UN'APPLICAZIONE BIM AL SERVIZIO DELLA DL STRUTTURALE IN CANTIERE: IL MODELLO BIM STRUTTURALE DELLA TORRE INTESA SANPAOLO A TORINO

Il progetto del Grattacielo per il nuovo centro direzionale Intesa Sanpaolo a Torino è al contempo un laboratorio ambientale ed un progetto urbano, oltre che una grande opera strutturale. È inoltre il risultato di un importante lavoro di progettazione che ha coinvolto strutturisti ed architetti di chiara fama internazionale, ed un lavoro di fabbricazione con l'impegno di costruttori italiani di carpenteria di primaria importanza.
Ad integrazione e supporto dei lavori di costruzione della torre, è stato sviluppato un modello tridimensionale completo e dettagliato della struttura, con il preciso obiettivo di esplorare nuove potenzialità del BIM - "Building Information Modeling" al servizio delle attività assegnate alla direzione lavori strutturale.

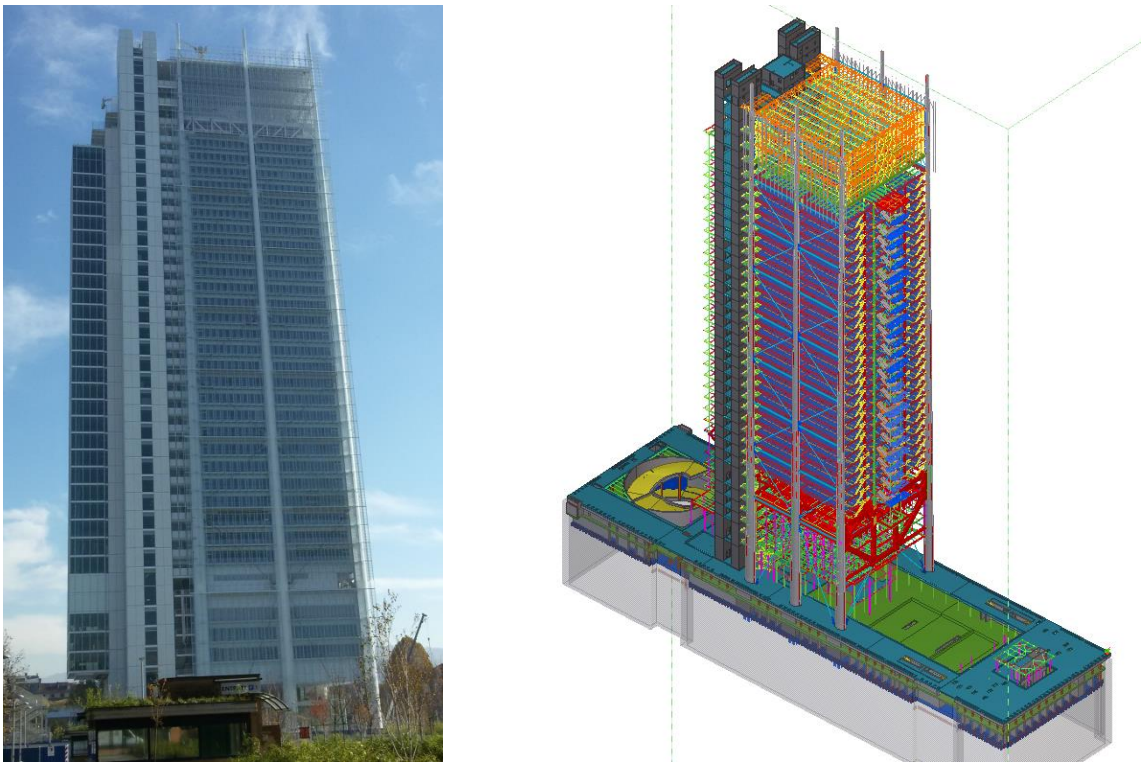

Figura 1: struttura esistente e modello BIM - 3D

L'area occupata dalla costruzione, posta a Torino all'incrocio N/E del Corso Inghilterra con il Corso Vittorio Emanuele II, si colloca ai margini del centro storico e al centro di una eccezionale concentrazione di servizi e di attrezzature pubbliche a scala metropolitana in una zona di importanza strategica nell'ambito delle previsioni urbanistiche a medio e a lungo termine della città. La torre si configura come una mensola in struttura mista acciaio-calcestruzzo, che si sviluppa in elevazione per 38 piani fino a circa 160 metri e poggiante su un basamento in calcestruzzo con dimensioni 46 x 161 metri, che si estende al di sotto del piano campagna. Nell'ambito di questo schema elementare, si configurano alcuni elementi distintivi, che hanno un ruolo determinante nella definizione dello schema statico del grattacielo e che verranno successivamente esplicitati.
Harpaceas ha prodotto il modello BIM della torre coordinandosi con il team di ingegneri strutturisti CeAS e consegnando alla committenza un modello virtuale in formato Tekla Structures (rif. Harpaceas Srl) collegato alla banca dati documentale di progetto attraverso hyperlink associati agli oggetti. Non si è tuttora a conoscenza di modelli BIM utilizzati per scopi analoghi a livello mondiale e proprio per questo motivo l'iniziativa in oggetto rappresenta un'assoluta novità sviluppata per la rintracciabilità grafica delle documentazioni indispensabili per l'accettabilità dei materiali impiegati nella costruzione secondo il cap. 11 del DM 14/02/2008.

Entrando maggiormente nel dettaglio dell'opera strutturale e del modello 3D sviluppato, è possibile identificarne i seguenti elementi distintivi:

- Basement: la fondazione dell'edificio, in calcestruzzo armato, si sviluppa per circa 25 m in profondità nel sottosuolo a costituire 6 piani ipogei, da B0 a B6. Sono stati esclusi dalla modellazione i piani interrati al di sotto del livello B2.

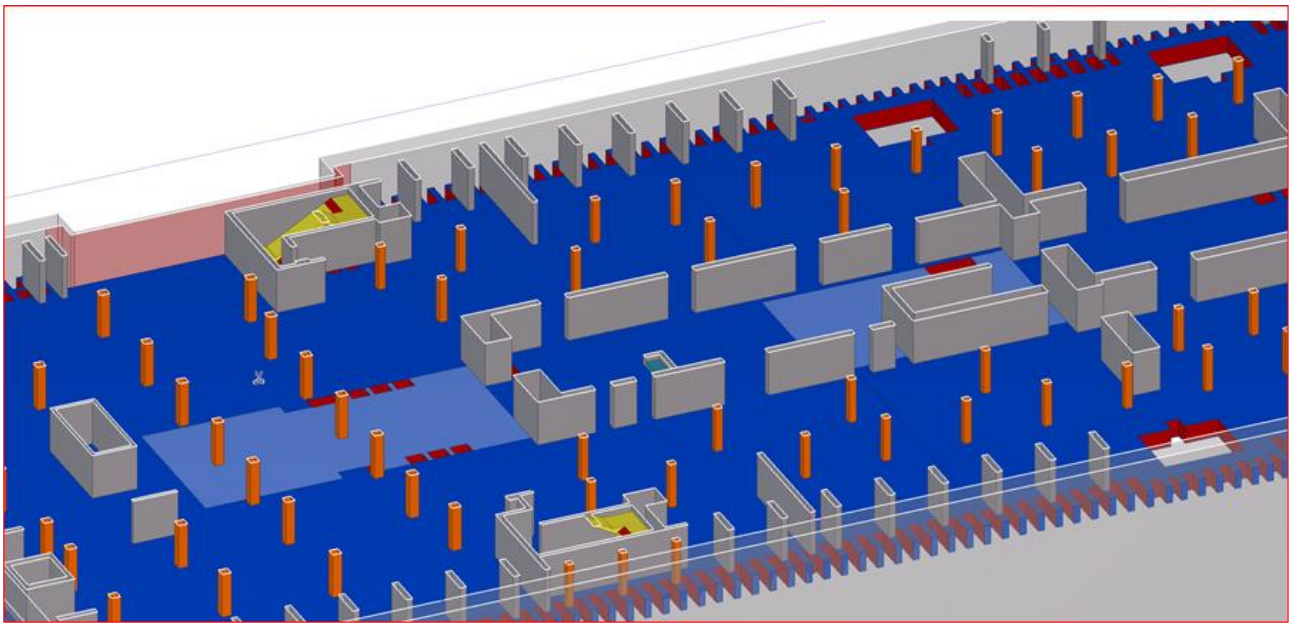

Figura 2: particolare del secondo piano interrato

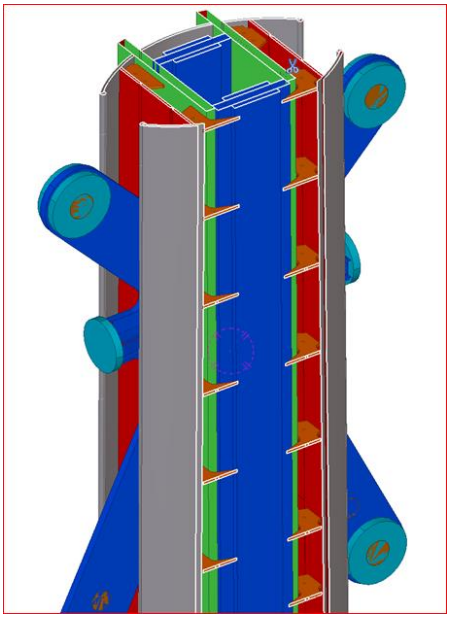

Figura 3: particolare di megacolonna

- Megacolonne: gli elementi verticali portanti sono costituiti da 6 megacolonne, realizzate con un guscio in acciaio e riempite internamente in calcestruzzo. Si sviluppano in altezza dalla base alla sommità della torre ed assumono, oltre ad un rilevante impiego strutturale, anche un importante segno estetico caratterizzante l'edificio. Sono state modellate nei minimi dettagli strutturali con notevole richiesta di risorse vista lo scarso livello di simmetria reale. Le controventature tra di esse sono state modellate con elementi in simulazione delle funi di diametro pari a 140, 110 e 60mm.

- Core: il nucleo centrale e i due nuclei ascensore in calcestruzzo armato costituiscono il principale elemento di controvento della torre. Il nucleo centrale è impostato sulla platea di fondazione e si sviluppa in altezza sino in sommità. I tre nuclei sono stati modellati riproducendone fedelmente la geometria, con tanto di forometrie e piastre di collegamento alla struttura metallica, annegate nel getto.

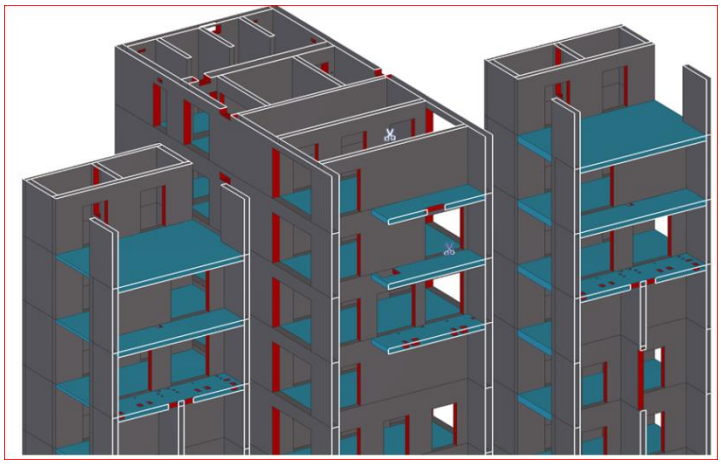

Figura 4: modello dei core, in sommità

- Transfer: la struttura di trasferimento è costituita da un graticcio di travi reticolari metalliche che accolgono i pilastri in falso e ne riportano il carico sulle megacolonne e sul nucleo in calcestruzzo armato. Ha la funzione di separare dal suolo tutte le strutture verticali ad eccezione delle megacolonne, del core e degli ascensori panoramici. È collocata a circa 30 metri di altezza dal piano stradale, tra il livello L6 ed il livello L7, ed è funzionale alla realizzazione di un auditorium tra il livelli L2 ed L6, per il quale è richiesta l'assenza di colonne interne. Queste strutture sono state modellate in ogni loro parte, includendo anche gli elementi forgiati di collegamento, dalle forme uniche e i cavi post-tesi di collegamento al nucleo centrale.

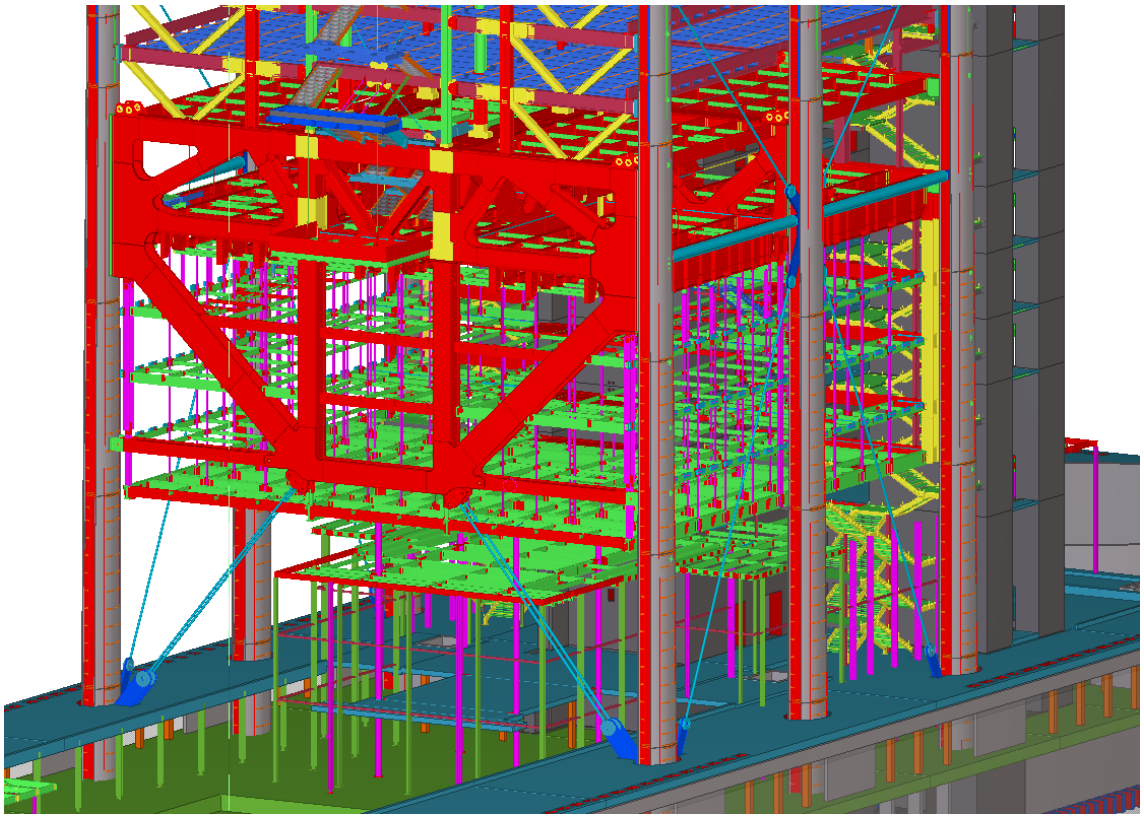

Figura 5: modello del transfer lato sud

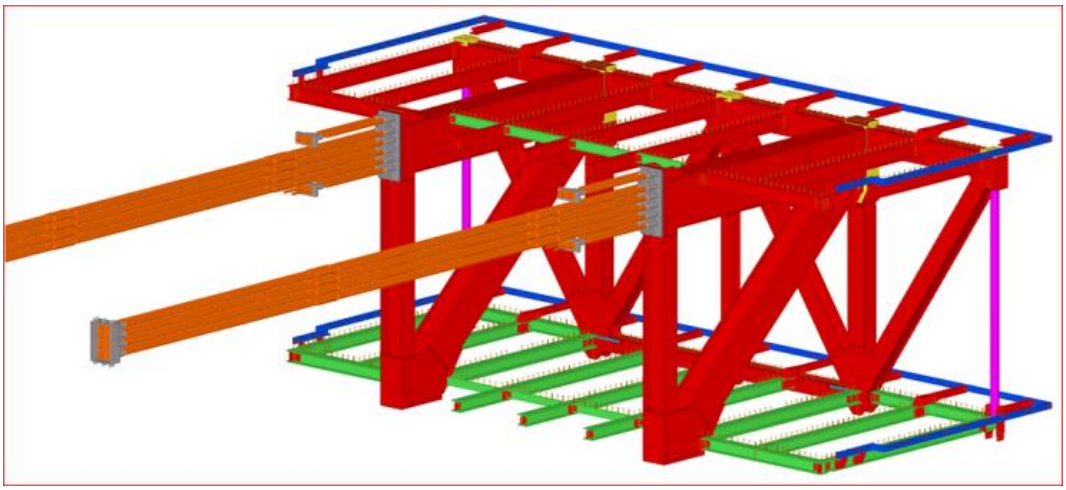

Figura 6: modello del transfer lato nord, con cavi di ancoraggio al nucleo

- Strutture in elevazione: la struttura in elevazione è costituita da una serie di elementi che irrigidiscono il sistema strutturale principale, come per esempio i controventi in corrispondenza alla facciata Sud costituiti da colonne e diagonali di irrigidimento, accoppiate alle travi e alle funi presenti. Si citano inoltre la serra bioclimatica posta in sommità tra il livello trentacinquesimo e trentottesimo ed i "giardini d'inverno", che emergono a sbalzo dagli impalcati, a Sud. In particolare, della serra sono stati modellati gli impalcati, le travature reticolari di copertura realizzate con elementi fresati, la struttura reticolare perimetrale, i collegamenti agli elementi in calcestruzzo armato ed ogni singolo nodo in modo semplificato. I "giardini d'inverno" sono stati modellati per il loro intero sviluppo in altezza e infine, sono state implementate nel modello anche le due scale di sicurezza posizionate sui lati est e ovest della torre.

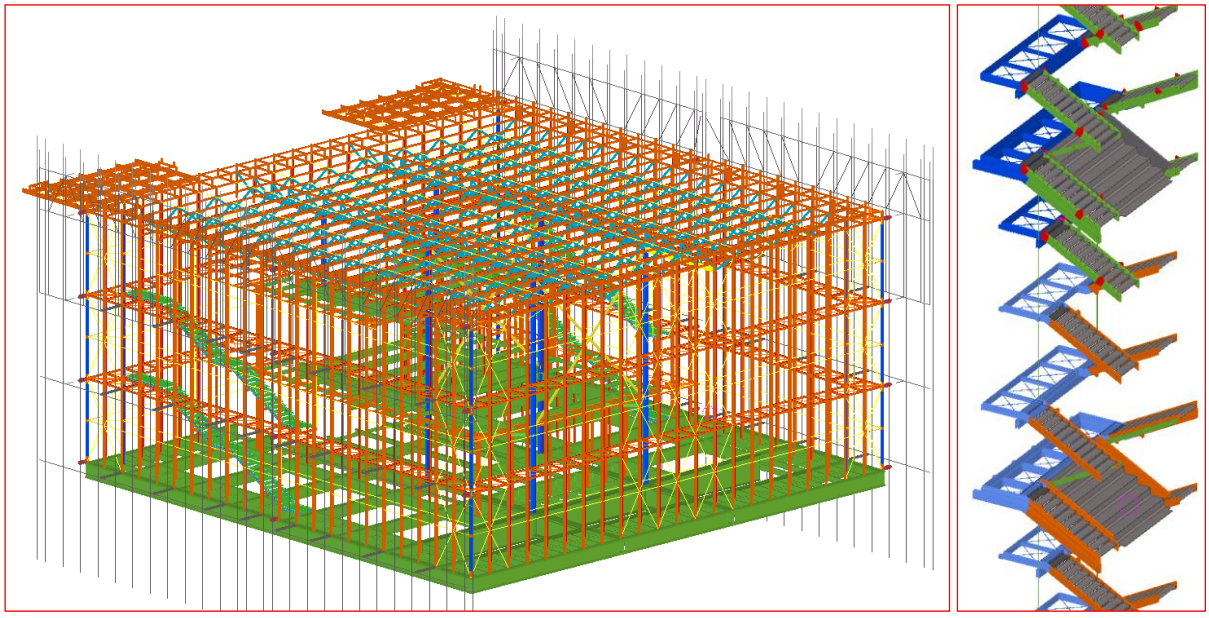

Figura 7 e 8: modello della serra bioclimatica in cima alla torre e dei "giardini d'inverno"

- Solai: sono realizzati sia con elementi prefabbricati che realizzati in opera. In particolare nella zona Sud della torre sono stati utilizzati tegoli prefabbricati in calcestruzzo armato precompresso aventi sezione a "U", solidarizzati mediante getto di completamento in opera. Sono stati modellati riproducendone fedelmente la geometria.

Grazie ad un applicativo sviluppato come "add-on di Tekla Structures", alcune migliaia di documenti sono stati collegati alle parti strutturali per semplificare la gestione documentale e il controllo dei certificati di accettabilità dei materiali impiegati in cantiere. Il modello della torre risulta di dimensioni assolutamente di rilievo in ambito BIM tanto da poter essere senza dubbio considerato uno tra i più grandi modelli realizzati in Italia in questi anni. Le parti singole per i soli elementi in acciaio risultano essere oltre 121.000, cui vanno aggiunti, ad esempio, 77.000 bulloni, e alcune migliaia di saldature. Includendo anche le altre parti in

cemento armato e altri oggetti strutturali, il modello si compone complessivamente di oltre 205.000 oggetti fisici individuabili e computabili uno ad uno.

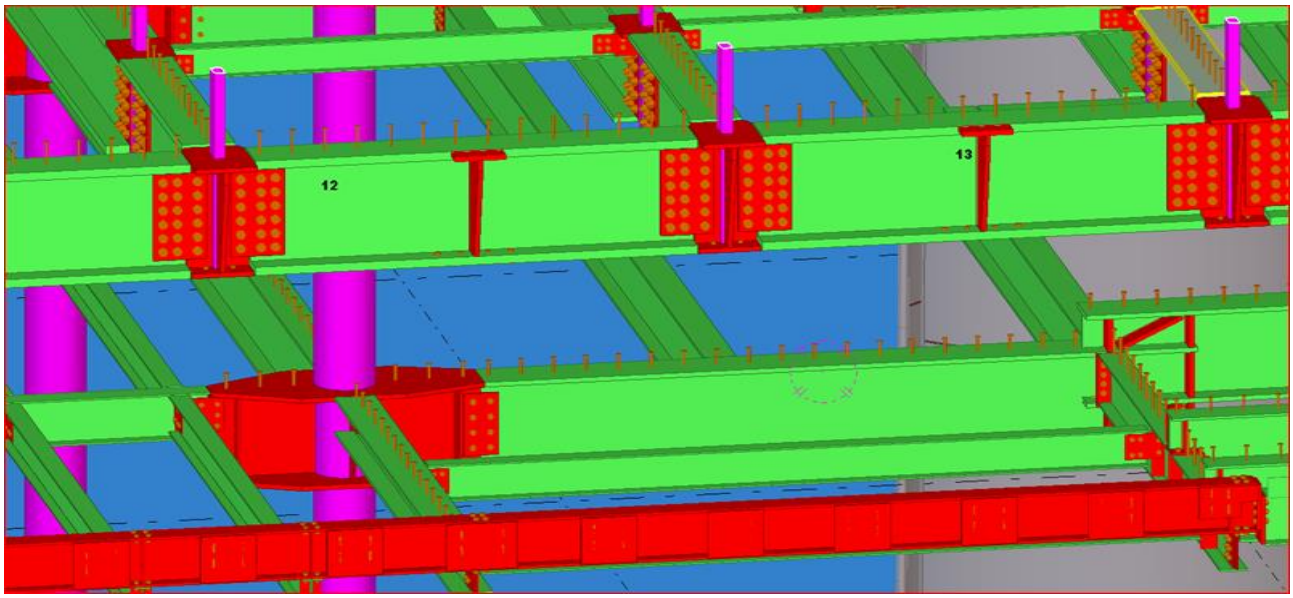

Figura 9: particolare della struttura metallica modellata

Ogni oggetto, dal più piccolo irrigidimento in acciaio fino agli elementi principali, ha associato numerosi attributi tecnici aggiuntivi quali ad esempio:

- zona o ambito di appartenenza dell'oggetto;
- profilo metallico costituente l'oggetto;
- area della superficie dell'oggetto;
- marca di identificazione dell'oggetto;
- nome del costruttore dell'oggetto;
- fornitore dell'acciaio costituente l'oggetto;
- matricola dell'oggetto;
- numero di colata dell'acciaio costituente l'oggetto.

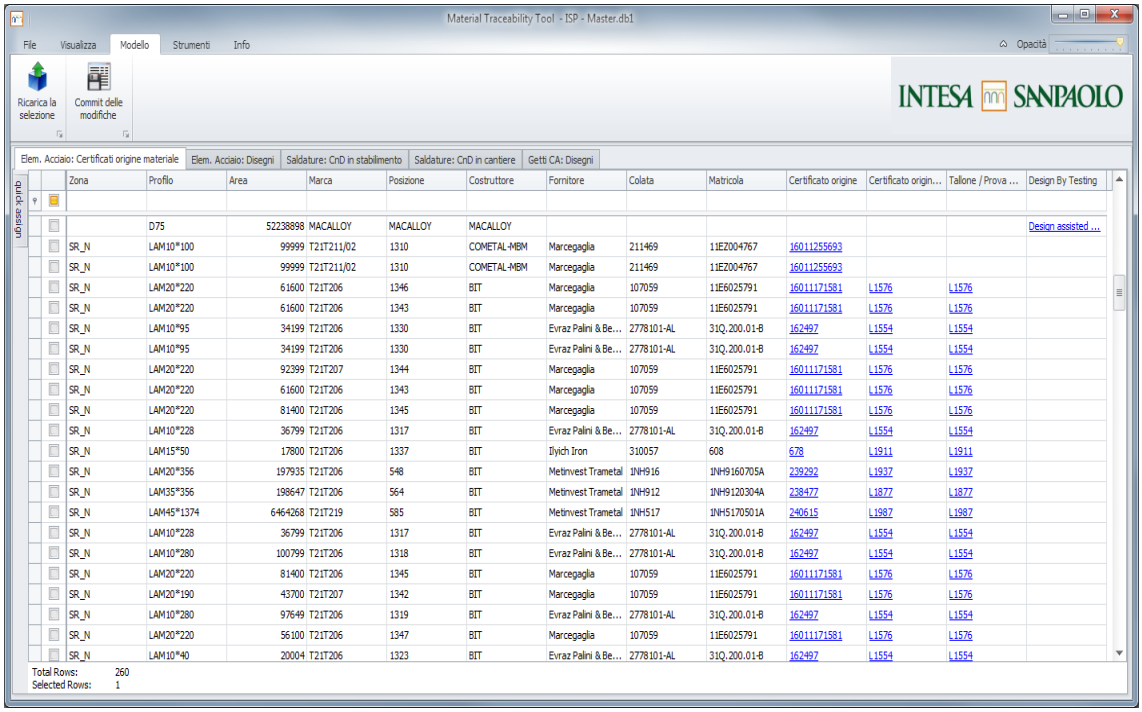

Figura 10: esempio di tabella di restituzione prodotta dall'applicativo

Attraverso di essi è stato possibile ricondursi alla base dati documentale resa accessibile attraverso opportuni hyperlink e gestita direttamente dall'applicativo. Tutto ciò ha costituito un'opportunità importante per qualificare il progetto dal punto di vista della correttezza delle documentazioni tecniche allegate oltre che una procedura in grado di arricchire la fruibilità della documentazione a tal punto da poter essere considerata un "asset" aggiuntivo per il valore complessivo dell'edificio.
Attraverso gli hyperlink e grazie a un' accurata organizzazione dei documenti e dei disegni tecnici, dopo aver selezionato qualche centinaia oppure anche uno soltanto tra gli oggetti che compongono la struttura, si possono consultare in tempo reale numerose informazioni e documentazioni: si citano per esempio la colata di provenienza, i certificati di origine del materiale, le prove di accettazione in cantiere, le specifiche tecniche appositamente sviluppate per determinati elementi dell'edificio.

Per consentire una più facile individuazione delle parti e dei componenti strutturali del modello, lo stesso è stato suddiviso in sotto parti principali secondo la tecnica della scomposizione in "Model Breakdown Structures": ogni sottoparte è identificata con una sigla di due lettere.

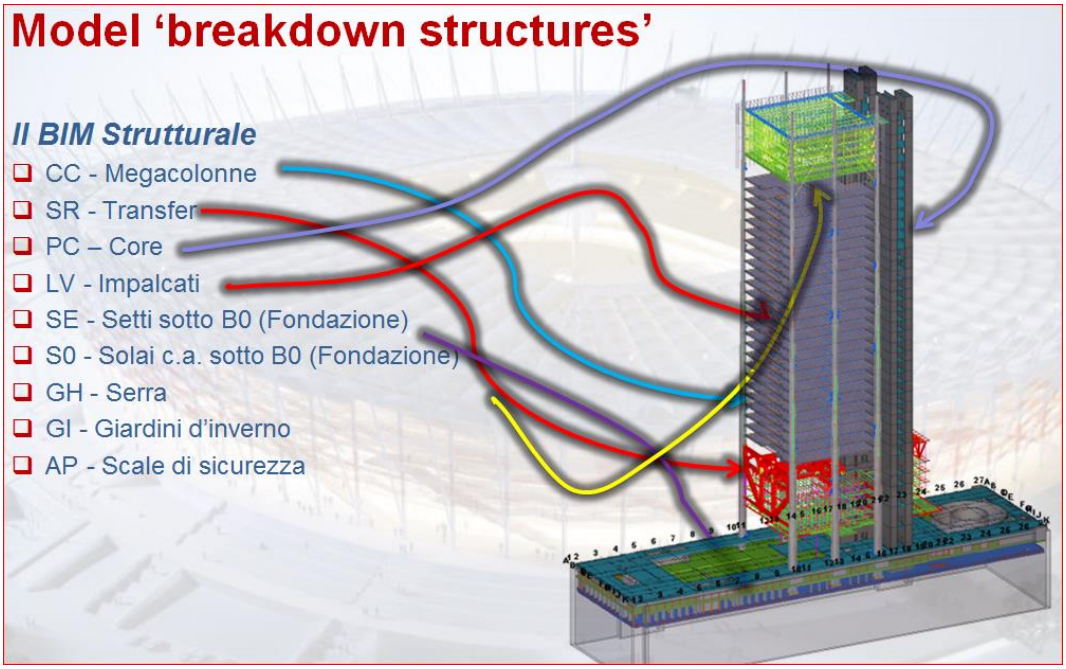

Figura 11: rappresentazione grafica del "Model Breakdown Structures"

La base documentale è stata riposizionata con una struttura in grado di differenziare i documenti di ogni zona secondo la classificazione del materiale corrispondente:
- A = Acciaio
- C = Calcestruzzo Armato
- SDT = Saldature

Dalle cartelle dei materiali, acciaio e calcestruzzo, derivano poi i disegni "as built" o di officina e i certificati di origine mentre dalla sottocartella delle saldature si accede ad altre quattro sottocategorie:
- CNDO = Controlli non distruttivi in opera
- CNDS = Controlli non distruttivi in stabilimento
- DISEGNI = Disegni di saldatura
- VT = Controllo visivo
- MT = Controllo magnetoscopico
- UT = Controllo ultrasonoro

I vantaggi derivanti dall'utilizzo di questo strumento per la figura del Direttore dei Lavori strutturali, sono di varia natura e molto significativi. Il modello strutturale in oggetto rappresenta l'alternativa più efficiente rispetto alla tradizionale ricerca e consultazione di elaborati grafici, tabelle e relazioni, quando arricchito con questi nuovi strumenti di collegamento ai documenti di riferimento. Ogni parte strutturale del modello, colonna, trave soletta, tirante, piolo, saldatura, etc.., opportunamente descritta e modellata nel modello, risulta facilmente selezionabile, o per via grafica diretta o utilizzando le molteplici opzioni di filtro che il package BIM mette a disposizione. Una volta individuato l'elemento o gli elementi di interesse, un comando

e un'applicazione appositamente studiate per questo scopo, caricano i meta-dati degli oggetti e li organizzano in tabelle per la consultazione. La tabella di consultazione permette anche un'ulteriore fase di ricerca interna e ordinamento, potendo infatti contare su adeguate capacità di filtro delle informazioni per individuare (in via bidirezionale) la reale collocazione di ogni oggetto nel contesto tridimensionale della struttura.
In particolare, con l'uso interattivo del modello è risultato più semplice:

- trovare il disegno di officina di ogni pezzo della struttura
- trovare il disegno di progetto di ogni porzione di struttura
- individuare il documento di provenienza del materiale in esame
- individuare la posizione geometrica di ogni parte o componente del modello
- estrarre dati particolari di ogni oggetto
- estrarre particolari tabelle dati sulla base di determinate selezioni di oggetti

L'esigenza di poter disporre di un modello BIM 3D unico della struttura nasce dall'evidenza che la mole di documentazioni associate a quest'opera, come del resto a qualsiasi altro progetto di rilievo nel campo dell'edilizia, risulta notevolmente elevata proprio in relazione alle numerose disposizioni definite dalle norme e dai regolamenti nazionali. In questa direzione vanno le indicazioni delle nuove norme nazionali sulla rintracciabilità dei materiali le cui prescrizioni inducono indirettamente verso l'impiego di strumenti BIM per la gestione della base documentale di riferimento in quanto più flessibili e più diretti rispetto alle consuete liste e tabelle Excel tradizionalmente impiegate.
Come inquadramento generale del BIM per le costruzioni e le opere civili, va ricordato che gli ambiti del "BIM authoring", inteso come classica attività di modellazione che fa nascere i componenti del progetto (oggetti) descrivendoli compiutamente in termini di geometria, collocazione e correlazione reciproca, sono quello strutturale, quello architettonico e quello impiantistico, ognuno sviluppato in ambienti differenti in quanto a modalità di lavoro, obiettivi, funzionalità decisionali, operatività. Mentre con il modello BIM strutturale ci si sofferma sulla modellazione di tutte le parti strutturali individuate tramite georeferenziazione generale con fili e picchetti base, come per esempio elementi in c.a., elementi in carpenteria metallica, travi, colonne, controventature, elementi di connessione, tirafondi, solette, armature ed altro, nel BIM architettonico ci si concentra invece sulla progettazione virtuale degli spazi, delle finiture visibili, della serramentistica, degli elementi di facciata e di altre caratteristiche afferenti per lo più l'aspetto e le funzionalità ergonomiche associate all'utilizzo "a regime" dell'opera. Proprio dalla gestione degli spazi, e in accordo alle loro assegnazioni funzionali, il BIM trae giustificazione in quanto costituisce una base ottimale per la gestione "handover" (Facility Management) dell'edificio se integrato con le applicazioni per la gestione manutentiva della struttura la quale, nel tempo, impatta sui costi in misura forse anche superiore rispetto a quanto non risulti la fase del progetto e costruzione. Con l'ambito di progettazione del BIM impiantistico, escluso dall'incarico in oggetto, si sarebbero invece coperte le progettazioni tecniche ausiliarie quali quella per gli impianti di ventilazione e riscaldamento, elettrici, idraulici, di sollevamento, di illuminazione, eccetera.
Occorre comunque sottolineare che per la sperimentazione in oggetto, l'obiettivo principale è esclusivamente la gestione semplificata della documentazione associata alla rintracciabilità dei materiali e alle attività di controllo della direzione lavori strutturale. Tale obiettivo è stato pienamente raggiunto con il modello 3D di base grafica e l'applicativo appositamente sviluppato per l'accesso a tutta la documentazione a disposizione.