



CHALMERS

Chalmers Publication Library

Samarbetsprojekt för effektivare brobyggande

This document has been downloaded from Chalmers Publication Library (CPL). It is the author's version of a work that was accepted for publication in:

Bygg & Teknik

Citation for the published paper:

Ekström, D. ; Rempling, R. ; Plos, M. et al. (2014) "Samarbetsprojekt för effektivare brobyggande". *Bygg & Teknik*, vol. 2014(7), pp. 58-61.

Downloaded from: <http://publications.lib.chalmers.se/publication/206752>

Notice: Changes introduced as a result of publishing processes such as copy-editing and formatting may not be reflected in this document. For a definitive version of this work, please refer to the published source. Please note that access to the published version might require a subscription.

Chalmers Publication Library (CPL) offers the possibility of retrieving research publications produced at Chalmers University of Technology. It covers all types of publications: articles, dissertations, licentiate theses, masters theses, conference papers, reports etc. Since 2006 it is the official tool for Chalmers official publication statistics. To ensure that Chalmers research results are disseminated as widely as possible, an Open Access Policy has been adopted. The CPL service is administrated and maintained by Chalmers Library.

(article starts on next page)

Samarbetsprojekt för effektivare brobyggande

Den svenska anläggningsbranschen har i ett flertal utredningar fått skarp kritik på grund av dålig produktivitet. Forskning visar på samma tendenser i övriga Europa och USA. Vissa mätningar tyder på att byggandet i den svenska anläggningsbranschen har en kostnadsökning som är dubbelt så hög jämfört med övriga branscher under de senaste 20 åren. Låg produktivitet och låg innovationsförmåga i byggbranschen leder till högre kostnader som inte garanterat ger en högre kvalitet. Trenden behöver vändas så att avkastningen på investeringar i vår infrastruktur ökar! Det första steget är att integrera konstruktions- och produktionsprocesserna, vilket ger kortare ledtider för både planering och uppförande av byggnadsverk. Onödigt långa byggtider orsakar störningar för andra aktörer i samhället.

I ett pågående doktorandprojekt, som är ett samarbete mellan Trafikverket, WSP

och Chalmers, söks möjligheten till att öka produktiviteten inom den svenska anläggningsbranschen. Huvudspåret är att utveckla och industrialisera brobyggandet. En effektivare byggindustri skapar möjligheter till att generera ett mervärde för samhället där mervärdet exempelvis kan motsvaras av att konstruktioner byggs med högre kvalitet till samma kostnad som idag alternativt samma eller högre kvalitet till en lägre kostnad än idag. Bortsett från rena kostnader bör naturligtvis en effektivare byggindustri också se till att lösningar väljs utifrån ett hållbart samhälle men med bibehållen fokus på produktivitet och innovation. En sådan lösning kan variera från själva processen till konstruktionsdetaljer.

Innovationer och produktivitet är tydligt kopplade till varandra och det behövs en kontinuerlig utveckling av system, processer och produkter i byggbranschen. Utvecklingen bör omfatta framsteg som gjorts inom andra områden såsom: materialvetenskap och -teknik, konstruktions- och analysmetoder, produktionsteknik, samt den snabba utvecklingen inom informations- och kommunikationsteknik (IKT). I Sverige är Trafikverket den enskilt viktigaste kunden inom infrastruktur, och har därmed en unik position att kunna påverka produktiviteten och inno-

Artikelförfattare är **Daniel Ekström**, brokonstruktör/industridoktorand, WSP Bro & Vattenbyggnad/Chalmers tekniska högskola, **Rasmus Rempling**, forskarassistent, Chalmers tekniska högskola, **Mario Plos**, docent, Chalmers tekniska högskola, **Peter Harryson**, tekn dr, Trafikverket, samt **Roland Olsson**, avdelningschef, WSP Bro & Vattenbyggnad.

vationsförmågan. Trafikverket har därför tagit ett flertal initiativ för att vända trenden. Trafikverkets produktivitetsarbete har delats in i sju stycken fokusområden där det identifierats ett antal åtgärder till förbättrad produktivitet inom respektive område. Detta doktorandprojekt har starka kopplingar till åtminstone tre utav dessa; *Industriell produktion, Innovation och nya produktionsmetoder* samt *Mätning och uppföljning*.

Industriellt byggande

Under de senaste två decennierna har industriell produktion skiftat fokus från att vara generellt sammankopplat med massproduktion till att mer motsvaras av ökad kundnytta genom att anta filosofier inom Lean. Massproduktion är ett koncept som aldrig varit lämpat för broar och med den-



Många stora broar byggs idag med långt utvecklade industriella metoder. Just själva storleken gör att det naturligt skapas repeterbarhet i byggandet, vilket då tillåter konstruktörer och entreprenörer att utnyttja likheterna till att standardisera, förtillverka med mera. Här visas etappvis utbyggnad av bro över Tresfjorden i Norge. Bron är totalt 1 290 m och WSP har, på uppdrag åt Multiconsult, konstruerat större delar av överbyggnaden. Bron byggs av BilfingerBerger och byggherre är Statens Vegvesen.

na förskjutning av fokus kan en stor mängd industriella koncept från andra branscher användas även för industriellt brobyggande. Tekniker och metoder som kännetecknar och ofta nämns i samband med industriellt byggande är: standardisering, plattformsteknik, förtillverkning på och utanför anläggningen, förmontering, mekanisering, automatisering och användning av olika byggsystem. Många av dessa tekniker och metoder, om inte alla, kan appliceras på brokonstruktioner.

Forskning kring industriellt byggande är inget nytt utan det har pågått under lång tid. Den kanske största utmaningen för forskningen är hur resultaten faktiskt ska implementeras i anläggningsbranschen. Inom husbyggnad har implementeringen av industriella processer kommit mycket längre. Exempelvis så presenteras i Lessing (2006) ett förslag till en definition som kompletterad med åtta karakteristiska delområden, tillsammans utgör ett koncept för industriellt bostadsbyggande. Även om det är långt kvar i jämförelse med andra branscher så kan industriella processer idag anses tillhöra det vardagliga arbetet. Bortsett från grundläggningen så liknar ofta arbetsplatsen vid husbyggnad idag mer en montageplats än en traditionell byggarbetsplats. Hit har byggandet av broar långt kvar, och trots att det finns forskning att stödja sig på så har branschen inte nämnvärt lyckats industrialisera brobyggnadsprocessen.

Baserat på en teori framtagen av Koskela (2000), som är en övergripande teori för byggnadsindustrin, redogör Harryson (2002) för tre hörnstenar inom det industriella brobyggandet: processutveckling, produktivitetsutveckling och produktutveckling. Mellan dessa hörnstenar fungerar IKT som en naturlig länk, vilket också genererar en kontinuerlig cirkel av utveckling. Inspirerad av Lessing (2006) redovisar också Larsson (2012) en modell med karakteristiska delområden gällande industriellt brobyggande. Liknande modell kan också hittas i Harryson (2008). Även om modellerna skiljer sig något åt finns tydliga likheter i att industriellt byggande utgörs av kontinuerlig utveckling, standardisering av produkter och processer, tydligt fokus på kundvärde och användning av IKT. Med dagens snabba utveckling och ökade kunskap om användningen av och strategier för hur man implementerar användningen av IKT/BIM i industriellt byggande, kan detta vara den enskilt viktigaste faktorn för att utveckla nya och framgångsrika industriella koncept.

Införande av BIM

Det har talats om införandet av BIM i anläggningsbranschen under många år nu, och hur den radikalt ska förändra vårt sätt att bygga och skapa en byggprocess där vi minimera brister och fel och skapar en högre produktivitet och lönsamhet för



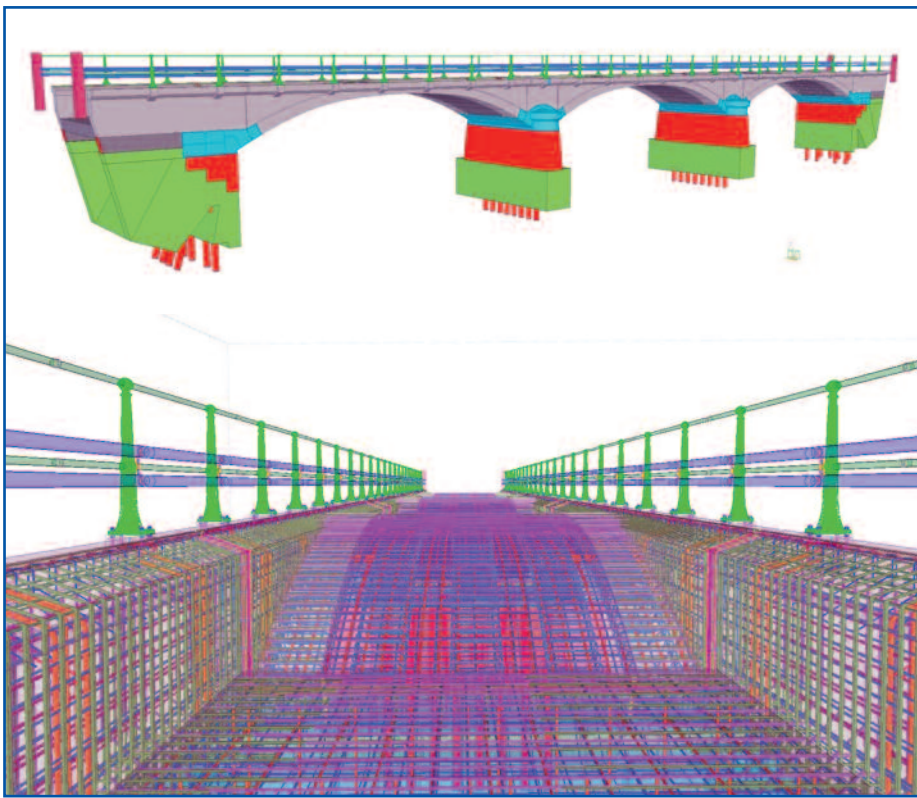
Implementeringen av industriella processer inom svensk husbyggnad har kommit mycket längre än anläggningsbranschen. Lessing (2006) presenterar en modell för industriell husbyggnad där åtta karakteristiska delområden omsluts av en cirkel som symboliserar den kontinuerliga utvecklingen. Trots att det finns många olikheter mellan de två finns nog en del lärdomar och erfarenheter inom husbyggnad som anläggningsidan bör ta vara på för att kunna ta nästa steg i utvecklingen mot en mer industriell process.

alla parter. Denna implementering har tyvärr uteblivit och vi tar inte vara på alla de fördelar BIM kan ge. Då det ända fram till för några år sedan inte fanns någon tydlig drivkraft till implementering från beställare, så kallad "market pull", så krävdes det en mer teknikdriven utveckling, "technology push". Med det avses att produktleverantörerna försåg marknaden med programvaror för att sedan försöka övertyga beställare och användare om nyttan med programvaran. Detta ledde också till att branschen under en lång period varit begränsad till vad som varit möjligt att åstadkomma med produkterna, och kanske framförallt till vad produktutvecklarna ville leverera. Idag har branschen fått den kunskap och förståelse av systemen som krävs för att vända på förhållandet och kan istället ställa krav på vad programvaror och produkter ska klara av. Nuvarande utveckling har övergått till att mer likna "market pull". För att hitta det mest optimala förhållandet, och för att skapa förutsättningar för en långsiktig utveckling, så krävs starka drivkrafter genom både "technology push" och "market pull". Ytterligare anledning till den långsamma implementeringen kan relateras till den varierande bilden mellan olika aktörer om vad BIM är. Synen har generellt varit att forskarsamhället uppfattat BIM som ett processverktyg medan yrkesverksamma mer sett det som en, mellan olika yrkesgrupper, gemensam digital modell med möjlighet till att lagra extra information i. Avståndet mellan yt-

terligheterna har börjat minska och utvecklingen går mot en mer enhetlig uppfattning av BIM. Såväl WSP som Trafikverket har klara målsättningar och strategier för användningen och implementeringen av BIM, och genom BIM Alliance så sker också redan ett samarbete mellan dessa parter tillsammans med ett flertal aktörer i branschen. Som ett led i implementeringen av BIM har också Trafikverket genomfört några pilotprojekt som drivits som BIM-projekt ända från upphandling till förvaltning. Rölforsbron är ett sådant exempel, där BIM utnyttjades i alla led, se figur på nästa sida. Det ställdes stora krav på den nya bron då den skulle återskapas så att den efterliknade den ursprungliga då denna fanns med på Trafikverkets lista över nationellt bevarandevärda broar, Malmkvist (2012).

Utveckling av starka processer

Efter att byggindustrin anammat filosofier inom Lean har också ett flertal metoder och arbetssätt utvecklats. Några projektmodeller som används i produktion är exempelvis ICE (Integrated Concurrent Engineering), VP (Visual Planning), VSM (Value Stream Mapping) och LP (Last Planner). Grundidén i samtliga modeller är att åskådliggöra processerna, och under återkommande möten med projektdeltagarna kunna se och lösa och/eller förhindra problem eller konflikter i projektet. Dessa möten är också tillfällen för att efterfråga information från övriga projektdeltagare. Då verksamheten i bygg-



I Rölforsprojektet har WSP varit ansvariga för att upprätta BIM-modell och samliga konstruktionsberäkningar. Personal från WSP har också agerat som Trafikverkets BIM-samordnare under byggtiden, och har då jobbat i mycket nära samarbete med entreprenören Skanska.

branschen som regel bedrivs i projektform så skapas det i varje projekt en projektgrupp sammansatt av personer från olika discipliner. Detta innebär också att arbetet i projektgruppen är beroende av relationen mellan projektdeltagarna och att detta kan vara en helt avgörande faktor för ett projekts framgång. När lyckade projekt lyfter fram sina framgångsfaktorer hörs inte sällan att det är gruppsammansättningen, att det varit "högt i tak" och att samtliga fått säga sitt, som varit avgörande. Då anläggningsbranschen är komplex och att objekten alltid byggs på nya platser och med nya projektgrupper behöver processerna i sig vara så starka att projekten blir oberoende av gruppens sammansättning för att nå framgångsrika resultat.

Erfarenhetsåterföring – skapa lärande organisationer

En grundförutsättning för att det ska vara möjligt att införa industriella metoder är att det finns system för att hantera erfarenhetsåterföring, och därigenom skapa en lärande organisation. Inom konsultföretag, som kan ses som kunskapsföretag, lagras tillgänglig kunskap i referensdokument från genomförda projekt, eller i form av egen kunskap på individnivå. Bristande hantering av information tillsammans med personalomsättning utgör därför stora risker för att värdefull kunskap kan gå förlorad om den inte hanteras på rätt sätt. Produktionsvänliga konstruktioner är något som alltid efterfrågas av entreprenörer och att åstadkomma sådana

är en utmaning för konstruktörerna. Det är vida känt att möjligheten att påverka en byggnad och dess framtida egenskaper är störst i tidiga skeden, det vill säga projekteringsskedet följt av konstruktionskedet. Det är också känt att val av till exempel konstruktionstyp, material eller typ av grundläggning också har en direkt koppling till de senare valen av produktionsmetoder. Trots att det finns ett klart behov av produktionskunskap i konstruktionsarbetet så saknas ofta någon form av konsekvent eller strukturerad överföring av erfarenheter från produktionsledet till projektörer eller konstruktörer. Denna erfarenhets- och kunskapsöverföring kan naturligtvis inte bara ske i en riktning. Ofta krävs under produktionskedet anpassningar med hänsyn till olika arbetsmoment, som exempelvis lyft eller montering, eller uppförande av provisoriska konstruktioner. Anpassningar och provisoriska konstruktioner under produktionskedet överläts ofta till entreprenören som kan ha svårt att alltid överblicka risker och svårigheter på ett tillförlitligt sätt. Därav krävs ett ökat utbyte av kunskap och erfarenheter i båda riktningar för att lyfta nivån hos båda parter.

I sin doktorsavhandling behandlade Simonsson (2011) bygghänsyn hos betongkonstruktioner och hur industriellt betongbyggnad ökar produktiviteten i anläggningsbranschen. Här lyfts också att öka det tidiga engagemanget av entreprenörer i projekteringsskedet är en, bland många, viktig framgångsfaktor i framtida anläggningsbyggnad. Ett fullskaleförsök gjordes

där utvecklade processer, tillverkningsmetoder och alternativa material användes och jämfördes med traditionellt brobyggande, och med huvudsyftet att påvisa ökad produktivitet genom kortad byggtid.

Effektivitetsmätningar

Att mäta produktivitet eller effektivitet inom anläggningsbranschen är dock inte helt okomplicerat då effektivitet ofta beror på yttre förutsättningar och omständigheter, vilka ofta är unika. Svårigheterna ligger i att hitta mätbara faktorer som rättvist kan jämföras med varandra. Om det inte finns kunskap om vad mätningar av effektiviteten baseras på kan de lätt missuppfattas och leda till felaktiga slutsatser. I en utredning av Statskontoret (2010), framhålls att "Varje studie om produktivitet bör granskas kritiskt med hög grad av skepsis". Tyvärr finns idag heller ingen specifik statistik över effektivitet. Den statistik som finns att tillgå är alldeles för generell för att användas direkt. Exempelvis hamnar reparationer och nyproduktion under samma kategori. Under Fas I av *Bygginnovationen* (2010) har det utvecklats förslag till mätetal att använda som styrinstrument för byggsektorns utveckling. En av sex analysgrupper har arbetat med broar. I arbetet framhävs den brist på resursdata hos företag som gör mätningar av effektivitet svåra. Särskilt framhävs bristande tillgång till data då prefabricerade produkter ersatt platsbyggda, vilket leder till att det i nuläget inte går att dra några säkra slutsatser rörande effektivitetsvinsten vid utnyttjande av mer industrialiserade metoder annat än med rena kostnadsjämförelser.

Tidigare nämndes något som ofta förespråkas och framhålls angående det industriella byggandet, nämligen möjligheten att kunna korta byggtiderna på plats. Kortare byggtider har naturligtvis stora fördelar då det kan leda till mindre störningar och minskade offentliga kostnader. Utnyttjande av BIM och förtillverkning är två ingredienser som förväntas bidra till att minska byggtiderna, men de kan inte kopplas direkt till ökad effektivitet i den offentliga statistiken. Enligt Bröchner (2010), förväntas effekten på den offentliga statistiken inom näringsgrenen Byggverksamhet vara begränsad oavsett till vilken grad en bostadsbyggare lyckas industrialisera sig. Vad entreprenören får betala för de färdiga produkterna och BIM-tjänster påverkar dess arbetsproduktivitet, som är ett partiellt mått på produktivitet. Dessa uttrycks ofta i fysiska storheter och kan då vara svåra att kombinera med den totala produktiviteten. Detta understryker vikten av att hitta lämpliga mätvärden att använda inom anläggningsbranschen.

Projekt mål

Projektets övergripande målsättning är att utveckla och effektivisera brobyggnads-

processen genom att integrera konstruktions- och produktionsprocessen. Detta ska nås genom:

- Att utveckla kriterier som definierar en effektiv och uthållig brobyggnadsprocess.
- Att studera byggprocessens informations- och kommunikationssystem, varvid tillämpning av BIM är särskilt intressant.
- Att studera och utveckla konstruktionsprocessen så att produktivitetsutveckling, innovationer och produktutveckling främjas, till exempel med avseende på tekniska lösningar och informationshantering.
- Att mot bakgrund av en integrering av processerna för konstruktion och produktion studera hur en utvecklad brobyggnadsprocess kan se ut för att uppfylla kriterier enligt första punkten.

Den vetenskapliga ansatsen kommer att omfatta följande metoder: Kartläggning av pågående forskning, kvalitativa studier för att identifiera och studera projekt med god praxis, kvantitativa studier för att undersöka dagens processer, samt identifiera forskningsfrågor och påvisa praktisk tillämpning genom fallstudier.

Projektet ska resultera i en innovativ brobyggnadsprocess som:

- ska minska den tid som används för planering och produktion,
- omfattar informations- och kommunikationsteknik,
- underlättar en kontinuerlig förbättring

av lönsamhet, produktutveckling och innovation,

- skapar incitament för en industriellt driven lönsamhet, produktutveckling och innovation och
- skapar incitament för industrin att utveckla standarder och plattformstekniker. ■

Referenser

Analysgrupp BRO (2010). *Delrapport: BRO. Bygginnovationen*.

Bröchner, J., (2010) *Effektivitetsmått för byggsektorn – mätfrågor*, Samhällsbyggaren nr 3 2010, s 42–44.

Bygginnovationen (2010) *Slutrapport Fas I -Effektivitetsmått*.

Harryson, P., (2002) *Industrial Bridge Construction – merging developments of process, productivity and products with technical solutions*, Licentiate Thesis, Chalmers.

Harryson, P., (2008) *Industrial Bridge Engineering – Structural developments for more efficient bridge construction*, PhD-thesis, Chalmers.

Koskela, L., (2000) *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Publications 408, Technical Research Centre of Finland, Espoo.

Larsson, J., Eriksson, P-E., Olofsson, T. & Simonsson, P., (2013) *Industrialized construction in the Swedish infrastructure*

Kontakt

För kontakt: daniel.ekstrom@wsp-group.se.

Du kan även läsa mer om och följa projektet här: <http://www.chalmers.se/sv/projekt/Sidor/Ibridge.aspx>.

sector: core elements and barriers, Construction Management and Economics.

Larsson, J., (2012) *Mapping the concept of Industrialized Bridge Construction – Potentials and obstacle*, Licentiate thesis, LTU.

Malmkvist, M (2012) *Trafikverket tar en titt in i framtiden – byte av Röforsbron handlas upp på BIM underlag*, Samhällsbyggaren nr 3 2012, s 19–21.

Olofsson, I. (2010) *Structural engineering potentials and applications for effective industrial bridge construction*, Report, Chalmers.

Olofsson, I. (2003) *Produktionsintegrerad konstruktionsmetodik*, Rapport, Chalmers.

Rempling, R. et al, (2010) *Konstruktionstekniska förutsättningar för industriell brobyggnad*, Bygg & teknik nr 7 2010, s 48–49

Simonsson, P., (2008) *Industrial Bridge Construction with cast in place concrete – New production methods and Lean Construction philosophies*, PhD-thesis, Luleå.