

Sammanfattning av slutrapport 11828  
**Standardisering av knutpunkter och anslutningar i industriellt byggda flerbostadshus**  
Dan Engström, NCC Teknik

## 1 Sammanfattning

Byggindustrin är just nu under kraftig förändring från traditionellt platsbyggande och prefabricering till att bli mer industrialiserad. En byggsten i detta är att en stor del av produktionen flyttas inomhus till fabriker för tillverkning av komponenter som monteras samman på byggplats. För att göra denna process så effektiv som möjligt är god utformning av knutpunkter som monteras på plats av stor vikt. Dessa kommer att avgöra vilket tekniskt system som byggnaden bygger på i fråga om kraftflöden, stabilitet, akustik/vibrationer, brandsäkerhet, täthet med mera.

Det är också i knutpunkterna som komponenter från olika leverantörer möts. Knutpunkterna är också av mycket stor vikt för ett rationellt montage, och kommer att avgöra vilken tid, utrustning och metod som krävs för montaget. En sammanhållen och genomtänkt process för hur dessa knutpunkter skall utvecklas och projekteras är av mycket stor vikt. Det övergripande målet för detta projekt är att skapa metoder och vägledning för utvecklingen av knutpunkter (särskilt för enkelt montage på plats) för industriellt byggande.

## 2 Syfte

Projektet syftade ursprungligen till att:

- skapa en strategi för standardisering av knutpunkter i öppna system för goda och hållbara bostäder som är industriellt byggda,
- hitta konkreta utvecklingsbehov när det gäller knutpunkter,
- hitta nya möjligheter i andra industrisektorer,
- hitta nya användningsmöjligheter för existerande knutpunktstyper.

Dessa mål avhandlas i rapporten, med undantag för nya användningsmöjligheter för knutpunkter. Orsaken till att detta mp inte avhandlas är att ursprungsansökan skrevs som ett tekniskt projekt, utan kunskap som utvecklats i projektet; i industriellt tänkande är tekniska lösningar bara intressanta som byggstenar i en sammanhållen process.

Processfrågan är av mycket större vikt för byggindustrin är de tekniska lösningarna. Skall vi lyckas med implementering av industriellt tänkande är det tänkandet vi måste förändra – marginella förbättringar i den teknik vi använder är inte lösningen. Rapporten från detta projekt riktar därför in sig på ett strukturerat industriellt *tänkande* i byggsektorn, särskilt vid utvecklingen av knutpunkter till industriella system för flerbostadshus.

### 3 Resultat

Fokus i denna rapport är därför utveckling och projektering av last-bärande knutpunkter för industriella byggsystem. Den består av tre huvudelar:

1. en metod att strukturera utvecklingsprocessen som helhet
2. en metod för utveckling av knutpunkter för enkelt montage på plats
3. en diskussion om begreppet öppenhet

#### 3.1 Utvecklingsmetodik

Behovet av nya byggnader i kombination med ökad konkurrens och högre kvalitetskrav tvingar byggindustrin att bli mer effektiv. För att möta dessa krav har byggindustrin börjat tänka industriellt, genom att använda sig av väl genomtänkta och optimerade processer med inspiration från traditionell tillverkningsindustri. Ett bra exempel på när byggindustrin tillämpar industriellt tänkande är prefabricering av byggnadselement. För att kunna ha ett snabbt uppförande av byggnaderna måste anslutningarna hos elementen vara utvecklade för att tillåta en snabb montering.

Målet med denna del av rapporten är att utreda hur utvecklingsprocessen för dessa anslutningar ska utföras på ett effektivt sätt. De ingående delaktiviteterna samt informationshantering ska utredas och definieras.

Utredningen har resulterat i en metod som ska hjälpa konstruktörer under utvecklingsprocessen av anslutningar. Metoden är baserad på teori från traditionell produktutveckling som används i tillverkningsindustrin. I metoden föreslås det att fyra tydligt definierade aktiviteter ska användas i utvecklingsprocessen, *Definition*, *Konceptuell utformning*, *Utvärdering och förbättring* och slutligen *Detaljerad utformning*. *Definitions*-aktiviteten ska klargöra strukturen för utvecklingsprocessen, bestämma hur information ska kommuniceras genom att föreslå standarddokument etc. Den *Konceptuella utformningen* ska resultera i att ett antal anslutningskoncept levereras till *Utvärdering och förbättrings*-aktiviteten där ett anslutningskoncept ska väljas och levereras till *Detaljerad utformnings*-aktiviteten. *Detaljerad utformnings*-aktiviteten ska göra anslutningskonceptet färdigt för tillverkning. En aktivitet ska avslutas med en tydlig brytpunkt där det säkerställs att målet med aktiviteten är uppfyllt. Processen ska därmed inte behöva vara iterativ mellan aktiviteterna, metoden är uppbyggd så att godkännandet av en aktivitet är irreversibelt. Nyhetsvärdet i arbetet ligger i hög grad i att det sätter ord på aktiviteter i det intuitiva och kreativa utvecklingsskedet samt att processen är linjär och irreversibel. Metoden har bekräftats med en fallstudie där utvecklingsprocessen av ett befintligt byggsystems anslutningar simulerades.

Under fallstudien upptäcktes det att fördefinierade krav på anslutningarna i princip är omöjliga att inkludera i metoden eftersom det ska täcka alla tänkbara anslutningstyper och fall. Det är därför bättre att använda sig av icke-statiska dokument som kompletteras

med krav och information under projektets gång, allteftersom information om och från systemet blir känt. Konfigurationen av de icke-statiska dokumenten ska anpassas till respektive utvecklingsprocess.

### 3.2 Design For Assembly

Platsbyggnation används idag i stor utsträckning inom byggindustrin men processen kan vara ineffektiv ur ett kostnads- och produktionstidsperspektiv. En industriell byggprocess kan vara en möjlig lösning. För att uppfylla kundernas krav och samtidigt hålla en låg produktionskostnad behöver byggprocessen vara flexibel. Tillverkningsindustrin har en lång tradition av industriella processer och har därigenom utvecklat flera designmetoder med mål att få en standardiserad tankeprocess. Detta examensarbete behandlar anslutningsutformning med inriktning på enkelt montage. Därför har designmetoder som behandlar detta ämne studerats för att undersöka om de kan anpassas för användning inom byggindustrin. Utöver dessa metoder har även riktlinjer från byggindustrin studerats. En uppenbar skillnad mellan tillverkningsindustrin och byggindustrin är storleken på produkter och delar. Hela montaget tenderar att vara större inom byggindustrin. Dessutom utförs produktionen i tillverkningsindustrin i en väl anpassad miljö vilket är ovanligt i byggindustrin.

Studien resulterade bland annat i krav som visar att en designmetod ska vara komplett, systematisk, mätbar och användarvänlig. En designmetod för kraftöverförande anslutningar i industriellt byggande har utvecklats med utgångspunkt från studien. Metoden är uppdelad i fyra steg och börjar med riktlinjer för utformning av anslutningar som är enkla att montera. Anslutningsförslagen som ska utvärderas med hjälp av metoden måste förklaras med figurer och text. För att säkerställa att anslutningen exempelvis klarar att ta upp dimensionerande last kontrolleras absoluta krav med en checklista. Nästa steg i metoden är en utvärdering av anslutningarnas montagevänlighet. Utvärderingen är baserad på kriterier som är uppdelade i tre påståenden. Ett betyg sätts på varje kriterium beroende både på anslutningens egenskaper och på kriteriets relevans. Resultat av utvärderingen är ett medelbetyg samt ett montageindex för varje anslutning. Utvärderingsmetoden har förbättrats och säkerställts med hjälp av en fallstudie. Slutligen minimeras antalet delar genom en frågeprocedur. Design med metoden bör ske iterativt.

Det är viktigt att poängtera att montaget är en av flera aspekter som måste tas hänsyn till i en designprocess. Denna del av rapporten fokuserar dock på montaget eftersom det har stor betydelse för byggprocessen.

### 3.3 Öppenhet

De flesta byggsystem kan definieras som öppet (eller slutet) genom att man väljer att diskutera öppenhet exempelvis ur ett visst perspektiv, en viss tidsaspekt eller en viss komplexitetsnivå. Vi bör diskutera öppenhet som det multifacetterade begrepp det är. Vi

bör inte söka öppenhet i *produkter* utan i de *processer* vi använder. Dessa processer och principer utvecklas med ökande industriell mognadsgrad i byggsektorn. De blir viktiga verktyg för att byggsektorn skall kunna utnyttja flytten av tillverkning från bygglåts till fabrik. Med en sådan definition av öppenhet bibehålls affärsmässiga incitament att utveckla system, för varierande arkitektur, för introduktion av nya företag i värdekedjan. Onyanserade uttalanden om huruvida system är öppna eller slutna blir då semantiska övningar.

I detta kapitel ges ett förslag för hur olika aspekter på öppenhet kan definieras och hanteras. Den mest intressanta slutsatsen från detta resonemang är att *öppenhet i värdekedjan och i varierad arkitektur inte är kompatibla mål*. Om vi söker öppenhet både i värdekedjan och i varierad arkitektur behöver vi många olika system med olika målgrupper. Målet med detta kapitel är att inbjuda till en diskussion kring dessa frågor i allmänhet och denna slutsats i synnerhet.

### 3.4 Examensarbeten

Det har gjorts fyra examensarbeten inom ramen för detta projekt.

- Jansson, C. and Tägtsten, S.: Product Development in the Building Industry Based on Industrial Thinking. Method for Connection Design. Master's thesis 2007:128. Department of Civil and Environmental Engineering, Division of Structural engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2007, 88pp.
- Larsson T. and Pamp-Magnusson, A. (2007): Industrialiserat byggande. En undersökning om möjligheten att standardisera knutpunkter och kommunikationen runt dessa (Building Manufacturing. An investigation of the possibilities to standardise design and communication of connections, in Swedish). Högskolan i Halmstad, Sektionen för Ekonomi och Teknik (SET).
- Lassel, V., Löfgren, P. (2006): Smart connection development for industrial construction, Master's thesis 2006:108. Department of Structural Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2006, 72 pp
- Jürisoo, E. and Staaf, R. (2007): Connection Design for Easy Assembly On-Site, Method to Design and Evaluate Structural Connections in Industrial Construction, Master's thesis 2007:99. Department of Civil and Environmental Engineering, Division of Structural engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2007, 70pp.