

## IL PROGETTO SOTRA LINK (NORVEGIA): UN'APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA BIM IN AMBITO GEOTECNICO

Enrico De Panicis<sup>1</sup> (enrico.depanicis@pini.group), Gianluca Bella<sup>1</sup> (gianluca.bella@pini.group), Dario Della Femina<sup>1</sup> (dario.dellafemina@pini.group), Andrea Biagi<sup>2</sup> (a.biagi@webuildgroup.no), Matteo Giani<sup>1</sup> (matteo.giani@pini.group), Guido Barbieri<sup>1</sup> (guido.barbieri@pini.group)

<sup>1</sup> Pini Group SA, Lugano, Svizzera

<sup>2</sup> Sotra Link Construction, Knarrevik, Norvegia

**ABSTRACT.** Il presente articolo espone i benefici dell'utilizzo della metodologia BIM (*Building Information Modelling*) nell'ambito del Progetto "Sotra Link", che comprende la realizzazione di diverse opere sotterranee e di superficie tra l'isola di Sotra e la città di Bergen (Norvegia), tra le quali 12,5 km di gallerie e un ponte sospeso di 900 m di lunghezza. In tale contesto, l'approccio BIM ha consentito un efficiente scambio di informazioni tra i differenti gruppi di progettazione ed il cliente, oltre alla creazione di un database completo di progetto, garantendo così la coerenza tra le varie discipline coinvolte, ottimizzando le scelte progettuali e i costi dell'intero progetto. Questa metodologia ha infine permesso la creazione di un modello geotecnico/strutturale globale di tutte le gallerie ed opere di sostegno in grado di costituire una fonte di dati unificata del progetto finale.

### 1. INTRODUZIONE

Il BIM è una metodologia di progettazione ormai consolidata nell'industria delle costruzioni. Nata in ambito edilizio, negli ultimi anni essa sta conoscendo una rapida diffusione anche nel contesto della progettazione di infrastrutture (InfraBIM). La progettazione BIM si distingue dal processo progettuale tradizionale per alcune caratteristiche peculiari (Eastman *et al.*, 2008): i) è digitale; ii) anziché essere basato su disegni bidimensionali, l'approccio BIM fa ricorso a rappresentazioni tridimensionali (modelli BIM) basati su oggetti contenenti informazioni non solo geometriche ma anche alfanumeriche; iii) è caratterizzato da una struttura dei dati completa e dotata di coerenza interna tra tutte le rappresentazioni di ogni componente del modello. In tempi recenti, alcuni Autori hanno trattato di esperienze d'adozione della metodologia BIM nella progettazione di opere infrastrutturali (Barone, 2021), opere civili di interesse geotecnico quali tunnel e dighe (Silva *et al.*, 2021). I risultati di questi studi hanno dimostrato i vantaggi dell'adozione del BIM principalmente in relazione alla riduzione delle incertezze nella progettazione, alla più efficace comunicazione tra gli attori del processo progettuale, alla migliore gestione delle interferenze e all'ottimizzazione dei costi sia in fase di costruzione che di gestione dell'opera (Sari *et al.* 2020).

Il presente lavoro illustra i risultati dell'applicazione dell'approccio BIM nella progettazione di una grande infrastruttura comprendente opere sotterranee e geotecniche: il Progetto "Sotra Link" in Norvegia.

### 2. IL PROGETTO "SOTRA LINK"

Il Progetto "Sotra Link" (PSL) è uno dei maggiori progetti norvegesi nell'ambito delle infrastrutture viarie. Esso prevede la progettazione, costruzione e gestione di un sistema di 9 km di autostrade, 12,5 km di gallerie e ponti tra la città di Bergen e l'isola di Sotra nella contea occidentale di Vestland. Il PSL ha adottato la metodologia BIM per l'intero processo di progettazione, incluse tutte le opere sotterranee, gli scavi e le opere di sostegno.

### 3. LA METODOLOGIA BIM APPLICATA AL PROGETTO DI OPERE SOTTERRANEE

Il Progetto Sotra Link è un progetto complesso in quanto coinvolge molteplici ambiti e relative competenze. In tale contesto l'approccio BIM è risultato di fondamentale importanza per garantire la collaborazione tra gruppi di lavoro e l'integrazione delle discipline relative alla progettazione delle opere sotterranee. Questo obiettivo è stato raggiunto tramite la creazione di un database di progetto unificato, costituito dall'unione di molteplici modelli digitali di progetto collegati tra loro. La creazione dei modelli digitali si basa su un flusso di lavoro nel quale i dati progettuali delle diverse discipline sono processati e integrati nei modelli. Questi ultimi vengono poi

uniti in un modello *container* caricato su una piattaforma digitale dedicata (*Common Data Environment* o CDE), pronto per essere verificato ed eventualmente riprocessato secondo un processo iterativo di aggiornamento dei modelli (Fig.1). In tale contesto, si possono distinguere le seguenti fasi del flusso di lavoro:

- 1) produzione dei dati di input (dati geologici, geotecnici, strutturali, stradali);
- 2) processamento dei dati;
- 3) modellazione BIM e controllo interno del modello;
- 4) creazione e caricamento sul CDE del *container model* relativo a una singola area di progetto;
- 5) controllo del “modello di coordinamento” (*coordination model*) sul CDE.

### 3.1 Produzione e processamento dei dati di progetto

Nell’ambito delle opere in sotterraneo previste per il PSL, i dati geologici sono stati integrati in un modello geologico costituito da unità omogenee dipendenti dal valore stimato dell’indice di classificazione degli ammassi rocciosi, ossia il “Q-value” (Barton *et al.* 1974). Sulla base di questo modello sono quindi state definite delle classi di supporto omogenee lungo i tracciati dei tunnel, a ciascuna delle quali è associata una specifica tipologia di sostegno (*rock support*). Nell’ambito delle opere di sostegno previste nel PSL, i modelli BIM sono stati creati a partire dai dati relativi a muri in terra rinforzata, chiodature in roccia e pareti chiodate. Infine, nel contesto delle opere in calcestruzzo armato previste, i modelli BIM sono stati implementati a partire dai dati relativi alla progettazione dei portali e degli elementi strutturali dei tunnel. Tutti questi dati sono processati per essere tradotti in informazioni direttamente impiegabili nella creazione dei modelli BIM (Fig.2).

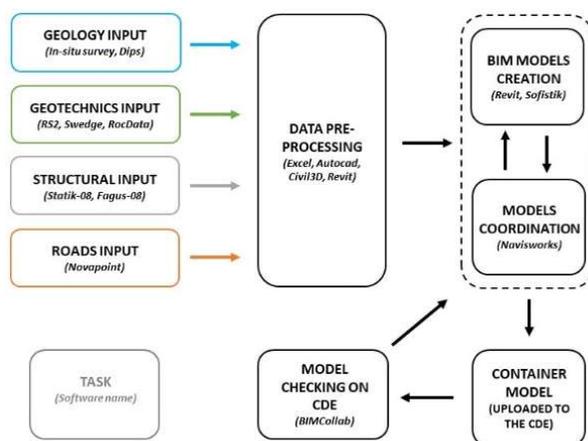


Figura 1. Schema del flusso di lavoro: dai dati di input ai modelli BIM.

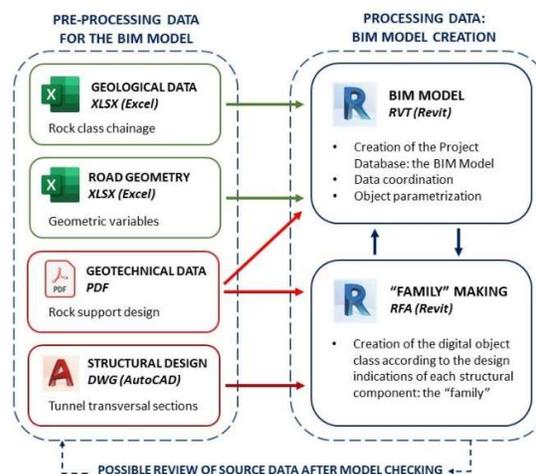


Figura 2. Flusso di lavoro dal pre-processing alla creazione del modello BIM.

### 3.2 Creazione dei modelli BIM: “famiglie” parametriche e automazione dei processi di modellazione

Il primo passo nella creazione dei modelli BIM consiste nella creazione di un database di “famiglie”, componenti tridimensionali e parametrici che rappresentano un tipo specifico di elemento costruttivo: per esempio, un particolare tipo di chiodo per il *rock support*. Le famiglie sono parametriche in quanto le caratteristiche del singolo componente, così come i dati alfanumerici in esso contenuti, possono essere modificati agendo su determinati parametri, ad esempio la posizione del chiodo rispetto alla superficie di scavo. Attraverso *script* appositamente realizzati nell’ambiente di programmazione Dynamo Revit, i componenti vengono inseriti nel modello e parametrizzati con i dati di progetto (Khalikov, 2022). Per esempio, la “famiglia” dei chiodi contiene dei punti adattivi che ne controllano la posizione: agendo su determinati parametri, uno script Dynamo può creare automaticamente file di chiodi allineati lungo determinate linee di supporto all’interno del modello, con un passo costante determinato dall’utente (Fig.3-4).

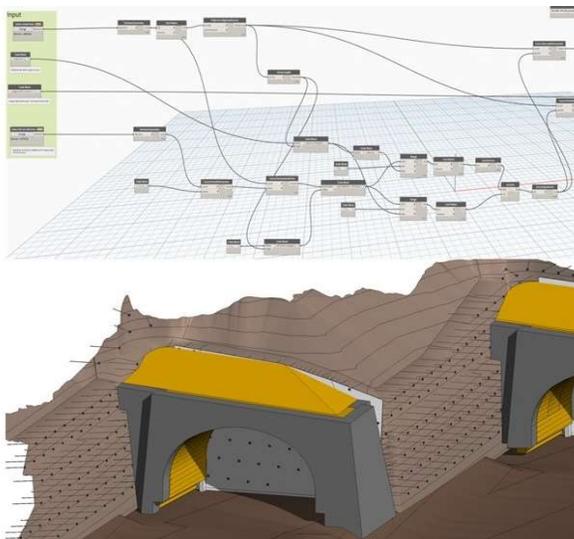


Figura 3: Esempio di struttura di script Dynamo (in alto); creazione automatica dei chiodi nel modello BIM, portale Ovest del tunnel di Kolltveit (in basso).

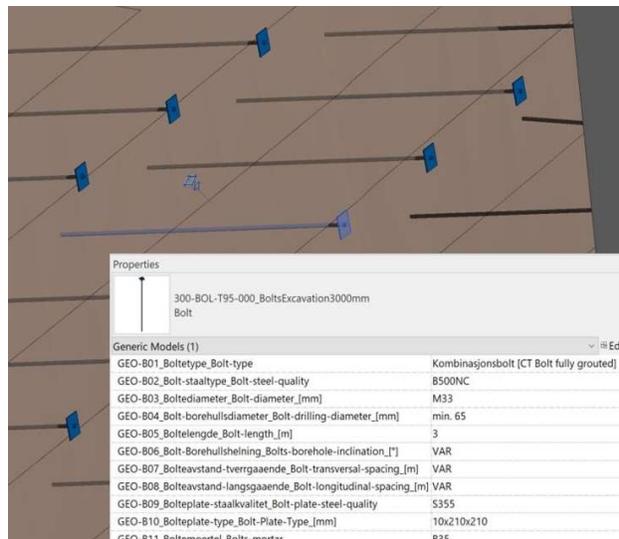


Figura 4: Dettaglio dei chiodi del portale Ovest del Kolltveit tunnel e parametri del singolo chiodo.

### 3.3 Modellazione BIM del rock support delle canne dei tunnel

La modellazione BIM delle canne dei tunnel rappresenta un ulteriore esempio di progettazione parametrica applicata alle strutture sotterranee. Essa si basa su dati geologici e geotecnici, in particolare sulla definizione delle classi di roccia e sul metodo di scavo utilizzato, definiti in precedenza dal progettista geotecnico. I dati vengono processati modellando le caratteristiche strutturali delle tipologie di supporto allo scavo in relazione a ciascuna classe di roccia. Tali caratteristiche sono implementate all'interno di "famiglie parametriche" (Fig.5) che contengono al loro interno i componenti strutturali e i relativi parametri che ne controllano la configurazione stessa, ad esempio il passo trasversale dei chiodi o lo spessore del calcestruzzo spruzzato. Il modello BIM viene dunque realizzato creando "istanze" di tali famiglie lungo il tracciato stradale, secondo le classi di roccia attraversate, utilizzando un plug-in sviluppato da Sofistik (Fig.6).

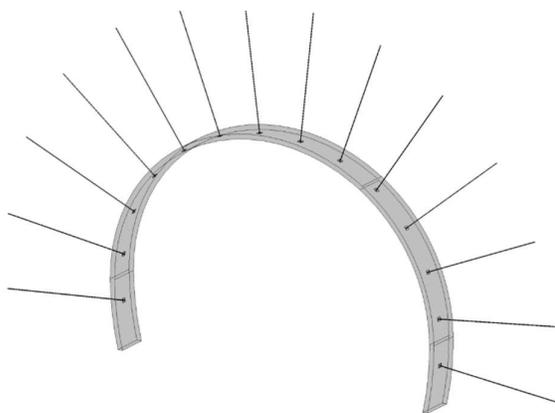


Figura 5: Famiglia parametrica del rock support del tunnel (classe di roccia IVa).

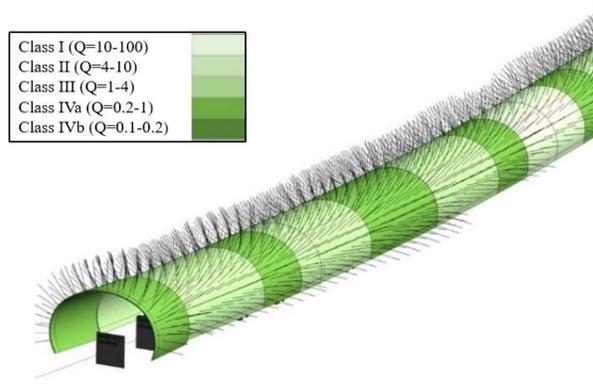


Figura 6: Kolltveit tunnel: creazione del "rock support" (calcestruzzo spruzzato e chiodi) per ogni classe di roccia.

### 3.4 Creazione dei modelli BIM "container" e del modello BIM di coordinamento

I modelli BIM sono tutti georeferenziati: tale caratteristica consente l'agevole unione dei modelli di una determinata area in un singolo modello detto *container model* (Fig.7). Questo modello viene caricato sulla piattaforma digitale di condivisione (CDE), nella quale i modelli di tutte le discipline (geotecnica, strutture, impianti, etc.) sono a loro volta uniti in un unico modello di coordinamento, ossia il *coordination model*, il quale

costituisce il database completo dell'intero progetto. Esso permette la verifica finale delle interferenze tra le discipline differenti e la validazione finale dei modelli (Fig.8).

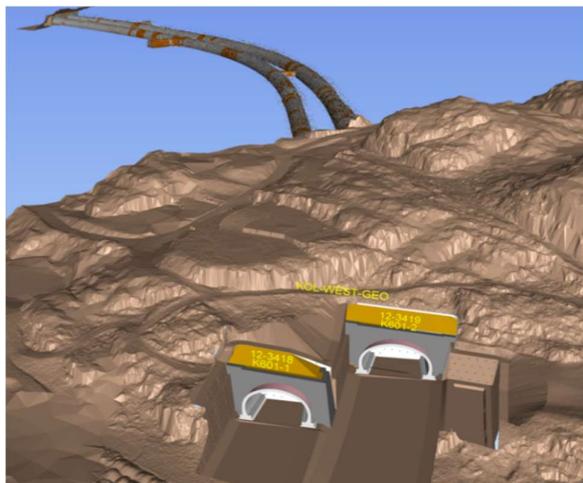


Figura 7. Vista di un modello "container" per la disciplina strutturale del tunnel di Kolltveit.

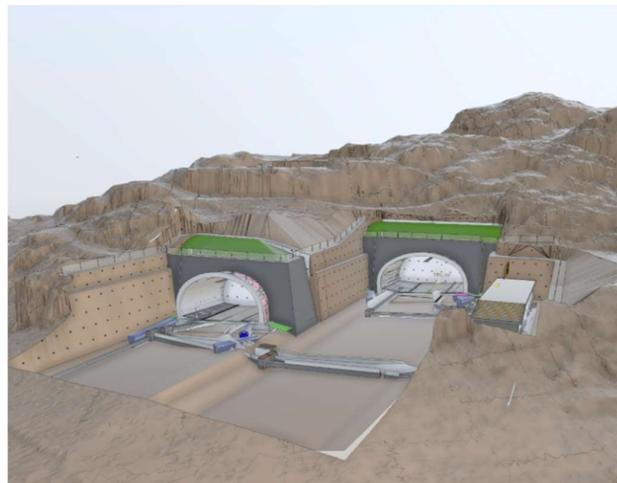


Figura 8. Coordination model sul CDE (BIMCollab) visto dal portale Ovest del Kolltveit tunnel.

#### 4. STATO DEI LAVORI

L'appalto è stato assegnato nel settembre 2021 per un valore totale di 1,25 miliardi di euro. Il PSL è attualmente nella fase di "progettazione di dettaglio" con le attività di modellazione e calcolo in linea con le tempistiche di consegna e termine previsto per la fine del 2023. L'infrastruttura sarà aperta al traffico nel 2027.

#### 5. CONCLUSIONI

La presente nota ha illustrato sinteticamente i principali benefici nell'utilizzo della metodologia BIM nel contesto di un progetto complesso quale il Sotra Link Project. L'approccio BIM per la progettazione di opere sotterranee ha infatti comportato un miglioramento della qualità del progetto sotto molteplici aspetti, garantendo una comunicazione più efficiente tra i gruppi di progetto, un'ottimizzazione delle scelte progettuali riducendo gli errori, una migliore gestione delle interferenze nel tempo e nello spazio, oltre ad una più precisa stima delle quantità. L'approccio BIM ha altresì consentito una descrizione più completa e integrata dell'intero progetto, assicurandone una gestione accurata in ogni sua fase.

#### 6. BIBLIOGRAFIA

- Barone J. (2021). 4 reasons why 3D modeling and BIM are the future of infrastructure design. Available from: <https://www.stantec.com/en/ideas/4-reasons-why-3d-modeling-and-bim-are-the-future-of-infrastructure-design>.
- Barton N., Lien R., Lunde J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 06(4): 189-236, 1974.
- Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. (2008). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. John Wiley & Sons; Hoboken, New Jersey, USA.
- Sari Y., Catur W., Cahyo Kresnanto N. (2020). Building Information Modeling (BIM) for Dams-Literature Review and Future Needs. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 6(1).
- Silva M.C., de Carvalho M., Hudson A.F., Martins J., Marques L., Counto R. (2021). Desenvolvimento do processo de certificação Building Information Modeling (BIM) para aplicação em barragens de rejeito alteadas à jusante: CUB-e GEO. *Brazilian Journal of Development* 07(5): 46379-46398.
- Khalikov R. (2022). REVIT+DYNAMO. *Pindus Journal of Culture Literature and ELT*, 2(1): 57-63.