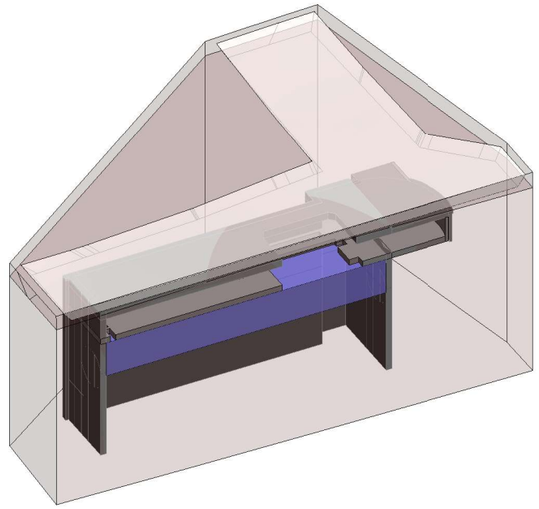
Attività di costruzione solettoni - Fase 9.1			
Fase di costruzione	Tipologia di costruzione	Volume cls	Arco temporale
5.1	Solettone copertura/fondo 1500mm	1586 m³	21 giorni
5.1	Solettone piano atrio 1000mm	242 m³	4 giorni
5.1	Solettone piano atrio 1000mm	17 m³	1 giorno
5.1	Solettone piano atrio 1000mm	28 m³	
8.1	Solettone piano atrio 1200mm	1193 m³	19 giorni
8.1	Solettone piano atrio 1200mm	263 m³	4 giorni
12	Solettone copertura/fondo 1500mm	1804 m³	25 giorni
12	Base vasca 500mm	14 m³	1 giorno
14	Piano di scorrimento metro 2050mm	706 m³	8 giorni
17	Mezzanino 900mm	74 m³	1 giorno
22	Solettone copertura/fondo 1500mm	245 m³	4 giorni

Attività di scavo - Fase 8.1					
Fase di scavo	Tipologia di scavo	Profondità di scavo da p.c. [m]	Commenti	Volume scavo	Arco temporale
1.3	Prescavo	-1.5		8079 m³	7 giorni
1.4	Scavo diaframmi		La profondità di scavo da p.c. è -33.02 m	6257 m³	84 giorni
2	Scavo verticale SC1	-3.52		2064 m³	7 giorni
7.1	Scavo verticale SC2	-8.82		5416 m³	10 giorni
7.2	Scavi emiciclo e accessi	-8.82		5699 m³	19 giorni
				27516 m³	

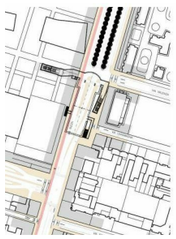
Legenda scavi:	
	Prescavo
	Scavo emiciclo e accessi
	Scavo diaframmi
	Scavo fino a quota solettone piano copertura
	Scavo fino a quota solettone piano atrio
	Scavo di ribassamento
	Scavo fino a quota solettone di fondo e vasca di aggottamento

Attività di costruzione diaframmi - Fase 8.1					
Fase di costruzione	Tipologia di costruzione	Volume cls pannello	N° pannelli	Volume cls tot	Arco temporale
1.4	Diaframma-1200 mm	104 m³	64	6666 m³	84 giorni

Attività di costruzione solettoni - Fase 8.1			
Fase di costruzione	Tipologia di costruzione	Volume cls	Arco temporale
5.1	Solettone copertura/fondo 1500mm	1586 m³	21 giorni
5.1	Solettone piano atrio 1000mm	242 m³	4 giorni
5.1	Solettone piano atrio 1000mm	17 m³	1 giorno
5.1	Solettone piano atrio 1000mm	28 m³	
8.1	Solettone piano atrio 1200mm	1193 m³	19 giorni
8.1	Solettone piano atrio 1200mm	263 m³	4 giorni
12	Solettone copertura/fondo 1500mm	1804 m³	25 giorni
12	Base vasca 500mm	14 m³	1 giorno
14	Piano di scorrimento metro 2050mm	706 m³	8 giorni
17	Mezzanino 900mm	74 m³	1 giorno
22	Solettone copertura/fondo 1500mm	245 m³	4 giorni
		6170 m³	



2 FASE 9.1 - Assonometrico Sud-Est - Attività di scavo + costruzione



STAZIONE METROPOLITANA ITALIA '61

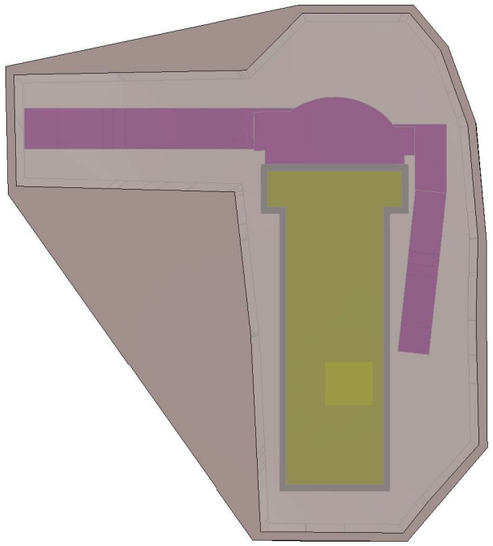
Attività di scavo e di costruzione. Fasi 8.1 e 9.1

0 5 10 m

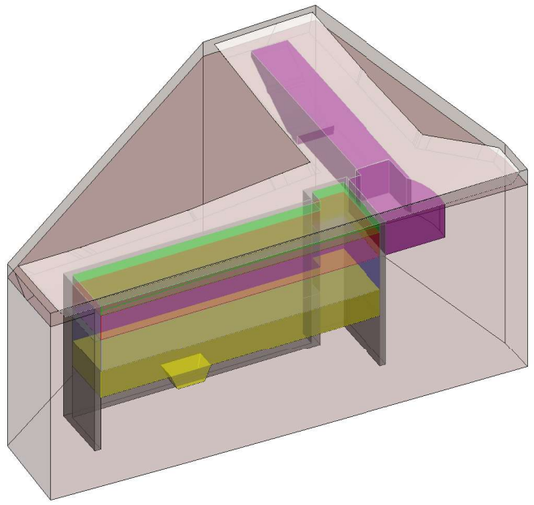
Politecnico di Torino

Licia de Conciliis

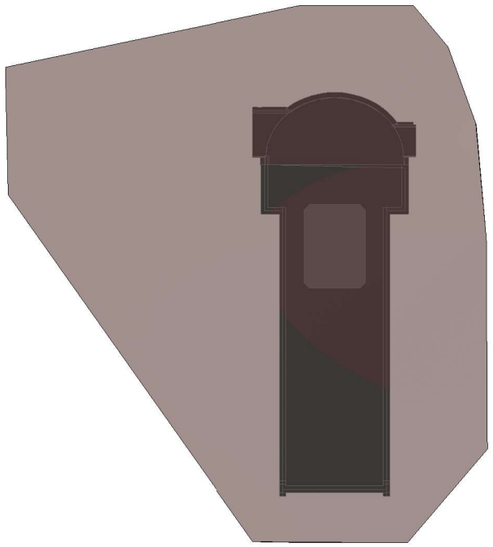
Tavola 2 26 Luglio 2018



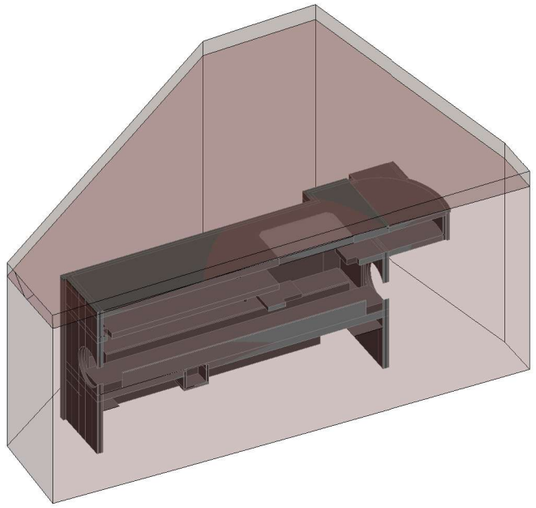
4 Fase 22 - Vista di pianta - Attività di scavo



2 Fase 22 - Assonometrico Sud-Est - Attività di scavo



3 Fase 22 - Vista di pianta - Attività di costruzione



1 Fase 22 - Assonometrico Sud-Est - Attività di costruzione

Legenda scavi:	
	Prescavo
	Scavo emiciclo e accessi
	Scavo diaframmi
	Scavo fino a quota solettone piano copertura
	Scavo fino a quota solettone piano atrio
	Scavo di ribassamento
	Scavo fino a quota solettone di fondo e vasca di aggottamento

Attività di scavo - Fase 22

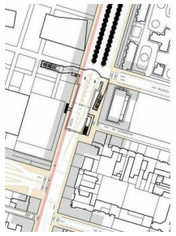
Fase di scavo	Tipologia di scavo	Profondità di scavo da p.c. [m]	Volume scavo	Arco temporale
1.3	Prescavo	-1.5	8079 m³	7 giorni
1.4	Scavo diaframmi	-33.02	4804 m³	84 giorni
2	Scavo verticale SC1	-3.52	2064 m³	7 giorni
7.1	Scavo verticale SC2	-8.82	5416 m³	10 giorni
7.2	Scavi emiciclo e accessi	-8.82	2051 m³	19 giorni
7.2	Scavi emiciclo e accessi	-8.82	1562 m³	19 giorni
7.2	Scavi emiciclo e accessi	-8.82	2086 m³	19 giorni
9.1	Scavo verticale SC3	-16	7337 m³	20 giorni
10.1	Scavo verticale SC4	-21.72	5845 m³	13 giorni
10.1	Scavo vasca di aggotamento	-24.87	156 m³	2 giorni
			39401 m³	

Attività di costruzione diaframmi - Fase 22

Fase di costruzione	Tipologia di costruzione	Volume cls pannello	N° pannelli	Volume cls tot	Arco temporale
1.4	Diaframma-1 200 mm	104 m³	64	6666 m³	84 giorni

Attività di costruzione solettoni - Fase 22

Fase di costruzione	Tipologia di costruzione	Volume cls	Arco temporale
5.1	Solettone copertura/fondo 1500mm	1586 m³	21 giorni
5.1	Solettone piano atrio 1000mm	242 m³	4 giorni
5.1	Solettone piano atrio 1000mm	17 m³	1 giorno
5.1	Solettone piano atrio 1000mm	28 m³	
8.1	Solettone piano atrio 1200mm	1193 m³	19 giorni
8.1	Solettone piano atrio 1200mm	263 m³	4 giorni
12	Solettone copertura/fondo 1500mm	1804 m³	25 giorni
12	Base vasca 500mm	14 m³	1 giorno
14	Piano di scorrimento metro 2050mm	706 m³	8 giorni
17	Mezzanino 900mm	74 m³	1 giorno
22	Solettone copertura/fondo 1500mm	245 m³	4 giorni



STAZIONE METROPOLITANA ITALIA '61

Attività di scavo e costruzione Fase 22

Politecnico di Torino

Licia de Conciliis

Tavola 3 26 Luglio 2018