

## **Produktmodellering och simulering av platsgjutet betongbyggande**

Rogier Jongeling<sup>1</sup>, Mats Emborg<sup>1,2</sup>, Martin Asp<sup>3</sup> och Thomas Olofsson<sup>1</sup>

### **Inledning**

Utvecklingen av material- och produktionsteknik har medfört nya intressanta lösningar för byggande med platsgjuten betong. För att optimalt utnyttja potentialen bör den nya tekniken kunna hanteras på byggarbetsplatsen i ett produktivt och kontinuerligt arbetsflöde. Här kan innovativ informationsteknik användas som på ett tydligt och enkelt sätt kan stödja den nya produktionstekniken.

Produktmodeller har nu börjat användas inom byggsektorn för att dokumentera både produkt och processdata t ex geometri och planeringsdata. Fram tills idag har 3D modeller använts för att återge geometriska data men produktmodeller kan ha många fler dimensioner.

Följande klassificering och indelning av produktmodellens olika dimensioner för modellering kan göras:

- Traditionella 2D ritningar och tillhörande dokument vilka delvis är framtagna ur tänkta 3D geometrier
- 3D modeller som kan användas för kommunikation och visualisering men även för att integrera olika typer av modeller (A, VVS, K) för t.ex kontroll av kollisioner.
- 4D modeller där produktionsplanering (tiden) integreras med 3D modeller
- 5D modeller där mängdavgivning och kostnadsuppskattning baseras på 3D modeller
- *n*D modeller där olika tekniska data kopplas till 3D modellen, t ex materialdata för betongen och som kan användas för ett specifikt syfte.

Produktmodeller och den ”miljö” där dessa kan användas inom byggsektorn har varit och är föremål för svenska och internationella forsknings- och utvecklingsprojekt t ex SBUF-projekt, IT Bygg och Fastighet 2002, SARA projektet i Finland m.m. Nya begrepp har introducerats som Building Information Model (BIM) dvs byggmodell och Virtual Building Environment (VBE) dvs. den ”virtuella byggmodellingsmiljön” där BIM används i. Det sistnämnda illustreras i figur 1 som visar hur olika program integreras i en modellingsmiljö som hämtar data från olika produktmodeller via en produktmodellserver.

### **Forskningsprojektet**

I det aktuella projektet har olika användningsområden, ”dimensioner” av produktmodellerna studerats för ett antal platsgjutna betongstommar för att ta fram möjligheter med tekniken men också framtida utmaningar. SBUF projektet har bedrivits inom eBygg kompetenscentra vid Luleå tekniska universitet, (LTU), under tiden 2003 - 2005 där JM och Betongindustri varit byggindustrins representanter i projektet.

Två fullskalefall har ingått i studien: projektet Hotellviken-Marinan (25 lägenheter) Stockholm, se figur 2, och ett virtuellt demonstrationsprojekt av industriell platsgjuten betongbyggande, se figur 3. I Marinan projektet studerades hur 2D och 3D modellering kan möta krav från byggare avseende produktionsplanering och visualisering samt för kostnadsberäkningar (den s.k. 5:e dimensionen). 4D modelleringen av den virtuella stommen i

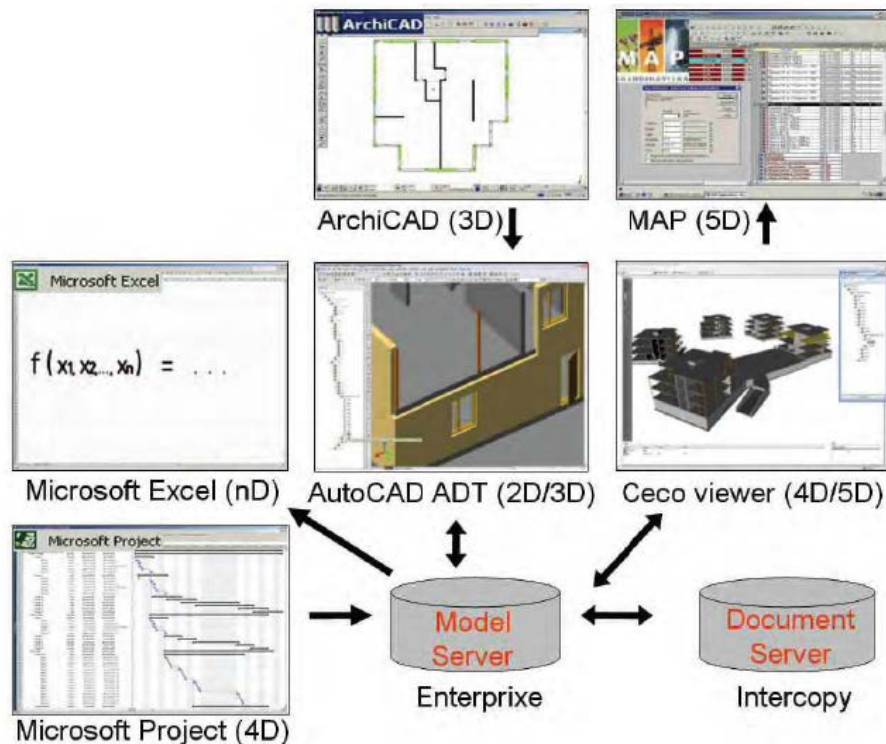
---

<sup>1</sup> Luleå tekniska universitet

<sup>2</sup> Betongindustri AB

<sup>3</sup> JM AB

demonstrationsprojektet studerades två alternativa konstruktionsmetoder: ett traditionellt byggande och ett alternativ med användning av ny armerings-, form- och gjutteknik i syfte att öka industrialiseringsgraden.



Figur 1. Modelleringsmiljö för produktmodeller i byggsektorn studerat i Hotellviken-Marinan projektet. Olika programsystem, t ex AutoCAD, Excel, MsProject och Ceko Viewer, kopplades ihop för att kunna modellera de olika dimensionerna, 4D, 5D och nD.

## Resultat

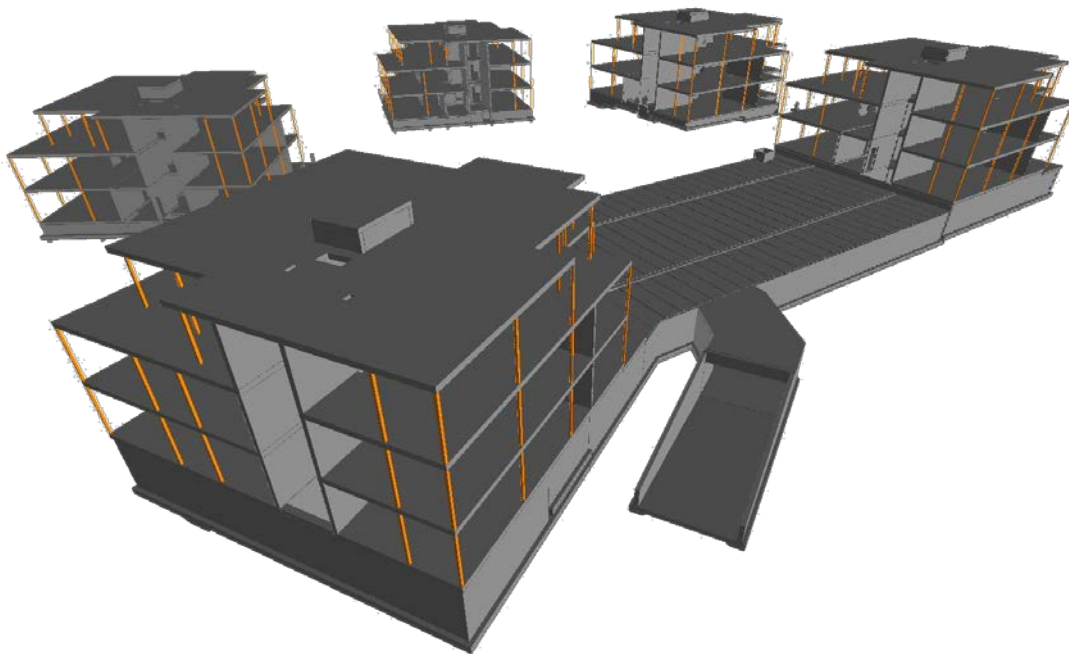
Studien av Marinan projektet gav följande resultat och rekommendationer på lämpliga lösningar vid produktmodellering av verkliga byggprojekt:

- Även i de mest optimistiska scenarion för produktmodeller kommer det alltid att finnas data som existerar i icke-strukturerade dokument. Exempel på icke-strukturerade dokument är produktbeskrivningar, skannade bilder och resultat från tekniska beräkningar. Dessa typer av dokument sparades på en traditionell dokumentserver och länkades till produktmodellen via speciellt utvecklade pekare i 3D modellen, se figur 4, detalj 2.
- Olika typer av 3D modeller (A, VVS, K) från olika aktörer kombinerades i en 3D miljö för granskning och koordinering. Vyer av produktmodeller varierar mellan olika aktörer, se figur 4 detalj 1. Exempelvis modellerar arkitekter, figur 4b, bjälklag på ett annat sätt än konstruktörer, se figur 4c. Genom att arbeta med olika 3D-modeller kunde aktörerna ha sin egen syn på projekteringen (vy). På så sätt minimerades oron för förändringar i de rådande processerna. Det återstår dock att utreda hur projekteringsändringar skall koordineras via de olika 3D modellerna.
- Produktionsplaneringen länkades till de olika 3D modeller för 4D simulering och den 5 dimensionen skapades genom länkning av 3D modeller med kalkylrecept som sedan exporterades till kalkylprogrammet. Arbetet med 4D och 5D modelleringen visade att

det finns ett mycket begränsat antal aktörer i ett projekt som har CAD-verktyg tillgängliga och som kan använda dessa. Därför användes en speciellt utvecklad Internet Explorer-baserad klient för att underlätta tillgången till modellbaserad information i projektet. Användarna behöver då inget dyrt CAD-system för att få tillgång till modellerna och det underlättar också informationsspridningen i projektet.

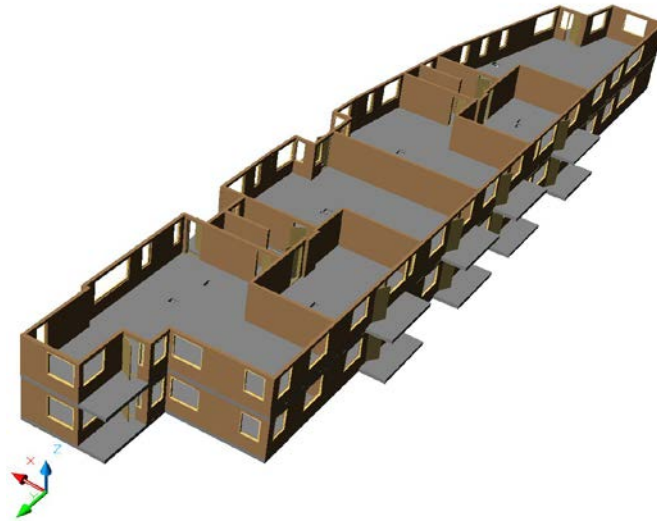
- Modellanvändningen och konfigurering av betongparametrar från betongleverantören illustrerade  $n$ :te dimensionen i projektet ITstomme. Ett nytt program utvecklades för beräkning av uttorkningstider för betonggolv. Resultatet av dessa tekniska beräkningar länkades till produktmodellen och kunde hämtas via klienten i Internet Explorer. Informationen blir på så sätt tillgänglig för aktörerna i projektet, se figur 4, detalj 2.

För att visa möjligheterna med tekniken så genomfördes två detaljerade produktionssimuleringar med alternativa produktionslösningar av ett virtuellt demonstrationsprojekt, se figur 3. Produktmodeller länkades till de olika produktionsplaneringarna, som sedan simulerades i en virtuell 4D-miljö. Simuleringarna av den virtuella stommen jämfördes sedan i en 4D filmsekvens, se figur 5. De två processerna visar i viss mån liknande flöden där huvudskillnaderna mellan alternativen är produktionshastigheten och relationerna mellan de olika arbetsflödena. Simuleringarna i 4D CAD ger visuella intryck av skillnader mellan byggalternativen, som i detta fall är påtagliga. Dock ger inte visualiseringar direkta kvantifierbara data. Olika frågeställningar dök upp som t. ex vad som egentligen jämförs mellan de olika produktionsalternativen? Hur skall prestanda jämföras och vilka ingående resurser kräver de olika produktionsalternativen?

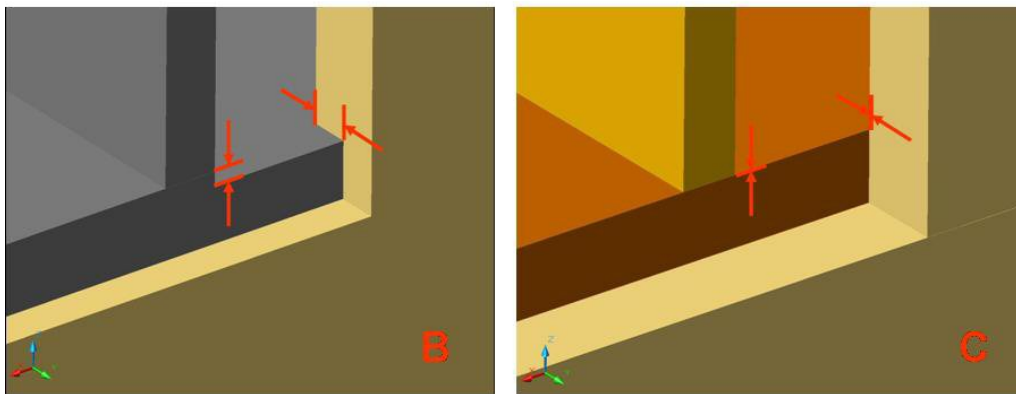
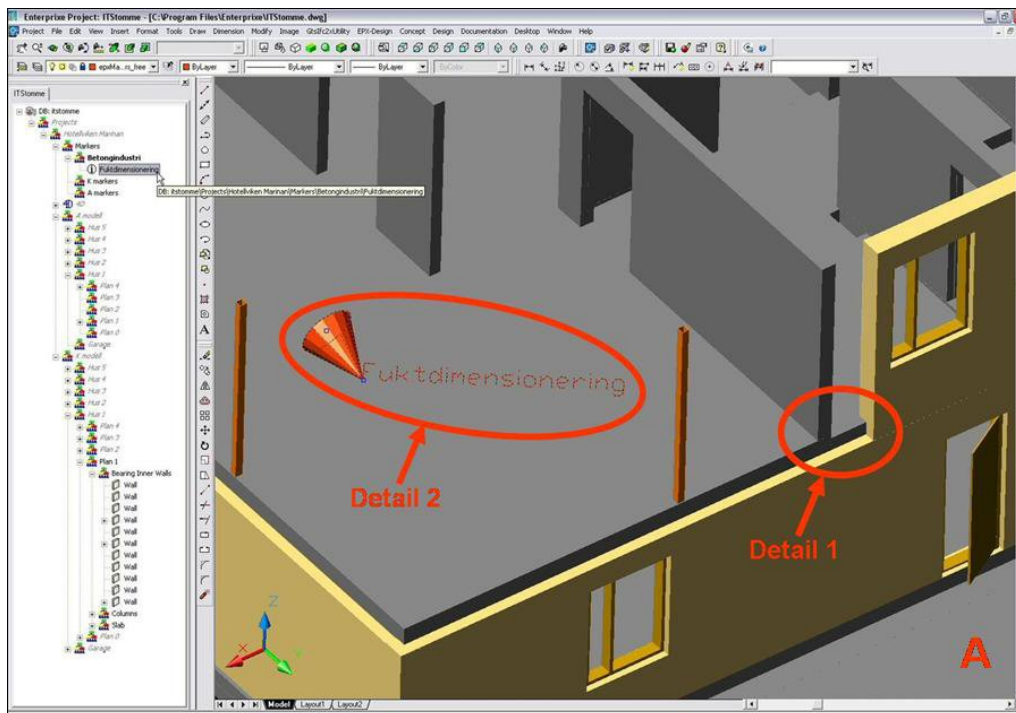


Figur 2. Stommen för projektet Hotellviken-Marinan

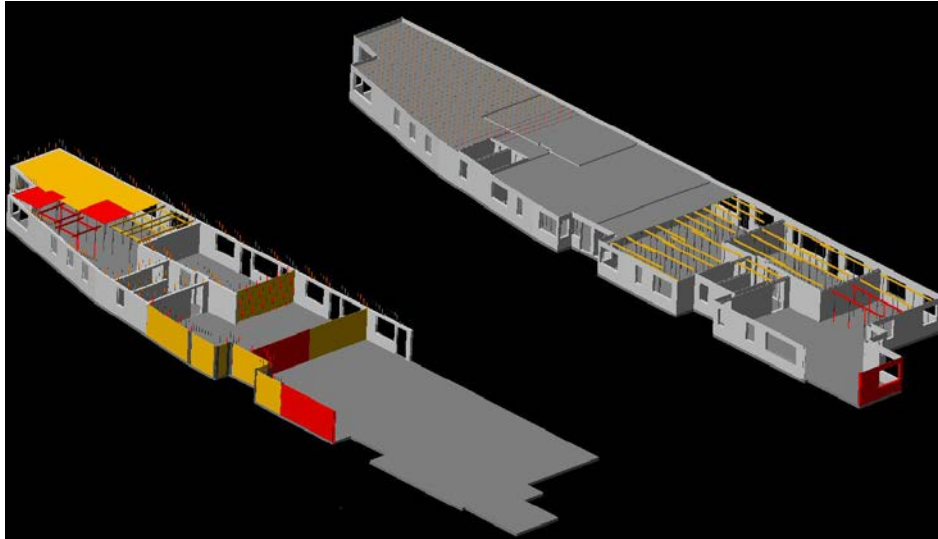
Det är viktigt att poängtera när två alternativ jämförs och ”spelas upp” att skillnaderna kan bero på de indata som ges, dvs. de resurser som tilldelas de olika produktionsmomenten i simuleringarna. Dessa frågor hur man skall få en objektiv jämförelse kommer att utredas i framtida forskningsprojekt vid LTU.



Figur 3. Stomme för 4D studier. Byggnaden är 60 m lång och 12 m bred



Figur 4. Produktmodell i AutoCAD ADT kopplat till Enterprixe modellserver. Detalj 1 modelleras på olika sätt av arkitekten (Figur 4b) och konstruktören (Figur 4c). Detalj 2 visar en länk till en teknisk beräkning av bjälklaget i produktmodellen.



Figur 5. Jämförelse mellan två produktionsalternativ i 4D CAD. Referensfallet visas till vänster och ett mer industrialiserat alternativ visas till höger. Röda komponenter är aktiva komponenter (under konstruktion), gula är installerad traditionell form, bruna komponenter visar installerad armering, gråa komponenter visar kvarsittande form (industrialiserat alternativ) och färdiggjutna väggar (referens) och bjälklag.

## Slutsatser

Tillämpning av de produktmodeller som har presenterats i projektet visar på en stor potential för bredare användning i betongbyggandet, båda för platsgjutet och prefab. Projektet IT-stomme har genom användning av modelleringsystemen också ökat kunskapen om och förtroendet för produktmodeller bland projektdeltagare. Projektet har också inneburit för systemutvecklare ökad förståelse och känsla för branschens behov. Genom pilotförsök och utveckling i projektform finns det en stor möjlighet att skapa och anpassa modelleringsverktyg som passar byggbranschens olika behov.

Projektet har visat att:

- Modellering och visualisering i 3D ger möjligheter till byggbarhetsstudier som kan sänka kostnaderna och förbättra kvaliteten i byggandet. Till exempel kan konstruktionsfel upptäckas tidigt och därigenom kan kostsamma ändringar i sent skede undvikas. Projektet visar också att flera 3D modeller skapade av olika aktörer (t ex arkitekt-, konstruktörs- och VVS) kan integreras i en gemensam miljö. Rutiner och roller behöver skapas för att definiera för hur informationen ska modelleras, sammanfogas, granskas och presenteras.
- Modellering i 4D förenklar införandet av ny produktionsteknik. Demonstrationer av möjliga tid- och kostnadsbesparingar kan göras virtuellt i datorn innan kostsamma demonstrationsobjekt genomförs.
- Kostnadsberäkningar och mängdning kan göras automatiskt eller semiautomatiskt. Denna integrering av kostnader är fullt möjligt även för stommar av platsgjuten betong. Man måste dock vara särskilt noggrann med att definiera vad som är produktenheter i stommen t ex vilka gjutetapper som avses och hur dessa skall gjutas.
- Materialspecifikationer och beräkningar kan integreras i produktmodelleringen och är ett exempel på den s.k. n:te dimensionen. För platsgjuten betong kan en sådan dimension vara den beräknade uttorkning i bjälklag vars indata och utdata direkt kan kopplas till 4D simulering. Andra exempel på n:te dimensioner är beräkningar av ljudbelastning, brandpåverkan och livscykelkostnadsberäkningar.