



Marco A. Bragadin

Ingegnere civile edile, è Ricercatore di Produzione Edilizia presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna, ove svolge ricerca nel campo del Construction Management. Presso la stessa Università è docente dei corsi di "Organizzazione del Cantiere" e di "Cantieri e Produzione Edilizia".

Sicurezza e innovazione nel cantiere di recupero edilizio: l'approccio building information modelling

Safety and innovation in building construction rehabilitation projects: the building information modelling approach

Il cantiere di recupero edilizio è spesso caratterizzato da una maggiore complessità a causa della necessità di progettare il processo produttivo tenendo conto dei vincoli dati dalle pre-esistenze spaziali e tecnologiche. Questo si traduce anche in una maggiore difficoltà nella progettazione della sicurezza a causa dei rischi ulteriori che derivano al cantiere dalle preesistenze e dalla difficoltà di standardizzare le operazioni. L'approccio Building Information Modelling (BIM) per la gestione della sicurezza in cantiere può migliorare il processo di prevenzione dei rischi fornendo simulazioni accurate delle fasi lavorative e delle misure di protezione, consentendo quindi di valutare meglio l'efficienza delle misure progettate. Sono ancora presenti, tuttavia, alcuni aspetti critici per la modellazione della fase gestionale.

Construction Rehabilitation Projects are often complex projects because of the specific building production environment. In fact the existing building structure is a constraint to project site layout organisation. So rehabilitation projects may need a major effort in safety design, due to new hazards and difficulties in standardization of building operations. The Building Information Modelling (BIM) approach can make a breakthrough for the rehabilitation construction project safety design because of construction phases simulation and visualization. The construction modelling process allows safety designers to better perform hazards evaluation and risks analysis, and to better evaluate the designed safety solutions, even if complete efficiency of BIM solutions for project safety design are still to achieve.

Parole chiave: sicurezza; cantiere; BIM; processo edilizio; gestione;

Keywords: safety; building site; BIM; construction; construction management;

INTRODUZIONE: IL CANTIERE DI RECUPERO EDILIZIO

In base alla norma UNI 10914/1 (2001) l'intervento di recupero edilizio è la combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative ed organizzative e costruttive che intervengono sul costruito, finalizzate a mantenere o aumentare le prestazioni residue del bene. Il recupero edilizio quindi si individua come il processo conoscitivo, ideativo e esecutivo che ha l'obiettivo di conservare o di procedere alla riqualificazione dei sub-sistemi edilizi utilizzando tecniche produttive specifiche. Nel cantiere di recupero la tecnologia della produzione tende a riprodurre le tecniche che sono state utilizzate per la realizzazione o per le

successive trasformazioni dell'immobile, sia in senso stretto, ovvero tramite l'impiego di materiali della tradizione costruttiva storica, sia in senso funzionale / prestazionale, ovvero tramite l'impiego di materiali innovativi che sostanzialmente svolgono le funzioni in genere già previste dalla concezione strutturale / funzionale dell'immobile ma erogando livelli prestazionali aderenti alle attuali specifiche di prestazione della normativa tecnica.

Il concetto di recupero edilizio si basa quindi su di una lettura analitica e scientifica dei sub-sistemi edilizi in relazione alla tecnologia produttiva che li ha generati nelle successive fasi storiche di costruzione, ricostruzione e modificazione. Infatti un edificio di valore storico - te-

stimoniale quasi sempre è stato soggetto a trasformazioni successive che avevano lo scopo di mantenere un livello prestazionale adeguato alla funzione sia alla scala edilizia che urbana. Quindi il progetto di recupero deve essere il frutto di scelte culturali e tecnologiche integrate con l'obiettivo della rifunzionalizzazione dell'oggetto edilizio in una prospettiva di continuità culturale con le sue vicende storiche e costruttive (Comani, 1999).

Nell'ambito del recupero edilizio, la progettazione tecnologica deve essere attentamente valutata in relazione alle scelte tecniche già eseguite nel passato e di conseguenza il progetto del cantiere deve tenere conto della riproposizione / conservazione di queste scelte

e della morfologia organizzativa e spaziale che ne deriva.

La preesistenza dell'edificio, le sue caratteristiche costruttive, tipologiche e architettoniche, vincolano il cantiere di costruzione nella scelta del suo allestimento, delle sue fasi operative e delle tecnologie impiegate, spesso difficilmente standardizzabili e meccanizzabili. La conseguenza è che il processo costruttivo deve essere organizzato "ad hoc" con logiche costruttive che strutturano la sequenza delle fasi in funzione della necessità di mantenere / conservare / trasformare i sub sistemi tecnologici preesistenti (De Luca Picione, Dell'Osso, 2010).

In questo quadro la progettazione della sicurezza in cantiere può assumere aspetti estre-

mamente critici e difficilmente ottimizzabili in relazione ai parametri standard che possono essere applicati per le consuete soluzioni tecniche, se correttamente progettate.

Oggetto del presente studio è l'approccio Building Information Modelling (BIM) per la progettazione della sicurezza nel cantiere di recupero edilizio. Infatti il BIM, simulando il prodotto e il suo processo produttivo, può essere un valido strumento per la progettazione ed il controllo della sicurezza in cantiere (Kiviniemi et alii, 2011).

LA MODELLAZIONE BIM DELLA COSTRUZIONE

Il Building Information Modelling (BIM) è sostanzialmente un archivio di progetto (Gara-

gnani S., Cinti Luciani S., Mingucci R., 2011) computerizzato che ha alla sua base un modello virtuale che descrive l'opera edilizia.

Per l'ufficio di gabinetto del Governo Britannico (Cabinet Office British Government, 2010), il BIM è la capacità delle imprese industriali più avanzate, anche di Architettura/Ingegneria/Costruzione internazionali, di lavorare in un ambiente virtuale computerizzato in tre dimensioni completamente condiviso, in modo che tutti coloro i quali sono interessati dal progetto lavorino su di una piattaforma informatica comune con riduzione dei costi di trasmissione e interpretazione dei dati e con minori possibilità di errore. L'industria delle costruzioni è generalmente in ritardo rispet-



Fig. 1 - BIM 3D, teatro A. Galli di Rimini (da Battistini, 2012)

to agli altri settori industriali nell'adozione di queste tecnologie innovative che, appunto assicurando ad ogni membro del team di progetto di lavorare sugli stessi dati, permettono di:

- valutare con facilità gli effetti di varianti o diverse soluzioni progettuali;
- modellare i progetti in tre dimensioni riducendo gli errori di coordinamento tra i vari sub sistemi dell'edificio (es. strutturale, impiantistico, architettonico) e le conseguenti necessarie varianti in corso d'opera con aumento dei costi;
- trasmettere, se possibile, automaticamente i dati di progetto ad apparecchiature e strumenti della produzione, collegando direttamente il progetto e la produzione, eliminando soluzioni di continuità nella trasmissione di dati ed eventuali errori o difficoltà di interpretazione;
- avere una base più affidabile per le attività di gestione e manutenzione dell'opera, ovvero la realizzazione di un modello "as built" molto efficace.

Quindi il BIM è applicabile a tutte le fasi della vita utile dell'edificio, a partire dall'attività di progettazione e costruzione, proseguendo per la fase di esercizio sino alla sua dismissione demolizione. Il modello BIM contiene molteplici informazioni di progetto e quindi è più ampio di un CAD 3D perché in esso possono essere integrate informazioni e dati anche di carattere non geometrico. Il vantaggio di un modello BIM è quello di sintetizzare in

un unico modello virtuale tutte le informazioni di modellazione necessarie per la sua progettazione, costruzione, manutenzione e decostruzione. Il modello integrato facilita la progettazione integrata ed il coordinamento e collaborazione tra gli operatori (Battistini, 2012).

Più specificatamente, per quanto riguarda la fase di costruzione dell'opera, i principali aspetti positivi che attengono alla fase esecutiva sono (Gao J., et alii, 2005; Zhou et alii 2012):

- programmazione dei lavori più aderente alla realtà del cantiere;
- progetto del cantiere più accurato per la definizione delle aree di lavoro e delle eventuali interferenze;
- migliore identificazione delle situazioni di rischio;
- migliore coordinamento e ottimizzazione dell'impiego delle risorse;
- programmazione "just in time" delle forniture e quindi riduzione delle aree di deposito nel cantiere;
- semplificazione dei tracciamenti e posizionamenti di impianti o elementi costruttivi tramite procedure automatizzate;
- miglioramento della comunicazione con i fornitori in relazione alla possibilità di inserire specifiche tecniche e codici di catalogo dei materiali.

Si tratta di vantaggi in buona parte ancora auspicati e da sperimentare in modo sistemati-

co sul campo, in quanto sono ancora presenti problemi di interoperabilità tra software nello scambio di informazioni, oltre, ad esempio, alle difficoltà ancora insite nei sistemi di rilevamento della posizione applicabili al cantiere. Comunque al di là delle aspettative forse eccessive di miglioramento e maggior efficienza del processo costruttivo edilizio (Ciribini, 2011), la tendenza internazionale è portata all'integrazione tra le fasi della progettazione preliminare, della progettazione esecutiva, della realizzazione e dell'esercizio dell'opera tramite applicativi informatici di Gestione della Conoscenza con applicativi informatici di natura parametrica sino al giungere al cosiddetto nD modelling.

In realtà l'impiego di applicativi informatici di tipo parametrico (Autodesk Revit, Sketchup, Nemetschek Allplan, ArchiCAD, Vico Office Suite, TeKla Structures, Navisworks etc.) consente la progettazione architettonica integrata di modellazioni e simulazioni ingegneristiche ma non automatizza (per ora) la trasmissione dati come tempi, costi e controlli di qualità e di sicurezza. Quello che si può ottenere è una simulazione virtuale in 4D, ovvero il montaggio della sequenza dalle fasi di cantiere sino ad avere un video o delle diapositive, anche con diversi punti di vista, che consenta alla stazione appaltante e / o all'impresa di controllare, confermare o modificare le informazioni di progetto con maggiore velocità e in anticipo sui tempi effettivi di realizzazione.

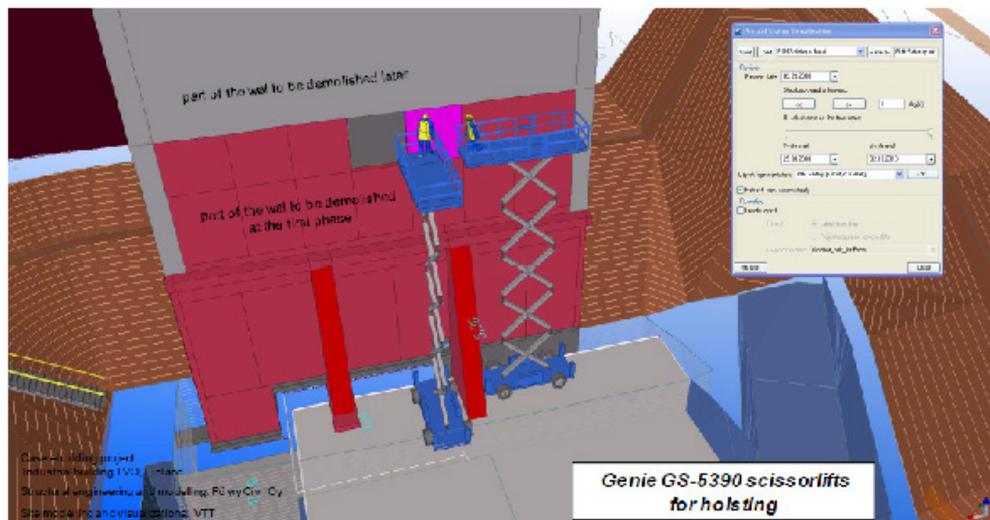


Fig. 2 - BIM 3D, fase di cantiere (da Kiviniemi M., Sulankivi K., Kahkonen K., Makela T., Merivirta M.L. 2011)

GLI STRUMENTI PER IL PROGETTO DELLA SICUREZZA IN CANTIERE ED IL BIM

La progettazione della sicurezza del cantiere si basa sull'analisi dei pericoli e sulla valutazione del rischio per le fasi costruttive. Si tratta di una attività la cui complessità aumenta anche con la complessità dell'opera in termini di fasi di lavoro e loro coordinamento.

Gli strumenti per il progetto della sicurezza del cantiere hanno quindi come requisito fondamentale quello di facilitare la comprensione da parte del progettista dei rischi presenti nelle fasi di lavoro. Gli strumenti per il progetto della sicurezza possono essere basati su documentazione cartacea o essere software per computer o presentare anche delle inter-

facce grafiche computerizzate, e possono essere classificati in (Ku K., Mills T., 2011):

- protocolli per analisi, valutazione dei rischi e progetto della sicurezza;
- checklists e strumenti di controllo dell'esecuzione;
- sistemi BIM o modelli CAD 3D o 4D.

I protocolli di analisi e valutazione del rischio forniscono gli elementi per la valutazione parametrica dei livelli di rischio in base a valutazioni standardizzate basate su specifiche caratteristiche delle fasi di lavoro da valutare (es. tipologia, procedure, attrezzature, dimensione della lavorazione ecc.) e in genere forniscono anche "template" per la definizione delle scelte progettuali operative per la sicurezza

delle fasi di lavoro.

Le checklists sono strumenti che contengono una lista di elementi da considerare sia in fase di progetto della sicurezza (in genere presenti in un database computerizzato, suddiviso per fasi di lavoro) che in fase di esecuzione per il controllo.

L'ultima categoria è costituita dai modelli tridimensionali computerizzati, ovvero dai modelli cosiddetti BIM che supportano il progettista con la visualizzazione delle fasi di cantiere. Questi modelli consentono di visualizzare alcune delle componenti della produzione edilizia in forma tridimensionale quindi di individuare meglio le interferenze tra i sistemi costruttivi e i conflitti spazio-temporali tra le

aree di lavoro.

In particolare i campi sui quali è necessario un miglioramento della progettazione della sicurezza dei lavoratori in cantiere sono (Gambatese et alii, 1997; Zhou et alii, 2012, Bragadin 2012):

- il progetto del cantiere con particolare approfondimento delle opere provvisorie necessarie;
- la pianificazione delle attività ed il loro coordinamento, con la corretta sequenza e presenza di attività in modo da evitare interferenze;
- la comunicazione con il personale operativo al fine di garantire la corretta informazione sui rischi presenti in cantiere e le conseguenti misure preventive da applicare per favorire l'adozione di comportamenti sicuri.

L'utilizzo dei sistemi BIM per la sicurezza in cantiere è ben documentato in letteratura ed è sintetizzabile nelle seguenti linee di ricerca (Kiviniemi M. et alii, 2011):

1. Formazione e addestramento. Con la realizzazione di un ambiente di simulazione 3D interattivo (realtà virtuale) si potrebbero addestrare operatori specializzati (es. gruisti) per operazioni di costruzione ad elevata complessità operativa.
2. Analisi e previsione di situazioni di rischio. Con l'introduzione di regole di identificazione automatica dei rischi, ad esempio caduta dall'alto o di oggetti, si potrebbe migliorare l'aspetto relativo alla prevenzione di rischi

specifici o di coordinamento;

3. Monitoraggio del cantiere. Con la base di un modello BIM completo di opere provvisorie si potrebbe confrontare delle foto prese in cantiere in date specifiche con il modello BIM di previsione della fase di lavoro ed analizzare gli scostamenti in modo automatico. Allo stesso modo si potrebbe documentare in forma automatica il progetto "as Built" (Ciribini A. Manto S. 2011).
4. Comunicazione e coordinamento. Si tratta senza dubbio del campo in cui si possono ottenere i migliori risultati. Infatti mentre per gli altri campi si può parlare di obiettivi da raggiungere attraverso successive sperimentazioni ancora in corso, la tecnologia BIM attuale permette già di utilizzare in ambito professionale il modello virtuale per tale scopo.

Le tecnologie informatizzate di visualizzazione di tipo innovativo possono quindi rispondere a due esigenze fondamentali per la gestione della sicurezza in cantiere (Bragadin M. 2012):

1. Pianificazione e coordinamento: la definizione della sequenza delle attività in cantiere, visualizzata e comunicata a tutti gli operatori responsabili, al fine di minimizzare le situazioni di rischio e implementare correttamente le necessarie azioni e apprestamenti.
2. Conoscenza del processo produttivo: si riferisce sostanzialmente alla conoscenza sufficientemente approfondita e continua-

mente aggiornata delle condizioni operative di lavoro e dei pericoli ad esse correlate. Sono attività che vengono svolte normalmente dai coordinatori, dirigenti, preposti e lavoratori in modo spesso intuitivo e basato sull'esperienza pregressa.

La modellazione BIM può fornire a queste esigenze un potenziale di informazioni che può garantire maggiori livelli di efficienza. Infatti la comunicazione visiva è considerata una delle forme più antiche di comunicazione, le prime scritture erano di fatto insiemi di disegni, ovvero immagini. La vista è comunemente considerata come il senso più affidabile, quello che ci dà una delle interpretazioni più autentiche della realtà. Per questo la comunicazione visiva è un media di informazioni ad alto impatto, che non necessita di conoscenze specifiche e che scavalca le barriere linguistiche. Infatti la visualizzazione è comunemente usata per dare maggior chiarezza ed ampliare nei significati la comunicazione verbale. In tutti i contesti industriali e produttivi sono usati diffusamente piani e grafici, disegni, foto, video e diapositive come fondamentale mezzo di trasmissione delle informazioni, soprattutto in edilizia dove si deve realizzare un progetto che è sempre un prototipo. Nonostante ciò anche la relazione tra vedere qualcosa e comprenderne appieno il significato può essere problematica. Anche il messaggio visivo necessita di un background culturale e formativo, spesso basato oltre che sulla scolarizzazione anche

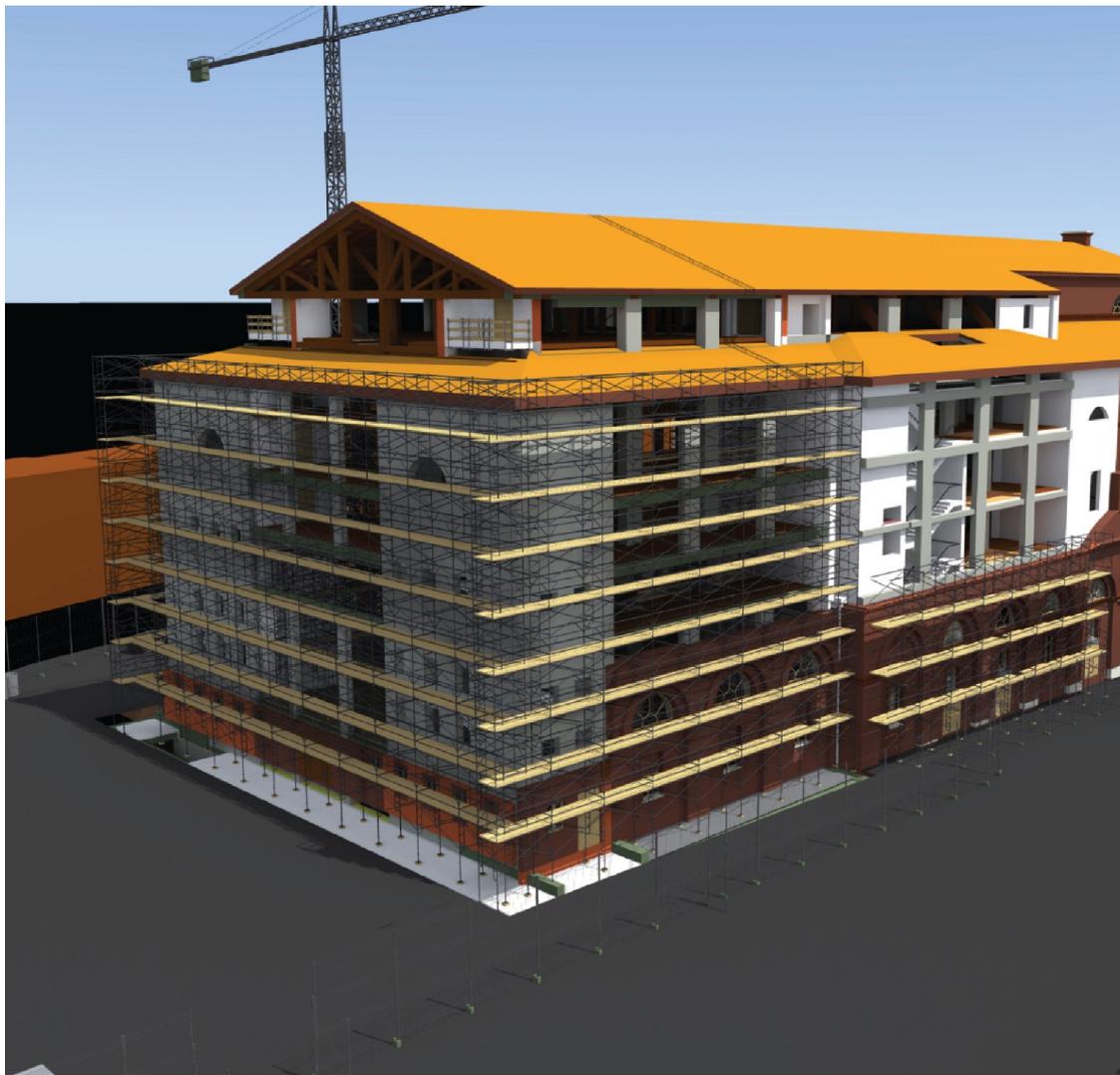
Fig. 3 - BIM 3D, fase di cantiere teatro A. Galli di Rimini (da Battistini, 2012)



sull'esperienza dell'individuo. Infatti è possibile, per esempio, che una visualizzazione complessa distraiga su di un particolare poco significativo nascondendo o rendendo difficile la comprensione del messaggio fondamentale allo spettatore poco attento o formato. Per lo stesso motivo si spesso si rappresenta o si crea un modello di quello che si vuole vedere. Un campo ulteriore di ricerca potrebbe essere la definizione del tipo di rappresentazione tridimensionale più appropriata per comunicare gli aspetti relativi alla sicurezza, ad esempio una assonometria od una rappresentazione foto realistica, o una navigazione interattiva nel modello [Kiviniemi M., Sulankivi K., Kahkonen K., Makela T., Merivirta M.L., 2011].

Fig. 4 - BIM 3D, fase di cantiere
teatro A. Galli di Rimini (da Battistini, 2012)

Per l'edilizia e il settore delle costruzioni in generale, per migliorare ancora la trasmissione delle informazioni sono state da sempre utilizzate soluzioni migliorative rispetto all'immagine bidimensionale, ovvero i modelli in scala a tre dimensioni o attualmente appunto i modelli virtuali computerizzati per la fase progettuale o esecutiva. Per questi scopi in generale si può utilizzare il BIM per mettere in relazione i metodi e i procedimenti costruttivi con gli elementi tecnici dell'opera, e quindi in un secondo tempo rendere queste informazioni più comprensibili inserendo il tempo nella rappresentazione virtuale e quindi rappresentando il processo costruttivo come una animazione data dalla sequenza delle fasi. Si



tratta di fornire informazioni aggiuntive che sono le relazioni tra le fasi della costruzione, ovvero le sequenze logico – cronologiche dei procedimenti costruttivi ed i nessi di causa – effetto tra le operazioni.

PROGETTO DELLA SICUREZZA CON L'APPROCCIO BIM PER IL CANTIERE DI RECUPERO: IL CASO DEL TEATRO GALLI

Nel progetto di recupero la struttura spaziale dell'edificio, e la sua complessità, rende necessaria la definizione di scelte progettuali e di sequenze costruttive che possono differenziarsi anche in modo significativo dagli standard produttivi ottimali per la nuova costruzione, vincolando di fatto la costruzione a logiche

produttive che, oltre a comportare una minore efficienza dei processi produttivi possono generare rischi aggiuntivi per le lavorazioni. È in questo ambito che il BIM / CAD 4D può sviluppare al massimo le sue potenzialità per l'individuazione della corretta logica produttiva, del conseguente assetto del layout del cantiere e delle specifiche misure preventive richieste. Nell'ambito della tesi di laurea magistrale del Dott. Ing. Giuseppe Battistini (2012) presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, sono state sperimentate alcune soluzioni software dedicate alla realizzazione di un CAD 3D / 4D concernente le fasi del progetto di ricostruzione del teatro Amintore Galli di Rimini, da cui sono state tratte le figure 1, 3 e 4.

Questa attività di sperimentazione ha rivelato la necessità di costruire un modello virtuale CAD 3D interamente dedicato alla fase esecutiva. Una volta realizzato il modello lo strumento BIM / CAD3-4D può essere di notevole aiuto al progettista della sicurezza nelle fondamentali fasi per il progetto della sicurezza per il cantiere di recupero, come identificate anche da Bansal (2011):

- scelte progettuali relative ai parametri che influenzano la sicurezza;
- definizione della sequenza delle fasi esecutive e coordinamento;
- definizione delle procedure operative e delle istruzioni di lavoro per le fasi.

Per quanto riguarda le scelte progettuali rela-

tive ai parametri che influenzano la sicurezza in cantiere si tratta di attuare le scelte relative al progetto operativo/costruttivo delle opere, contemplando quindi i layout di cantiere relativi alle successive fasi di lavoro, il posizionamento e la tipologia delle opere provvisorie (ponteggi fissi e mobili, elementi provvisori di sostegno e di supporto alla viabilità), le condizioni dell'area del cantiere in relazione al contesto ambientale, le vie di circolazione e gli accessi al cantiere, gli aspetti di comfort ambientale dei lavoratori e di igiene del lavoro e l'installazione degli impianti di cantiere. In questa fase la progettazione costruttiva e del layout di cantiere sono elementi dominanti, ed il modello tridimensionale CAD, o con l'in-

serimento della variabile tempo CAD 4D, può essere di notevole aiuto fornendo la visualizzazione delle soluzioni scelte (figura 3). La definizione della sequenza delle fasi esecutive ed il loro coordinamento con l'approccio BIM deriva dalla relazione tra il programma dettagliato delle opere e gli elementi 3D presenti nel modello. È forse la fase più problematica in quanto ancora sconta problemi di interoperabilità tra software (Battistini, 2012). Il progetto è scomposto in attività cantieristiche e la definizione del programma lavori esecutivo è data dalle attività stesse, dalle relazioni logiche e cronologiche tra di esse e dalla stima della durata. Il legame tra le attività eseguite o in corso di esecuzione e la visualizzazione

grafica dei prodotti, o dei sotto prodotti / prodotti intermedi può rendere estremamente significativo il modello virtuale tridimensionale. Inoltre il modello grafico permette di visualizzare con precisione le aree di lavoro afferenti ad attività contemporanee, consentendo il coordinamento tra le varie attività anche a livello di lavorazione, e permettendo di programmare le presenze delle varie risorse produttive in aree di cantiere attigue o coincidenti, in modo tanto più preciso quanto più dettagliata è la programmazione (figura 4). Infine l'aspetto della definizione delle procedure operative e delle istruzioni di lavoro può essere trattato sia come successiva visualizzazione di sequenze specifiche di attività re-

lative a determinate porzioni di opera (il che comporta in genere un maggior dettaglio temporale per la scomposizione in sottofasi di lavoro, come ad esempio lo svolgimento di una fase di demolizione selettiva o di una sottomurazione), sia come elementi di testo inseriti nel database BIM relativi a specifici oggetti del modello (es. checklist per il controllo di misure di prevenzione per lo svolgimento di una attività specifica).

CONCLUSIONI

Il BIM, o meglio il CAD3D/4D, nella gestione della sicurezza in cantiere può rappresentare un forte elemento innovativo per rendere più efficiente la realizzazione delle misure prevenzionistiche, soprattutto nei cantieri complessi di recupero edilizio, in quanto facilita la verifica preventiva dell'adeguatezza delle scelte inerenti la protezione dai rischi dei lavoratori, e ne semplifica il controllo.

Tuttavia l'applicazione di queste tecniche per il progetto della sicurezza in cantiere rivela limiti e necessità di miglioramento, proprio in quanto sono tecniche nate per il controllo della progettazione e non della costruzione e questo rende spesso necessaria una costruzione "ad hoc" di un nuovo modello virtuale per poter meglio sviluppare la sequenza delle varie lavorazioni. Il miglioramento di questo aspetto è sicuramente una delle strade ancora aperte alla ricerca.

BIBLIOGRAFIA

Bansal V.K. (2011), *Application of Geographic information systems in construction safety planning*, International Journal of Project Management 29 (2011) pp. 66-77

Battistini G. (2012), *"BIM – Building Information Modeling per la programmazione e la sicurezza dei cantieri. Il caso della ricostruzione del teatro A. Galli di Rimini"*, tesi di laurea magistrale in ingegneria edile – architettura, Relatore Prof. M. Bragadin, Correlatori Prof. C. Galli e Prof. R. Mingucci, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna.

Bragadin M. (2012), *Building Information Modelling e Sicurezza*, in atti del Convegno annuale sicurezza CPTO IIPLE Bologna 2012, AMS ACTA Università di Bologna

Cabinet Office British Government (2010), *Government Construction Strategy*, London

Ciribini A., Manto S. (2011), *Project Sponsorship, la com-*

mittenza e le condizioni di integrazione, Swedish Construction Clients Forum.

Comani C. (1999), Relazione introduttiva in Atti del Convegno "Il recupero delle emergenze storiche della città", DAPT Bologna 1996.

De Luca Picione M., Dell'Osso G.R. (2010), *Simulazione e modellazione con il Building Information Modeling*, Atti del Convegno ISTE 2010 Isola d'Elba, giugno 2010.

Gambatese J. A., Hinze J. W., Haas C. T. (1997), *Tool to design for Construction Worker Safety*, Journal of Architectural Engineering vol. 3 n.1 march 1997.

Gao J., Fischer M., Tollefsen T., Haugen T., (2005), *Experiences with 3D and 4D CAD on Building Construction Projects: Benefits for Project Success and Controllable Implementation Factors*, Proceedings of CIB W078 22nd Conference on Information Technology in Construction,

2005 Dresden

Garagnani S., Cinti Lucia-ni S., Mingucci R. (2011), *Building Information Modeling: la tecnologia digitale al servizio del progetto di architettura*, DISEGNARECON, 4(7), 5 - 19, doi:10.6092/issn.1828-5961/2297

Kiviniemi M., Sulankivi K., Kahkonen K., Makela T., Merivirta M.L. (2011), *BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction*, VTT research notes 2597, VTT Finland

Ku K., Mills T. (2011), *Research Needs for Building Information Modeling for Construction Safety*, International proceedings of Associated Schools of Construction. 45th Annual Conference, Boston, MA.

UNI 10914/1 (2001), *Edilizia. Qualificazione e controllo del progetto edilizio di intervento di nuova costruzione e di interventi sul costruito*.

Vacharapoom B., Sdabhon B. (2010), *An integrated safety management with*

construction management using 4D CAD model, Safety Science, No. 48

Zhou W. Whyte J. Sacs R. (2012), *Construction safety and digital design: a review*, Automation in construction 22 (2012) pp. 102-111

BIBLIOGRAFIA IMMAGINI

Battistini G. (2012) *"BIM – Building Information Modeling per la programmazione e la sicurezza dei cantieri. Il caso della ricostruzione del teatro A. Galli di Rimini"*, tesi di laurea magistrale in ingegneria edile – architettura, Relatore Prof. M. Bragadin, Correlatori Prof. C. Galli e Prof. R. Mingucci, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna

Kiviniemi M., Sulankivi K., Kahkonen K., Makela T., Merivirta M.L. (2011), *BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction*, VTT research notes 2597, VTT Finland