



Massimiliano Lo Turco

ingegnere e architetto, Dottore di ricerca, assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica, docente a contratto presso la I Facoltà di Architettura, Politecnico di Torino. Dal 2008 è consulente presso il Servizio Edilizia del medesimo Ateneo per lo sviluppo di progetti in ambiente BIM.

Dalla geometria delle preesistenze alla conoscenza della costruzione: un'esperienza di recupero aggiornata dalla metodologia BIM

From the geometry of pre-existing to the construction knowledge: an updated recovery from BIM

Il termine costruire (lessicalmente) equivale a riordinare le singole parti dell'operazione secondo il nesso logico e grammaticale; ed altresì disporle e collegarle secondo le regole e l'uso della lingua. Analogamente gli odierni strumenti BIM possiedono nelle loro corde sia una riconoscibile capacità di sviluppare progetti seguendo le regole del buon costruire, sia un puntuale controllo della geometria da cui derivano le molteplici rappresentazioni di tipo grafo-numerico. Ci si interrogherà inoltre sul rinnovato rapporto tra Rilievo e Progetto, in un ambiente particolarmente fertile ove la Geometria è indagata nelle sue poliedriche proprietà e al Disegno è affidato un ruolo di maggiore visibilità e di effettiva rilevanza.

Lexically, the verb to construct means to reorder the individual parts of the operation following grammatical and logical connections, linking and arranging them according to the rules and the use of language. Similarly, today's BIM have the capability to develop projects by following the rules of good constructor, and a precise control of geometry and of the different representations types. It will be also analyzed the renewed relationship between Survey and Design, in a particularly fertile background in which Geometry is investigated in its versatile properties and Drawing plays a role of greater visibility and effective relevance.

Parole chiave: geometria, recupero, rilievo, progetto, BIM, laser scanner

Keywords: geometry, renovation, survey, design, BIM, laser scanner

INTRODUZIONE

Costruire: comporre unendo insieme più cose convenientemente, un edificio, una macchina, uno strumento. O ancora, il termine costruire (lessicalmente) equivale a riordinare le singole parti dell'operazione secondo il nesso logico e grammaticale; ed altresì disporle e collegarle secondo le regole e l'uso della lingua. Analogamente a quanto sopra riportato, gli odierni strumenti BIM presentano questa dicotomia etimologica, avendo nelle loro corde sia una riconoscibile capacità di sviluppare progetti seguendo le regole del buon costruire, sia un puntuale controllo della geometria da cui derivano le molteplici rappresentazioni di tipo grafo-numerico.

Superando il limite psicologico della terza dimensione se ne introduce una quarta, quella temporale, attraverso una gestione del prima, del durante e del dopo (volgarmente stato di fatto, demolizioni e costruzioni e stato di progetto). Il concetto di elaborazione multidimensionale viene ulteriormente enfatizzato dal possibile controllo dei costi (disegni 5D) e da future applicazioni nell'ambito del Facility Management (6D).

Ci si interrogherà inoltre sul rinnovato rapporto tra Rilievo e Progetto, in particolar modo suggerendo soluzioni per un efficace utilizzo delle nuvole di punti ottenute da scansioni al laser scanner, importabili direttamente all'interno del software parametrico e gestibili congiuntamente ad altre informazioni provenienti da elaborati d'archivio e rilievi diretti. Il caso studio proposto si riferisce infatti al recupero edilizio dell'ex Centrale Termica del Politecnico di Torino, oggetto di prossima riconversione e futura sede di nuove aule a servizio della didattica. La relativa semplicità formale dell'involucro esterno ha rappresentato l'occasione ideale per la sperimentazione di possibili sinergie operative in ambiente BIM tra dati eterogenei: scansioni georeferenziate per la definizione delle superfici esterne ed interne del corpo di fabbrica, integrabili e confrontabili con i disegni d'archivio del primigenio progetto (1954), nonché rilievi diretti di piccole superfetazioni non correttamente documentate.

L'esempio proposto assume quindi particolare valenza teorica, quale pretesto per porsi interro-

gativi circa l'integrazione dei dati di rilievo in ambiente BIM pur mantenendo traccia della natura del dato, ma al tempo stesso applicativo, stante la necessità di produrre elaborazioni di carattere esecutivo per la successiva realizzazione dell'opera.

In un ambiente così fertile, la Geometria è indagata nelle sue poliedriche proprietà, confermata quale agente di mediazione intellettuale e di supporto espressivo, verso una rinnovata qualificazione del processo progettuale, ove al Disegno è affidato un ruolo di maggiore visibilità e di effettiva rilevanza.

LA FASE DI RILIEVO

Come sottolinea Migliari nel trattato sulla Geometria dei modelli, "[...] la costruzione di un edificio non è cosa che si possa improvvisare: troppo complessa è la sua natura statica, funzionale ed estetica, troppo articolati i rapporti che l'edificio intrattiene con il paesaggio circostante. Per progettare, architetti e designer si servono dunque di modelli, che consentono loro di simulare la costruzione e di prevederne il comportamento e gli effetti sull'intorno". (Migliari, 2003).

Nel caso studio proposto, la procedura di ricostruzione dell'oggetto si distingue, come di consueto, in una prima fase di misura per la successiva restituzione dello spazio. Le operazioni di

rilievo dell'edificio si articolano a loro volta in alcune sotto fasi, relative al rilievo delle poligonali d'appoggio, delle misure laser a scansione e la loro georeferenziazione. L'adozione di un sistema di riferimento topografico per le nuvole di punti consente di riferire tutte le osservazioni sulla posizione degli elementi ad un piano orizzontale, permettendo inoltre di collegare ed integrare scansioni laser eseguite in tempi diversi.

Per definire in modo corretto e completo l'edificio della centrale termica sono state eseguite 27 scansioni da diversi punti di presa, sia esterni che interni all'edificio. Ogni scansione è stata configurata indicando:

- il nome del file originale e il nome di file esportato in formato *.pts;
- l'ampiezza angolare della scansione;
- la risoluzione adottata, con una densità sufficiente per la descrizione di dettagli in scala 1:50 (1punto/cm) nell'ambito della porzione dell'edificio rilevata da ogni posizione di scansione, nel tentativo comunque di limitare la mole di dati da trattare. Pertanto:
- per distanze tra scanner e i dettagli dell'edificio limitate (10-15 m, come per esempio nel sotterraneo), è stata impostata una risoluzione più bassa (qualità 1/8);
- per distanze più ampie rispetto al caso precedente (fino a 20-25 m, come per esempio

1. Lo strumento utilizzato per le scansioni al laser scanner.



<i>Dimensioni</i>	24 x 20 x 10 cm
<i>Peso</i>	5 kg
<i>Range</i>	0.60-120 m
<i>Accuratezza distanziometro</i>	2 mm
<i>Precisione distanziometro</i>	0.95 mm a 25m
<i>Divergenza laser</i>	0.009°
<i>Campo visivo</i>	305°x360°
<i>Risoluzione</i>	0.009°
<i>Massima velocità di scansione</i>	976000 punti/s
<i>Precisione Sensore di inclinazione (biassiale)</i>	0.015°
<i>Camera digitale</i>	Fino a 70 Mpixel

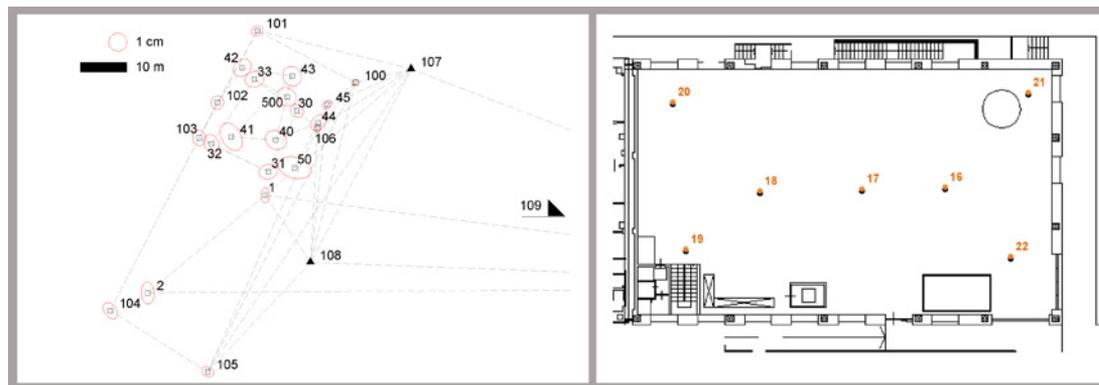
all'interno del piano terra), è stata impostata una risoluzione media (qualità 1/4—1/5); - per distanze elevate (ad esempio sulla facciata principale), sono state impostate risoluzioni più elevate.

Le varie scansioni sono quindi state orientate nel sistema di coordinate locale mediante operazioni di rototraslazione spaziale, definibili in base alle coordinate dei marker imponendo la condizione di verticalità dello strumento correttamente impostata in fase di acquisizione grazie al sensore biassiale di verticalità. Da un punto di vista tecnico trattasi di procedure fotogrammetriche ormai consolidate; si intende in questa sede porre invece particolare attenzione al rapporto tra il modello numerico del rilievo fotogrammetrico ed il modello geometrico ottenuto mediante l'interpretazione delle suddette nuvole di punti in ambiente BIM.

LA RESTITUZIONE DEI DATI IN AMBIENTE BIM

Molto spesso si è discusso circa la possibilità di perseguire una completa automazione delle procedure di restituzione; a tale riguardo nel settore dell'imaging nuovi algoritmi faranno crescere il livello di automazione della procedura fotogrammetrica, pur mantenendo sempre come obiettivo primario la creazione di un modello accurato. (Remondino, 2011).

Attualmente si ha quindi a disposizione un'ampia scelta di strumenti e procedure, taluni in fase di sperimentazione, che richiedono una corretta ed



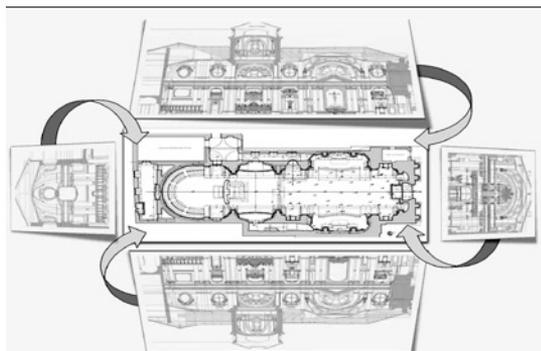
2. Schema della poligonale compensata e identificazione dei punti per le scansioni al piano terreno.

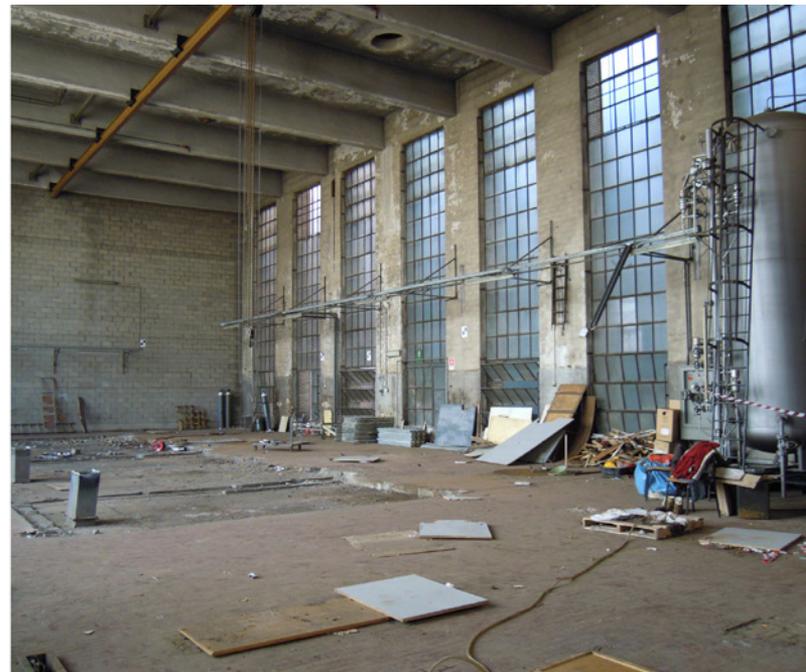
efficace integrazione tra i diversi applicativi per l'ottimizzazione di processi conoscitivi fondati su metodologie strutturate. La rappresentazione digitale richiede utilizzatori sempre più colti, capaci di distinguere, selezionare e scegliere prima ancora di cimentarsi con l'uso delle varie strumentazioni (Albisinni, de Carlo, 2006). A questo proposito, qualche anno fa alcuni ricercatori del DISEG si cimentarono in un'importante operazione di ricostruzione virtuale di un manufatto complesso a partire da dati metrici non ancora interpretati, con finalità diverse rispetto al caso studio riportato [1]. Nella precedente sperimentazione la nuvola di punti venne importata in un programma

di disegno vettoriale e impiegata per ricavarne sezioni significative. La preparazione dell'ambiente di lavoro virtuale fu posta in essere usando la tecnica denominata "blueprints", in cui gli elaborati bidimensionali di output risultanti dal rilievo architettonico furono applicati in formato raster ad alta definizione su piani adeguatamente collocati nello spazio di lavoro, in modo da poterne desumere i riferimenti dimensionali. (Lo Turco, Sanna, 2010).

Nel caso studio in esame, le nuvole di punti sono state classificate in modo tale da essere facilmen-

3. Tecnica blueprint per la ricostruzione del modello informatico a partire da elaborati bidimensionali.





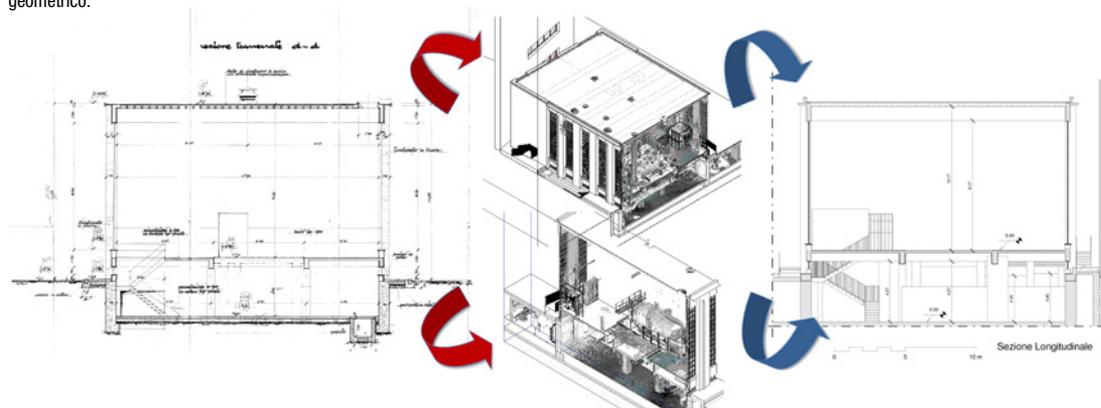
te suddivisibili in:

- scansioni esterne al corpo di fabbrica;
- scansioni interne alla centrale termica – piano terreno;
- scansioni interne alla centrale termica – piano interrato.

In questo modo, data l'enorme quantità di dati in esse contenute, sarà possibile alternativamente caricarne soltanto parte di esse, agendo sul parametro di visibilità delle nuvole di punti stesse. Nelle più recenti versioni del software parametrico utilizzato [2], è consentita l'importazione e la gestione semplificata delle informazioni derivanti dal rilievo fotogrammetrico all'interno del software di modellazione, riconosciuti come riferimenti esterni, quindi modificabili mediante opportuni riquadri di sezione, sia nelle viste mongiane sia nelle viste assonometriche. Tale procedura consente di controllare parametricamente

4. Interno del manufatto. Nuvola di punti e fotografia della Centrale Termica in fase di dismissione.

5. L'interpolazione delle informazioni provenienti dai disegni d'archivio (1954) con le nuvole di punti consentono il passaggio dal modello matematico al modello geometrico.



la profondità di taglio (orizzontale e/o verticale) agevolando notevolmente la procedura di restituzione.

Nonostante siano presenti sul mercato alcune plug-in che automatizzano la procedura di restituzione, si è preferito, in questa prima sperimentazione, una personale impostazione del lavoro, operando su griglie e piani di riferimento vincolati tra loro, su cui sono stati allineati i diversi elementi edilizi oggetto della restituzione infografica.

Così facendo si è rispettato l'ordine vitruviano (ed operativo) dei disegni [3]: nonostante negli applicativi BIM non vi sia alcuna distinzione tra i diversi elaborati desumibili dal modello tridimensionale, nella procedura di restituzione si sono definiti in prima istanza il tracciato sul suolo, su cui si eleva la muratura, per controllarne poi parametricamente le altezze e le diverse stratigrafie. La rappresentazione scenografica, inoltre, non deriva dalle precedenti elaborazioni, ma è coeva.

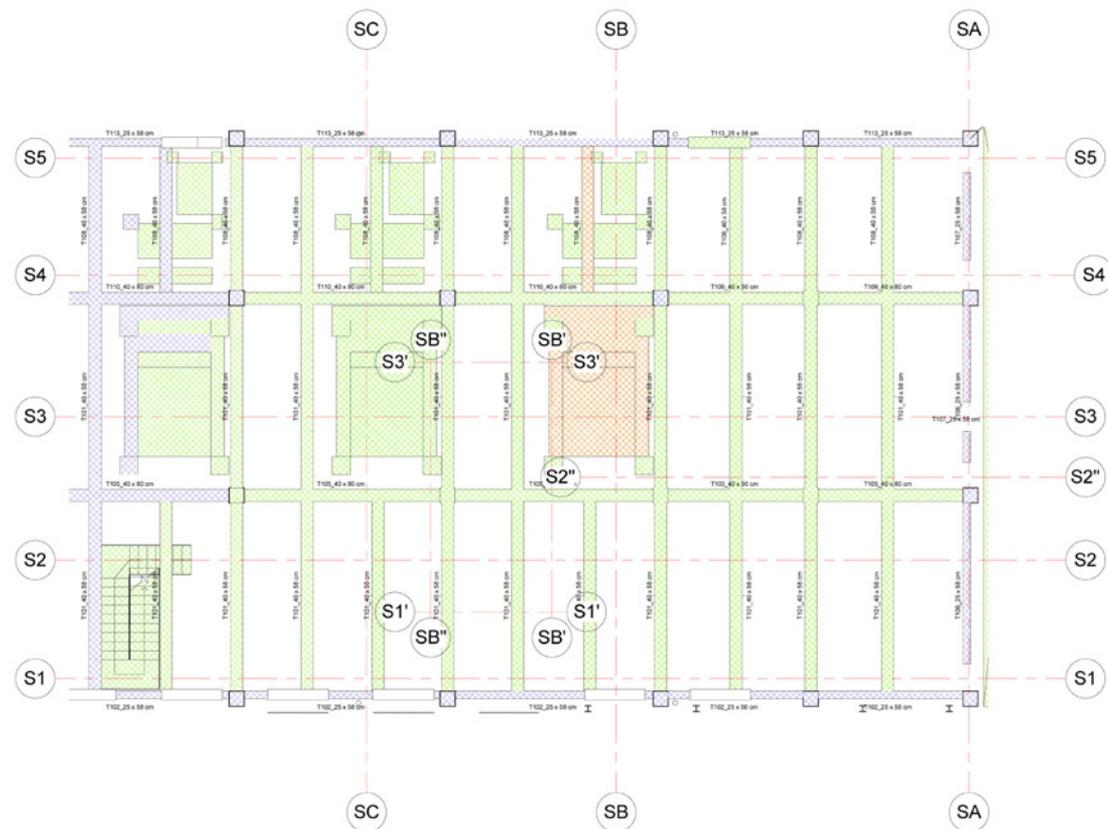
L'integrazione e il confronto con i disegni d'archivio del progetto originale, unitamente ad alcuni rilievi diretti di alcune superfetazioni successive, sono facilmente gestibili attraverso l'attribuzione di parametri di progetto in base all'origine del dato:

- rilievo desunto dai dati al laser scanner (verde);
- rilievo desunto dalle tavole d'archivio (azzurro);
- rilievo diretto (rosso).

Questa codifica consente, attraverso l'uso di opportuni filtri di visualizzazione, la predisposizione di tavole tematiche volte ad una maggiore comprensione dell'apparato strutturale rilevato.

DAL RILIEVO AL PROGETTO (E RITORNO)

Si è articolato il lavoro di restituzione in tre fasi distinte e successive: la sintesi (acquisizione delle misure) la riduzione (messa in tavola dello stato di fatto) e la proiezione (scelta delle viste necessarie e sufficienti per una descrizione esaustiva del manufatto). Conclusa la fase di restituzione si è proceduto con l'attività progettuale, operando in continuità nel medesimo ambiente parametrico; ciò ha comportato un'efficace gestione e classificazione dei dati desunti dal rilievo strumentale e ha permesso, peraltro, di investigare le molte



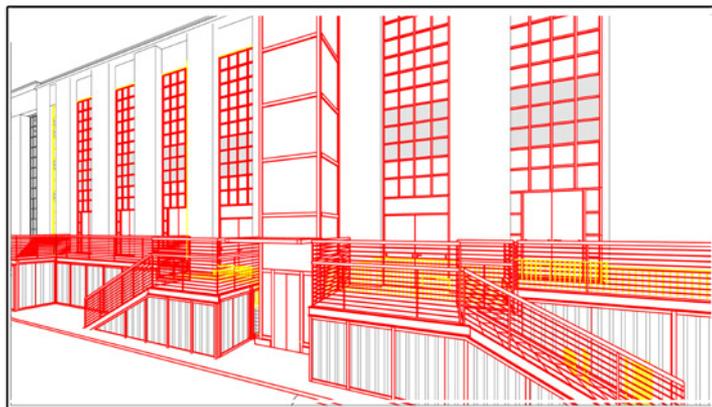
6. Tavola tematica atta a distinguere la natura del dato rilevato.

plici potenzialità del BIM, gestendo la variabile temporale e l'insieme delle informazioni, di tipo grafico, tabellare, prestazionale ed estimativo, attraverso un database multirelazionale. Se è vero sempre che in questo processo dalla realtà si deduce un modello geometrico astratto che fornisce, per proiezione, una o più viste, è altrettanto vero che il processo è reversibile, attraverso l'uso del medesimo applicativo – ed è qui forse la novità del presente contributo – relazionale ad un'unica base dati: l'intero processo descritto è quindi percorribile nei due versi: quello che va dalla real-

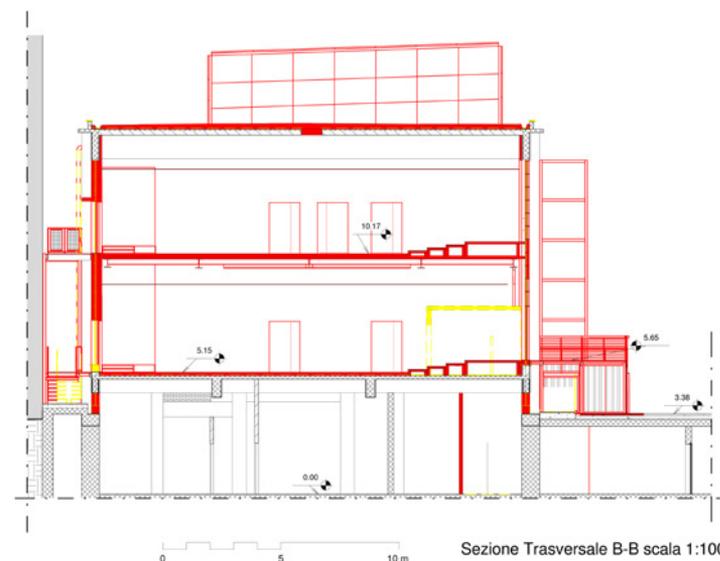
tà al disegno (rilievo) e quello che va dal disegno alla realtà (progetto). (Migliari, 2003).

Nel processo di ricostruzione del modello, le diverse accezioni del termine costruire sono quanto mai pertinenti. In questo ambiente si gestiscono pertanto due diversi modelli:

- il modello numerico, rappresentato dalle diverse scansioni al laser scanner atte a costituire una base dati di informazioni non ancora interpretate;
- il modello matematico, derivante dall'interpolazione delle informazioni geometriche sopra descritte volte a costituire il riferimento per le suc-



Vista ad altezza ingresso principale



7. Visualizzazione di demolizioni e costruzioni in vista spaziale e proiezione mongiana.

cessive simulazioni progettuali.

È proprio in questa fase, tanto più in ambiente BIM, che si consolida un ancor più stretto rapporto tra la costruzione geometrica e la costruzione fisica. In questo senso, la metodologia del Building Information Modeling esprime proprio il valore aggiunto di una modellizzazione delle informazioni dell'edificio virtuale, basando gran parte delle procedure di interazione tra le diverse componenti edilizie in conformità alle regole del buon costruire.

L'estrema attitudine alla manipolazione diviene dunque la peculiarità propria dei modelli digitali: tali modelli consentono di individuare i diversi momenti del processo progettuale, di potere verificare le ipotesi di partenza, di poterle contraddire, di instaurare un rapporto di continua interrogazione tra professionista ed il manufatto architettonico oggetto di studio. (Frasca, Guarnieri, Triscari, 2007). Questa articolazione di

processi non si esaurisce nella mera ricostruzione tecnologica dei diversi elementi che appartengono all'edificio caduto in disuso, quanto piuttosto nella capacità di organizzare le diverse fasi di demolizione e costruzione di uno o più interventi progettuali proposti.

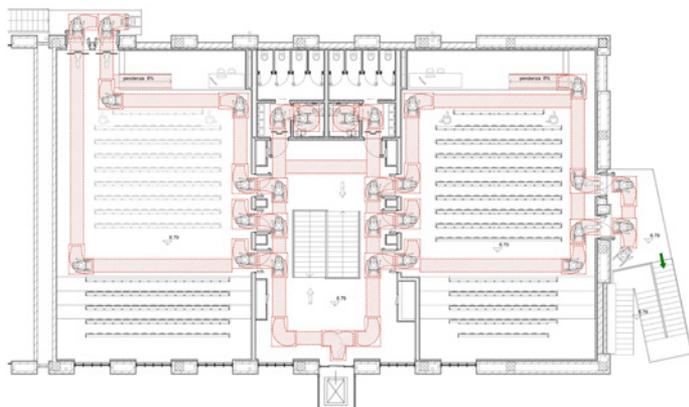
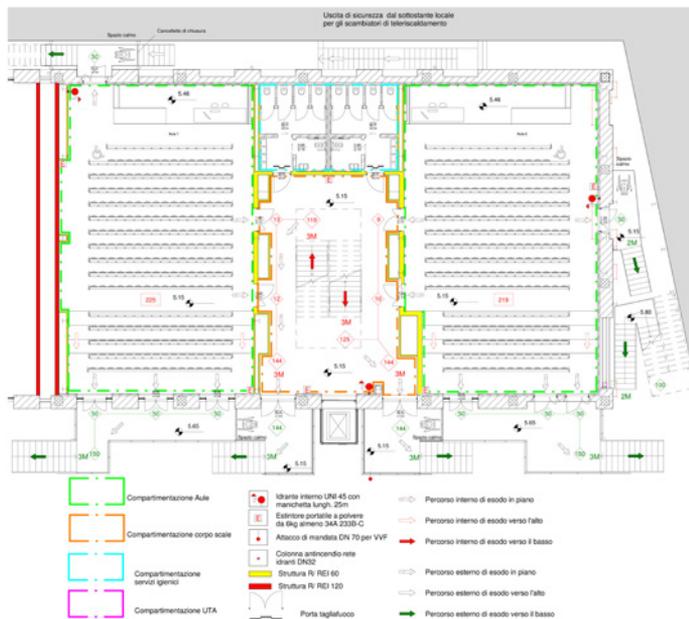
Trattasi quindi di un esercizio iterativo in cui è possibile sviluppare un processo di lettura critica del manufatto architettonico, avvalendosi di un modello virtuale perfezionabile il quale vivrà in costante rapporto di interrogazione.

Il processo iterativo di verifica, controllo e aderenza tra ideazione e costruzione non si esaurisce a ultimazione della fase progettuale: recenti applicativi [4] consentono di collegare qualsiasi tipo di informazione identificativa delle diverse componenti (codici a barre, target leggibili attraverso applicazioni di realtà aumentata, operazioni trasversali tra abachi,...) con base dati esterne al software parametrico, in modo interoperabile:

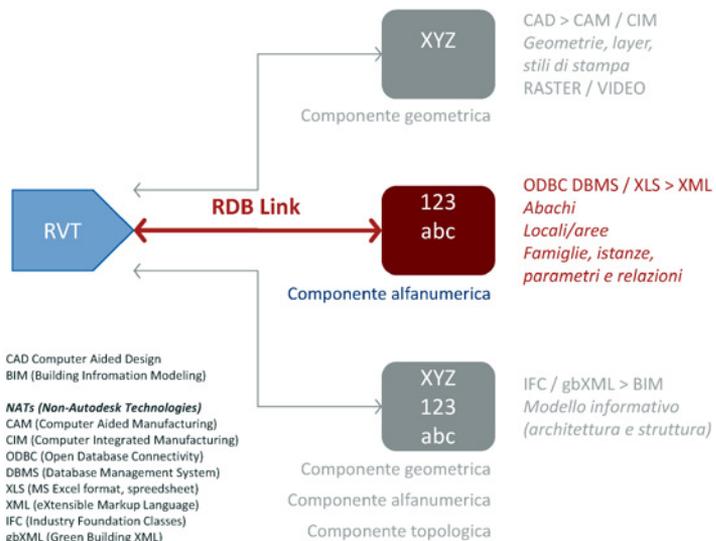
questa metodologia verrà utilizzata in fase di cantiere per un efficace controllo delle forniture dei materiali. Nel caso studio proposto, ad esempio, ogni pilastro in acciaio sarà caratterizzato da un proprio codice che ne identifica l'esatta posizione spaziale nel modello informatico e nella realtà.

Traendo spunto dalla concretezza del "fare" se ne possono astrarre principi di valenza metodologica, guardare alla rappresentazione e al disegno come media che collaborano per una conoscenza più approfondita richiede una rinnovata attenzione verso le altre forme del sapere e dell'operare, nonché l'assunzione di una posizione di ascolto per le esigenze che vengono espresse da altri attori che intervengono nel processo di elaborazione progettuale. (Novello, Lo Turco, 2012).

La ricchezza della disciplina del Disegno consiste dunque nel suo articolarsi in modo vario e complesso con numerose interconnessioni disciplinari. Anche se è possibile perdersi con una cer-



9. Schematizzazione del processo di condivisione di molteplici base dati.



Collegamento asincrono
(integrità referenziale)

Gestione "esterna" e
integrata dei parametri



Base dati relazionale e
fogli di calcolo
aggiornano determinati
parametri del progetto
RVT

Estrazione
Cronogrammi di tipo
GANTT e PERT

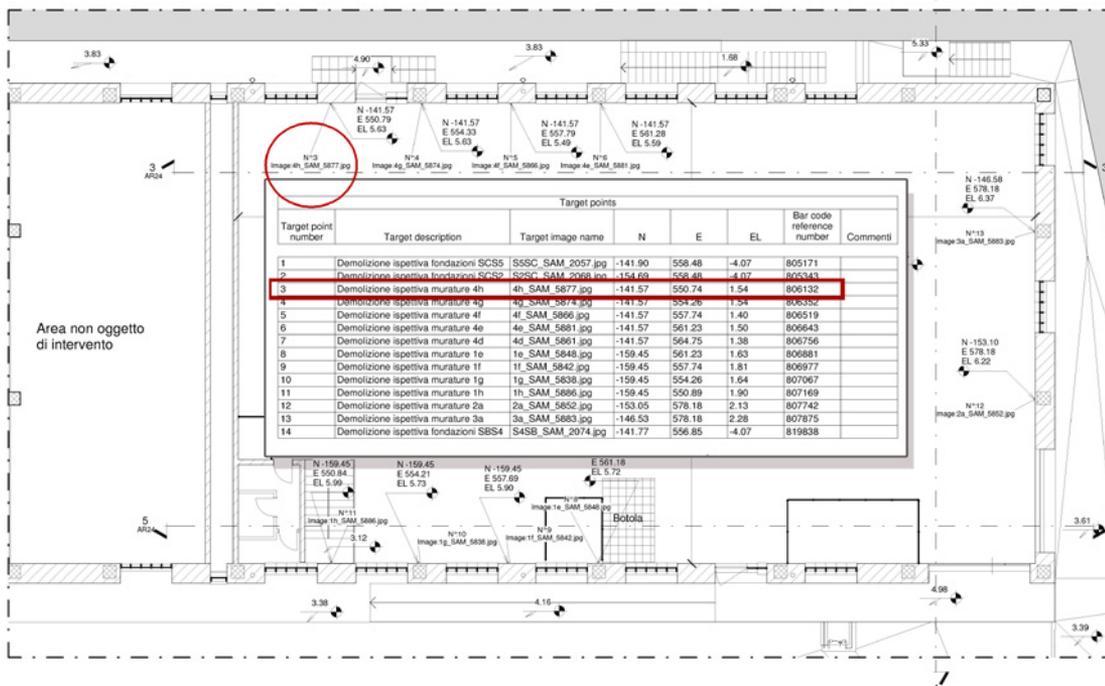
8. Tavole tematiche: analisi progetto per la richiesta del parere di conformità al Comando dei Vigili del Fuoco e per il superamento delle barriere architettoniche.

NOTE

- [1] Il lavoro di rilievo e restituzione grafica della chiesa della Misericordia, in Torino è stato condotto nel 2008 da un gruppo di ricercatori del Politecnico di Torino afferenti agli attuali Dipartimenti DISEG (Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica) e DIATI (Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture).
- [2] Il software utilizzato è Revit Architecture 2012.
- [3] Tale ordine prevede le elaborazioni iconografiche per la definizione delle viste planimetriche a cui seguono le viste ortografiche, attra-

verso il disegno in vera forma degli alzati dell'edificio.
[4] A partire dal 2009, Autodesk Labs ha sviluppato un'estensione (l'add-in RDBLink, Revit Database Link), dedicata agli utenti che desiderano gestire i dati alfanumerici del progetto anche esternamente a Revit, ma che comunque hanno necessità di integrare un certo numero di dati all'interno del processo di progettazione parametrica. Lo strumento permette all'utente di esportare i dati degli elementi dal software parametrico, pur mantenendo le relazioni con i dati gestiti internamente. Inoltre, durante esportazioni successive

dei dati allo stesso database, solo i dati del progetto saranno aggiornati, in modo che qualsiasi nuovo parametro o nuova tabella aggiunti al database per proprie finalità rimarranno intatti accanto ai nuovi dati esportati. La sperimentazione descritta è stata condotta dall'ing. Gregorio Cangialosi e dall'ing. Maurizio Boconcono.



10. Individuazione di alcuni target point associati a specifiche ispezioni sulla muratura esistente; tali informazioni sono tabulabili (posizionamento, descrizione, numero identificativo).

ta facilità in uno dei molti sentieri ramificati che coronano ai bordi della disciplina, tuttavia vale la pena sperimentare attraverso la ricerca paziente, la complessità della rete di riferimenti, per puntare poi alla costruzione di un più alto equilibrio progettuale. La presenza di una strada maestra, o di un indirizzo basato su dati consolidati e rassicuranti, non di rado risulta ingannevole e ha portato a perseguire obiettivi fuori misura, facendo perdere le relazioni fondamentali tra le parti e tralasciando di curare i fecondi rapporti con altre discipline. Il viaggio che percorre un disegnatore alla ricerca del progetto è ricco di ostacoli ed è, in buona sostanza, la metafora dell'approssimarsi alla conoscenza. (Manganaro et Alii, 2007).

BIBLIOGRAFIA

Albissinni, Piero. De Carlo, Laura (2006) La modellazione informatica nella didattica del disegno di architettura, in Docci, Mario, (a cura di) Disegnare idee e immagini n° 32, Gangemi Editore, Roma 2006, p. 24-33.

Frasca, Raffaello. Guarnieri, Daniela. Triscari, Francesco Paolo, (2007), Nuove valenze della rappresentazione digitale, in Malinverni, Eva, (a cura di) E- Arcom07 - Tecnologie per comunicare l'architettura, Atti del convegno, Ancona, CLUA Edizioni, p.279.

Lo Turco, Massimiliano. Sanna, Marco, (2010), La modellazione digitale ricostruttiva: il caso della chiesa della Misericordia a Torino, in Docci, Mario, (a cura di) Disegna-

re idee e immagini n° 41, pp.42-51.

Manganaro, Mario. Altadonna, Alessio. Marchese, Claudio. Nastasi, Antonio. Siragusa, Nicola, Note su alcuni aspetti della rappresentazione del progetto, in Malinverni, Eva, (a cura di) E- Arcom07 - Tecnologie per comunicare l'architettura, Atti del convegno, Ancona, CLUA Edizioni, p. 357.

Migliari, Riccardo, (2003), Geometria dei modelli, Edizioni Kappa, Roma, pp.13-15.

Novello, Giuseppa. Lo Turco, Massimiliano, (2012) Which drawing to deliver more information? In Gambardella, Carmine (a cura di), Less More Architecture Design Landscape, Le vie dei Mercanti X Forum Internazionale di Studi, La scuola di Pitagora editrice, Napoli, pp. 690-700.

Remondino, Fabio, (2011), Rilievo e modellazione 3D di siti e architetture complesse, in DISEGNARECON, Università di Bologna, vol. 4, n.8, pp. 80-89.