



Stuttgart 21 è uno dei più grandi progetti di infrastrutture d'Europa  
© Aldinger+Wolf

Allplan nella pratica

## STUTTGART 21: WOKFLOW DIGITALE PER UN MEGAPROGETTO

I vantaggi del metodo di progettazione BIM vengono pienamente sfruttati durante la realizzazione.

Stuttgart 21, parte della linea ferroviaria ad alta velocità Stuttgart-Ulm, è uno dei progetti di infrastrutture più grandi d'Europa. Nell'ambito dell'intero progetto sono in fase di costruzione cinque nuove stazioni, circa 120 km di nuove linee ferroviarie e due nuovi quartieri. Ma quest'opera non è così eccezionale solamente per le dimensioni: qui si sta scrivendo la storia dell'ingegneria, a livello sia progettuale che tecnologico. Particolare attenzione sarà dedicata all'atrio della nuova stazione di transito sotterranea di Stoccarda, progettata da ingenhoven architects. Un tetto a guscio architettonicamente molto sofisticato, sostenuto da 28 colonne a forma di calice geometricamente molto

complesse, lo qualifica come un capolavoro dell'architettura moderna che il mondo non ha mai visto prima. Senza l'utilizzo del potente software BIM e di processi di produzione studiati appositamente per il progetto, la realizzazione dell'edificio sarebbe impossibile. Lo studio di ingegneria Werner Sobek AG, incaricato della progettazione strutturale, del guscio e dell'armatura dell'atrio della stazione di transito sotterranea, si è quindi affidato in gran parte al 3D per la progettazione. Sulla base di questa progettazione 3D, la società Ed. Züblin AG sta ora sfruttando appieno i vantaggi del BIM durante l'implementazione grazie ad Allplan Bimplus. Un ottimo esempio di workflow digitale nell'edilizia.

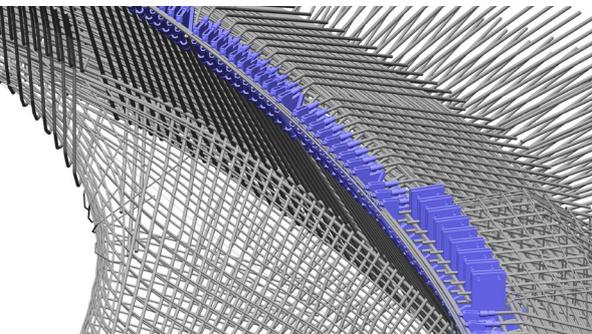


Immagine in alto e a destra: armatura di una colonna a forma di calice della nuova stazione della metropolitana di Stoccarda  
© Ed. Züblin AG / Achim Birnbaum

Immagine a sinistra: vista dettagliata dell'armatura della colonna a forma di calice nel modello di armatura 3D.

© Werner Sobek AG

## FORMA AMBIZIOSA

L'atrio per la nuova stazione di transito sotterranea di Stoccarda sarà lungo circa 420 metri e largo 80 metri. Il tetto a guscio associato – una struttura molto complessa di superfici curve anticlastiche – può essere matematicamente definito come una forma libera, poiché non ci sono regole matematiche che lo descrivano. Nonostante tutta questa apparente libertà, tuttavia, questa forma non è affatto arbitraria, ma piuttosto segue il corso delle forze in modo altamente efficiente e applica in maniera ottimale, dal punto di vista dei materiali, i requisiti di un atrio di stazione ad ampia campata e inondato di luce. È sostenuto da 28 colonne a forma di calice, che possono essere suddivise in 23 colonne standard con copertura di rinforzo dei bordi (scoop) sul lato superiore, quattro colonne piatte senza rinforzo dei bordi e una colonna speciale più grande, che si apre come un'area di accesso al centro della città.

A causa dell'enorme complessità geometrica, il tetto a guscio si è dovuto progettare completamente in 3D. In collaborazione con Werner Sobek AG, ingenhoven architects ha generato un modello 3D in Rhinoceros. Oltre alla pura geometria della superficie, il modello contiene anche ulteriori informazioni, come i giunti form lining e le coordinate delle parti di montaggio. È servito come base per la progettazione degli oggetti a cura di ingenhoven architects, per la progettazione del guscio e dell'armatura a cura di Werner Sobek AG e per lo sviluppo della costruzione di casseforme a cura di ZÜBLIN. Il progetto dell'armatura si è rivelato molto complesso per via di tre condizioni: in primo luogo, la geometria dei

componenti a costante spessore variabile, le aree curve sinclastiche e anticlastiche e la combinazione di sistemi di armatura circolari e ortogonali hanno portato a complesse transizioni e sovrapposizioni di aree "a gomito" e curve multiple; in secondo luogo, le elevate esigenze in termini di superficie visibile richiedevano piccole deviazioni di copriferro e forme di piegatura estremamente precise; in terzo luogo, la precisione nella produzione delle complesse forme di piegatura dei tondini per cemento armato era limitata.

## 12.000 DISEGNI DI ARMATURA PER UN TETTO

Sulla base di queste condizioni, gli ingegneri di Werner Sobek hanno creato i cosiddetti tracciati (assi dell'armatura) con Rhinoceros in combinazione con Grasshopper e C# per l'armatura della geometria a forma libera utilizzando il modello 3D accanto alla superficie. Poiché questi tracciati erano formati da spline e quindi non potevano essere prodotti in modo economico, la geometria in una prima fase doveva essere semplificata. Questo problema poteva essere risolto con script appositamente sviluppati, che sono stati utilizzati per la semplificazione parametrizzata e il raggruppamento delle forme delle barre. In questo modo, i moduli di piegatura coordinati con Ed. Züblin AG sono stati realizzati come treni curvi con un massimo di tre archi e poligoni. Gli ingegneri hanno utilizzato Allplan Engineering per produrre quelle barre che non avevano una geometria a forma libera. Le tracce finali precedentemente menzionate sono state poi trasferite anche in Allplan e, insieme all'armatura già generata lì, sono



Supporto a coppa in calcestruzzo per la banchina dei binari della nuova stazione sotterranea di Stoccarda.

© Ed. Züblin AG / Achim Birnbaum

state elaborate in un modello complessivo di armatura che comprende tutte le proprietà delle barre, gli inserti rilevanti per l'armatura, nonché le bobine di calcestruzzo e le bobine vibranti. Sulla base di questo modello di armatura 3D, è stato prima eseguito un controllo delle collisioni e poi sono stati generati i disegni dell'armatura. Qualche dato rivela l'enorme complessità: 350 disegni DIN-A0 sono necessari per il progetto dell'armatura delle colonne interne, con un peso di armatura di circa 300 tonnellate. Per ogni colonna ci sono circa 1.500 posizioni diverse. Una tipica colonna, con circa 350 tonnellate di acciaio di armatura, ha 400 disegni. L'intero tetto a guscio è rappresentato su 12.000 disegni di armatura.

## ESECUZIONE OTTIMIZZATA GRAZIE AD ALLPLAN BIMPLUS

I tondini per cemento armato vengono piegati in un'officina di piegatura appositamente allestita per il progetto, principalmente mediante un'interfaccia tra la macchina piegatrice e il modello di armatura, e controllati mediante proiezione laser in scala reale. In cantiere devono essere posizionate 11.000 diverse forme di barre, in parte curve tridimensionali, tra cui molti esemplari unici per ogni colonna. Per garantire l'esatto posizionamento, ogni componente del tetto a guscio è dotato di una lista con coordinate Gauss-Krüger, oltre ai disegni dell'armatura. Con l'aiuto di un geometra, le barre guida possono essere misurate con precisione e ulteriori barre possono essere posizionate tra esse. Per una loro corretta assegnazione, l'inizio e la fine delle barre

### INFORMAZIONI DI SINTESI DEL PROGETTO

- > **Concetto chiave:** ingegneria
- > **Software utilizzato per il progetto dell'armatura:** Allplan Engineering, Allplan Bimplus
- > **Cliente:** DB Projektbau GmbH, Stoccarda/Germania
- > **Progetto:** ingenhoven architects
- > **Progettazione strutturale, del guscio e dell'armatura; progettazione della facciata:** Werner Sobek AG
- > **Esecuzione:** Ed. Züblin AG
- > **Periodo di progettazione:** 2010 – 2020; lavoro rimanente fino a primavera 2021
- > **Tempo di esecuzione:** 2011 – 2025

sono definiti nei disegni di armatura, che a loro volta vengono ripresi dall'azienda di piegatura mediante una marcatura colorata oltre al numero di posizione sulla barra. Tuttavia, il progetto dell'armatura 3D migliora anche l'esecuzione fornendo ulteriore assistenza: grazie ad Allplan Bimplus, il modello 3D viene utilizzato direttamente sul cantiere fornendo un valido aiuto e l'installazione delle barre di armatura risulta così coordinata. ZÜBLIN utilizza sia un grande schermo in uno dei container, che una soluzione mobile per l'accesso diretto sul sito di installazione. Ciò rende molto più chiara e facile questa produzione molto impegnativa di armature, il che illustra gli enormi vantaggi di un workflow digitale in questo capolavoro dell'ingegneria civile – dalla progettazione all'esecuzione.



"Allplan Bimplus è una componente essenziale dei processi di lavoro digitali di nuova concezione, senza la quale non sarebbe possibile realizzare la costruzione del tetto architettonicamente molto sofisticata."

Bernd Mehl, direttore generale del progetto Stoccarda 21 presso Ed. Züblin AG

## WERNER SOBEK AG

Architetto, consulente e ingegnere collaudatore per l'ingegneria strutturale di tutte le discipline, il prof. Dr. E.h. D. h.c. Werner Sobek ha fondato l'omonimo gruppo nel 1992. Questo gruppo è sinonimo di ingegneria, progettazione e sostenibilità in tutto il mondo. Ha più di 350 dipendenti e opera a livello internazionale. Werner Sobek lavora su tutti i tipi di edifici e materiali. Particolare enfasi è posta sulla costruzione di edifici e sulla progettazione delle facciate. Il lavoro è caratterizzato da una progettazione di prim'ordine, basata su un'ingegneria eccezionale e su sistemi integrali per ridurre al minimo il consumo di energia e di materiali.

## ZÜBLIN AG

Fondata nel 1898 dall'ingegnere svizzero Eduard Züblin, Ed. Züblin AG è oggi il numero uno nell'industria tedesca dell'edilizia e dell'ingegneria civile grazie alla sua forza innovativa, che si riflette in progetti intelligenti, nuovi materiali da costruzione e metodi di produzione avanzati. Infine, ma non meno importante, il ruolo di STRABAG SE, attiva a livello mondiale, che deve il suo successo alla ricchezza di idee e all'impegno dei suoi 14.000 dipendenti che, come un grande team, sono in grado di realizzare progetti anche molto complessi con puntualità e al miglior prezzo grazie a processi perfetti.

## A PROPOSITO DI ALLPLAN

ALLPLAN è un fornitore globale di software di progettazione BIM per l'industria AEC. Fedeli al nostro slogan „Design to Build“, copriamo l'intero processo, dal primo concetto alla progettazione esecutiva per il cantiere e la prefabbricazione. Gli utenti Allplan creano prodotti di altissima qualità e livello di dettaglio, grazie a flussi di lavoro efficienti. ALLPLAN offre una potente tecnologia cloud inte-

grata per supportare la collaborazione interdisciplinare su progetti di architettura e ingegneria. In tutto il mondo oltre 500 dipendenti continuano a scrivere la storia di successo di ALLPLAN. Con sede a Monaco di Baviera, in Germania, ALLPLAN fa parte del gruppo Nemetschek, pioniere della trasformazione digitale nel settore delle costruzioni.

### ALLPLAN Italia S.r.l.

Via G.B. Trener, 8  
38121 Trento  
Tel. 0461430430  
Fax 0461430410  
italia@allplan.com  
allplan.com

© ALLPLAN GmbH Monaco, Germania

**ALLPLAN**  
A NEMETSCHKE COMPANY