

Innovazione e sicurezza in un cantiere per scavo di galleria

Modellazione 3D a supporto del metodo dei Volumi Funzionali per l'ottimizzazione di efficienza e sicurezza in un cantiere per scavo di galleria

Alessandro Faranda¹, Davide Labagnara², Luisa Maida², Mario Patrucco², Achille Sorlini³

¹ Tecnico della Prevenzione nell'Ambiente e nei Luoghi di Lavoro, Torino

² Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico, Torino

³ Tunnel Euralpin Lyon Turin Sas, Torino

Email: alessandro.faranda@outlook.it

RIASSUNTO

Durante la fase di progettazione di un'opera cantieristica, oltre a considerare gli aspetti di realizzabilità e di scelta delle migliori tecniche realizzative, è necessario stimare gli spazi necessari per l'esecuzione delle diverse operazioni ed identificare i principi per la gestione degli stessi. Tale attività ha come obiettivo l'ottimizzazione della logistica dal punto di vista organizzativo ed economico e l'individuazione e gestione delle possibili interferenze spaziali tra le lavorazioni che si andranno ad eseguire nella fase realizzativa. Tali azioni sono anche alla base del *Coordinamento e della gestione dei rischi interferenziali*, attività legislativamente obbligatorie (vedi D.Lgs. 81/08, allegato XV - Contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili). L'applicazione del metodo dei Volumi Funzionali risulta particolarmente adatta a tali fini: il metodo permette infatti di pianificare nel tempo e nello spazio le operazioni previste nel programma dei lavori e di identificare le contemporaneità di richiesta del medesimo volume da parte di attività o entità tra loro incompatibili, così da garantire la continuità di utilizzazione delle risorse senza interferenze. Il presente lavoro mostra l'applicazione del metodo dei Volumi Funzionali alla zona di piazzale del cantiere per la realizzazione del cunicolo esplorativo de "La Maddalena" in località di Chiomonte (TO), funzionale al processo di approfondimento della conoscenza delle caratteristiche geologiche del Massiccio d'Ambin, in vista della realizzazione del futuro Tunnel di base del nuovo collegamento ferroviario Torino-Lione. Il metodo è stato implementato con l'utilizzo di modellazione 3D: tale strumento ha sostanzialmente favorito la diretta visualizzazione predittiva dei vari scenari sin dalla fase progettuale, ai fini della previsione dei volumi funzionali occorrenti per lo svolgimento delle varie attività e della identificazione dei rischi interferenziali eventualmente connessi, e si è rilevato molto utile in una realtà caratterizzata da numerose e continue compresenze spaziali ed in continuo mutamento come quella cantieristica.

ABSTRACT

During the design phase of an infrastructure work, besides considering the aspects of feasibility and selection of the best construction techniques, it is essential to estimate the physical spaces necessary for the implementation of the different yard activities, and identify the principles for their management. The aim of this estimation is the logistics optimization -in organizational and economic terms- and the identification and management of possible spatial interferences between the different activities to perform during the construction phase. These actions lay also at the very base of the *Coordination and management of the interference*

risks, which are mandatory activities (see the Italian Law D.Lgs. 81/08, Annex XV - Minimum contents of the safety plans for temporary or mobile construction sites). The application of the Functional Volumes method is particularly suitable for those purposes: the method allows to plan in time and space the different yard activities, and to identify the critical co-presences in the site, ensuring the optimal management of resources without interference problems of co-taken volumes. The paper shows the application of Functional Volumes method at the yard of the excavation site of the exploratory tunnel "La Maddalena" in Chiomonte (TO), useful to obtain detailed information about the geological characteristics of the Ambin Massif, where the future basis tunnel of the new Turin-Lyon railway line will be excavated. The method has been implemented with the use of 3D modelling, which has given a further contribution to the identification and management of functional volumes and involved interference risks. The 3D modelling proves very useful in the construction sites, which are in continuous evolution and characterized by widespread and continuous spatial co-presences.

INTRODUZIONE

Nelle opere di ingegneria civile uno degli aspetti da affrontare in fase di progettazione è la determinazione e l'organizzazione della futura area di cantiere¹, in quanto la errata stima degli spazi (o più correttamente volumi) e delle possibili interferenze in fase realizzativa può essere concausa di ingenti perdite economiche (si consideri ad esempio che la sola fermata di un cantiere di scavo in sotterraneo può comportare un danno dell'ordine di 15-120 k€/ora!), nonché di incidenti e infortuni.

Secondo i dati riportati dalla Commissione Europea inerenti le cause degli infortuni occupazionali, il 60% degli incidenti mortali in cantiere dipende da una causa originata da scelte effettuate prima dell'inizio dei lavori e il 28% è imputabile all'esecuzione di attività simultanee incompatibili.

Anche l'americana Occupational Safety and Health Administration -OSHA- sottolinea il grande numero di infortuni imputabili alla esecuzione contemporanea di attività incompatibili in cantiere: all'interno dei fatal four² dell'anno 2014, ossia le quattro maggiori cause di infortuni mortali, compaiono al terzo posto la caduta di oggetti dall'alto / seppellimento, che ha causato 73 morti, e al quarto lo schiacciamento / stritolamento, che è stato causa della morte di 39 lavoratori (i primi due posti sono occupati rispettivamente dalle cadute dall'alto e dalle elettrocuzioni).

Anche le informazioni contenute nelle banche dati infortunistiche INAIL possono costituire un valido supporto a tale affermazione: sono molteplici gli infortuni ascrivibili ad inefficace gestione delle interferenze³.

La corretta identificazione delle aree di cantiere e la gestione delle possibili interferenze possono essere governate tramite l'analisi dei Volumi Funzionali^{4,5} delle singole lavorazioni, intesi come volumi che comprendono quelli fisicamente occupati dalle persone/attrezzature/mezzi e quelli dei movimenti e percorsi che devono essere coperti da tali entità durante lo svolgimento dei loro compiti. Tale metodo ha lo scopo di pianificare le operazioni previste dal programma dei lavori, al fine di escludere le contemporaneità di richiesta del medesimo volume da parte di attività tra loro incompatibili, così da garantire la continuità di utilizzazione delle risorse senza interferenze. In quest'ottica lo spazio è quindi da considerarsi a tutti gli effetti una risorsa, così come il personale, i mezzi ed i materiali.

Nella realtà cantieristica, caratterizzata da numerose e continue compresenze spaziali di lavoratori ed imprese e da attività in continua trasformazione, l'applicazione del metodo può essere realizzata tramite la modellazione 3D atta a visualizzare in modo immediatamente comprensibile le varie situazioni, e quindi nella pratica preferibile ad un rigoroso, ma certamente complesso, approccio numerico.

MATERIALI E METODI

Applicazione del metodo dei Volumi Funzionali alla zona di piazzale di un cantiere per scavo di galleria

Il cantiere oggetto della applicazione del metodo dei Volumi Funzionali è quello del cunicolo esplorativo de "La Maddalena" di Chiomonte (Valle di Susa (TO)), funzionale al processo di approfondimento della conoscenza delle caratteristiche geologiche del Massiccio d'Ambin, in vista della realizzazione del futuro Tunnel di base del nuovo collegamento ferroviario Torino-Lione. Nello specifico la parte di cantiere oggetto dello studio è quella di piazzale. Lo studio si sviluppa da una fase preliminare esistente, in quanto il cantiere è già operativo nel suo insieme.

Una volta identificate le attività previste dal programma dei lavori, per identificarne i volumi funzionali, la documentazione disponibile (progetti e planimetrie) è stata gestita tramite l'utilizzo di un modello di visualiz-

zazione 3D mediante software Autocad®, ed in seguito è stata integrata con le informazioni raccolte durante sopralluoghi per la determinazione dello stato reale delle cose.

Terminata tale fase sono state identificate le possibili interferenze tra i volumi funzionali delle diverse lavorazioni e sono state analizzate possibili soluzioni. Infine, è stato realizzato un modello 3D post-ottimizzazione, con rappresentate le contromisure per tale via elaborate ed attuate.

Il processo è stato iterativo, le lavorazioni e le aree critiche sono state analizzate a più riprese, con l'obiettivo di valutare quanto già implementato e quanto ancora ottimizzabile.

Dall'applicazione del metodo è apparso evidente che il cantiere può presentare interferenze di natura sia interna sia esterna, con problematiche anche di "security" e non solamente di "safety".

Le interferenze esterne principali riguardano i movimenti di protesta alla realizzazione dell'opera. Tali interferenze esterne ne generano anche all'interno del cantiere: al fine di garantire la "security" è necessaria la vigilanza delle Forze dell'Ordine sul perimetro ed in cantiere, 24 ore su 24.

Anche l'interferenza esterna dovuta alla presenza del viadotto Ramat dell'autostrada A32, che sovrasta gran parte dell'area del cantiere, è stata oggetto di analisi, sia per eventuali piccoli distacchi di materiale costituente il viadotto, sia per problematiche più specifiche (come le attività manutentive o di pulizia del viadotto, compreso lo sgombero neve dallo stesso¹).

Le possibili interferenze interne si dividono, invece, in due gruppi: quelle derivanti da soggetti direttamente impegnati nella realizzazione dell'opera e quelle derivanti dalla presenza di uomini e mezzi non direttamente impegnati nei lavori.

Le interferenze interne tra soggetti direttamente impegnati nella realizzazione dell'opera sono dovute in via generale alla compresenza in cantiere di due diverse Associazioni Temporanee di Imprese: l'ATI Venaus scarl, che si occupa della realizzazione del cunicolo, e l'ATI Borio srl, che si occupa della gestione del materiale di risulta dallo scavo e della realizzazione dell'area di deposito definitivo del materiale stesso. Più nello specifico si sono poi analizzate le interferenze tra le lavorazioni realizzate dalle diverse imprese che costituiscono le due ATI e quelle interne alle lavorazioni delle singole imprese.

La presenza di personale e mezzi non direttamente impegnati nelle lavorazioni, invece, oltre ad essere causa diretta di possibili interferenze, riduce anche gli spazi operativi all'interno dell'area di piazzale, rendendo più complicata la gestione dei volumi funzionali per lavoratori, attrezzature e materiali. Tali problematiche sono causate, oltre alla già citata presenza in cantiere delle Forze dell'Ordine, anche dalle visite istituzionali, piuttosto numerose a causa della importanza dell'opera.

Per quanto riguarda la gestione delle interferenze interne tra soggetti impegnati nella realizzazione dell'opera si è provveduto alla implementazione del sistema di coordinamento tra le due ATI presenti in cantiere e si è migliorata la localizzazione delle zone di piazzale atte a parcheggio dei mezzi e deposito dei materiali e delle attrezzature a supporto della galleria; l'obiettivo di base è stato minimizzare le possibili interferenze tramite la migliore organizzazione logistica dei volumi. Infine è stata ribadita ed implementata la divisione tra i percorsi per i lavoratori a piedi e per i mezzi.

Per quanto riguarda la gestione delle interferenze interne con soggetti non direttamente impegnati nella realizzazione dell'opera sono stati ridefiniti alcuni sistemi di coordinamento e di occupazione delle aree con le Forze dell'Ordine e sono state gestite le possibili interferenze tra le lavorazioni e le visite di ospiti esterni (spesso anche numerosi): oltre ad un percorso dedicato è stato anche creato un corso di formazione ed addestramento specifico per il personale-accompagnatore, con lezioni frontali e prove sul campo, e sono stati ridefiniti i fondamenti di sicurezza che gli accompagnatori stessi devono trasferire agli ospiti.

Tutti gli interventi hanno avuto un basso impatto economico e, oltre che a implementare le condizioni di sicurezza, hanno anche portato ad una migliore razionalizzazione dell'area di lavoro, con benefici organizzativi ed economici.

¹Per quanto concerne altre tipologie di interferenza, una analisi preliminare fu fatta prima dell'inizio dei lavori, di concerto fra committenza e gestore della autostrada.

In Figura 1 e 2 sono riportate due immagini tratte dal modello 3D post-ottimizzazione. È possibile notare che sono state approntati percorsi pedonali con attraversamento sulla carreggiata, zone di attesa per gli auto-articolati, “culle” per evitare il rotolamento di tubi e condotti. In più la gru a fune è stata posta in una zona più lontana dai cavi aerei della media tensione e i mezzi delle Forze dell’Ordine occupano un’area esterna a quella di manovra degli escavatori e dei dumper.



Figura 1. Modello 3D post-ottimizzazione
vista di insieme del cantiere

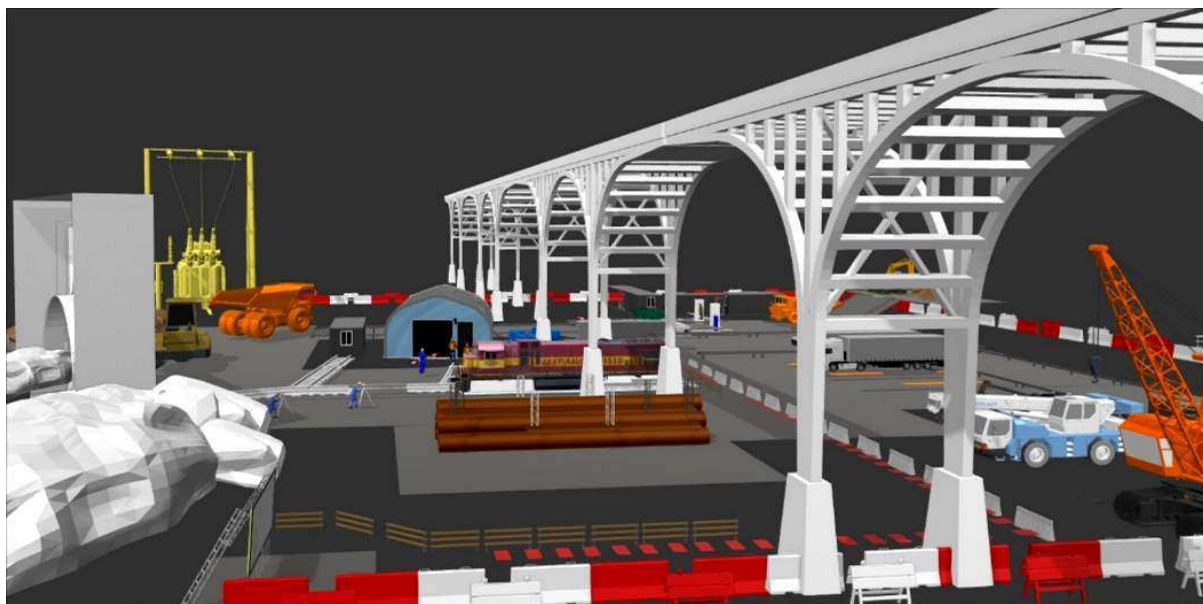


Figura 2. Modello 3D post-ottimizzazione
dettaglio della zona antistante il portale del cunicolo esplorativo

CONCLUSIONI

Premesso che la possibilità di interferenza spaziale tra attività incompatibili costituisce criticità certamente non secondaria nella gestione della efficienza e della sicurezza di qualsiasi comparto, e di quello cantieristico in particolare, approcci “semplificati” alla questione possono comportare problematiche di sicurezza e difficoltà logistiche quanto meno molto onerose dal punto di vista economico. La implementazione del metodo dei Volumi Funzionali tramite tecniche di visualizzazione moderne rende possibile l’individuazione e la gestione di numerose criticità interferenziali, garantendo dei benefici dal punto di vista della sicurezza e della logistica di cantiere.

Nel caso in studio è stato evidenziato quanto sia complessa la gestione delle criticità interferenziali in un grande cantiere infrastrutturale: l’estrema variabilità dei mezzi e delle attrezzature impiegate, il continuo turnover del personale operante e l’evoluzione delle attività comportano certamente la necessità di analisi approfondite e continuamente aggiornate, ed in questo certamente gli strumenti informatici risultano particolarmente preziosi.

Gli esempi forniti hanno dimostrato la possibilità di ottenere informazioni utili alla gestione della sicurezza sfruttando un modello computerizzato 3D. Affinché tale processo risulti efficace è necessario che il modello virtuale sia in grado di descrivere con sufficiente precisione la situazione reale. E’ quindi necessario partire dagli strumenti di progetto tradizionali quali planimetrie, tecniche Project Evaluation and Review Technique - PERT- ed a diagrammi di Gantt, ecc. e implementare tali informazioni con quelle raccolte durante sopralluoghi dedicati.

Il modello tridimensionale non si riduce quindi a vezzo estetico, ma rappresenta un notevole “valore aggiunto” che va a sommarsi ai contributi dell’analisi dei Volumi Funzionali tradizionale. Occorre peraltro ben comprendere che, anche se i risultati della visualizzazione 3D sono di per loro di notevole impatto visivo, la impostazione stessa dei modelli di rappresentazione presuppone una preparazione scientifica fondata su conoscenze approfondite sulla tecnica dei Volumi Funzionali, e più in generale sulle tecniche di organizzazione e pianificazione.

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è stato realizzato con la collaborazione e il supporto della società Tunnel Euralpin Lyon Turin -TELT-, promotore pubblico responsabile dei lavori di realizzazione e della gestione della futura infrastruttura ferroviaria Torino-Lione.

BIBLIOGRAFIA

1. Ceste C, Patrucco M. Aspetti tecnico-operativi connessi con la messa a punto del piano di sicurezza e coordinamento: dalla fase di impostazione del piano generale alla gestione della sicurezza in fase economica. *Geoingegneria Ambientale e Mineraria* 1997; 1-2: 57-66.
2. Occupational Safety and Health Administration. https://www.osha.gov/dte/outreach/construction/focus_four/. Accesso 14/09/2016.
3. Istituto nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro. Infortuni sul lavoro. <https://ricercascientifica.inail.it/statistiche/indexdb2.asp>. Accesso 14/09/2016.
4. Gecchele G, Pinzari M. Safety and health at workplaces: an approach to the problem by functional spaces analysis. *Atti IV Congresso Italo-Brasileiro de engenharia de minas* 4-6 novembre 1996, Porto Alegre (Brasile); Numero Especial: 249-255.
5. Labagnara D, Maida L, Patrucco M, Sorlini A. Analysis and management of spatial interferences: a valuable tool for operations efficiency and safety. *Geoingegneria Ambientale e Mineraria* 2016; 16-3: aa-bb.