

Kravhantering, produkt- och projektutveckling av industriella byggkoncept Sammanfattning

SKANSKA

SBUF 

CEMENTA
HEIDELBERGCEMENT Group



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET

Thomas Olofsson, Luleå tekniska universitet
Anders Rönneblad, CEMENTA AB
Björn Berggren, Skanska Sverige AB
Lars-Olof Nilsson, Lunds tekniska högskola
Carl Jonsson, Skanska Sverige AB
Ronny Andersson, CEMENTA AB
Linus Malmgren, Lunds Tekniska Högskola

Här sammanfattas avrapporteringen av SBUF projektet 11931, Kravhantering i konceptbyggande, som främst berör industriell produktion av flerbostadshus. Rapporten [1] kan laddas ned kostnadsfritt via www.sbuf.se

Introduktion – bakgrund

Ett industriellt byggande skiljer sig från det traditionella sättet att producera byggnader. I stället för att varje enskilt byggprojekt planeras, projekteras och produceras med egna unika tekniska lösningar och metoder, utvecklas robusta och effektiva byggnadstekniska och processtekniska lösningar i en separat utvecklingsprocess.

Under det ökända miljonprogrammet, som skulle sätta punkt för bostadsbristen i Sverige, fanns det starka ekonomiska incitament för massproduktion och inledningsvis stor tilltro till bostäder som projekterades och producerades baserat på industriellt byggande. I den snabba utvecklingen tappades individen bort och områdena som uppfördes uppfattades som monotona och själlösa. Motreaktionen blev en kraftig övergång till enfamiljshus under miljonprogrammets sista del.

Sedan dess förknippas ofta industriellt byggande med ”tråkiga betongklumpar” med upprepningar och där avsteg är nästintill omöjligt.

Detta kan till viss del anses stämma in på vissa byggkoncept, men det finns dock andra exempel på industriellt byggande idag som uppvisar stora möjligheter till variation, exempelvis Lindbäcks Bygg [2] och Moelven Byggmodul AB [3].

Industriellt byggande och plattformar

Den traditionella byggprocessen och förhållningssättet mellan byggherre, byggare och myndigheter, idag, innebär att projekt sakta växer fram. En rad kompromisser, förhandlingar och överenskommelser i samförstånd måste genomföras innan ett projekt kan förverkligas. Denna process är inte förenlig med konceptbyggande och är grunden till att nya och obeprövade lösningar gång på gång testas skarpt i pågående byggprocesser. För en producent är strikt massproduktion ofta det mest fördelaktiga. Dock så är det svårförenat med dagens förutsättningar inom flerbostadshusproduktion, där varje hus ofta är en unik produkt. Om en producent skall kunna möta marknadens krav måste därför producenter skapa ett koncept som är flexibelt så att produkter kan kundanpassas.

När ett koncept skall utvecklas är det viktigt att fokusera på tre frågeställningar:

1. Marknaden, vem är kund?
2. Produkt, vad erbjuder vi?
3. Process, hur skall vi producera produkten?

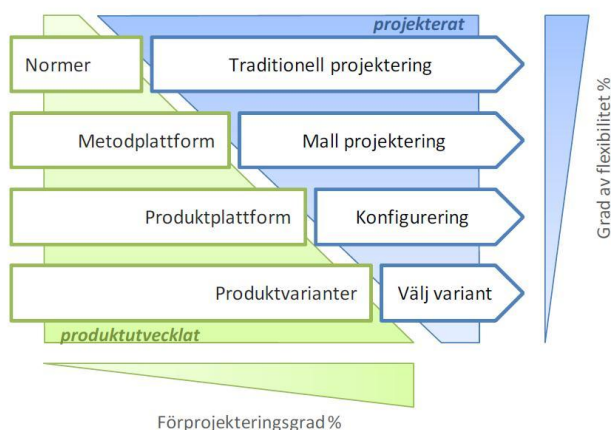
Baserat på ovanstående behöver beslut fattas om plattformens flexibilitet och möjlighet till kundanpassning. Olika typer av koncept kan delas in i fyra kategorier, vilket också redovisas i Figur 1.

Traditionellt byggande där man utgår från standarder, byggregler och normer. Byggnaden kundanpassas och byggherren styr utformning och utförande via val av entreprenadform. Systematisk produktutveckling sker sällan inom traditionellt byggande.

Metodplattformar innehåller standardiserade tekniska lösningar och arbetsmetoder. Vissa strategiska geometrier kan vara låsta (exempelvis våningshöjd, schaktstorlek osv.).

Produktplattformar har fler begränsningar och är vanligtvis är låst till ett specifikt byggsystem och en installationsteknisk lösning. Vilket omfattar hela byggnadens stomme klimatskal och tekniska försörjningssystem (ventilationssystem, värmesystem osv.).

Koncept med **produktvarianter** består i princip av färdiga byggnader där få val kan göras. Våningsantal och mindre kosmetiska val (fasadfärg, golvbeklädnad osv.) kan varieras.



Figur 1 Koncept kategoriserade efter beställningspunkts läge i förhållande till hur mycket som är färdigprojekterat (förprojekteringsgrad), anpassad efter Hwam et al.[4]

För konceptägare av produktplattformar och produktvarianter där graden av flexibilitet och möjlighet till kundanpassning minskar är det viktigt att komma in tidigt i beställarens byggprocess för att kunna erbjuda alternativ som passar. I dagläget finns ett flertal exempel på olika byggkoncept som kan placeras i olika delar av ”kategoriseringstrappan” i Figur 1. Exempel ges i Tabell 1 där ett antal utvecklade byggkoncept som finns på den svenska marknaden har kategoriserats i typ av produkt och plattform.

Tabell 1 Exempel på utvecklade industriella koncept som används på den svenska marknaden

Koncept	Produkt & plattform
Skanska Xchange	Flervåningshus – Metodplattform
NCC Folkboende	Punkthus 4-8 våningar – Produktvarianter
JM – Strukturerad projektering och produktion	Flervåningshus – Metodplattform
BoKlok	Tvåvåningshus i trä – Produktvarianter
NCC P303	Tvåvåningshus radhus i betong – Produktvarianter
Skanska ModernaHus	Flervåningshus i betong 3-8 våningar – Produktvarianter
Älvsbyhus	Villor i trä – Produktvarianter
Lindbäcksbygg	Flervåningshus i trä – Produktplattform
PartAB	Våtrumsmoduler – Produktplattform

Intressenter, krav, prestanda och beslutsprocess

I en traditionell byggprocess finns det tre grupper av intressenter/kravställare; Brukarna, Byggherre/fastighetsägare och Samhället [5]. Kravställarna har olika intressen och inflytande över utformning av byggnader. Först skall byggnaden, uppfylla lagar, normer och krav i detaljplanen som samhället ställer. Därefter får byggherren besluta om det som samhället inte har intresse av att påverka och hur stor del av utformningen som brukaren kan vara med att påverka. Inom ett industriellt byggkoncept är även konceptägaren kravställare genom att denne sätter upp

begränsningar/bestämmer hur många olika valmöjligheter som konceptet skall kunna hantera. I en väl fungerande industriell byggprocess, där få avsteg från koncept görs, bör konceptets krav behandlas efter samhällets. Det vill säga att konceptets krav är underlag för de beslut som byggherren/fastighetsägaren tar.

Marknaden för flerbostadshus skiljer sig i komplexitet mellan storstadsregionerna och övriga riket. I storstadsregionerna är andelen komplexa flerbostadshus väsentligt högre jämfört med övriga riket [6]. Val av geografisk positionering av ett koncept är därför ett strategiskt val för underlag till beslut om hur flexibelt ett koncept behöver vara.

I ett konceptbyggande behöver krav från marknaden, exempelvis byggherrar, beställare och tredjepartscertifieringar, ingå i konceptutvecklingsprocessen. Det vill säga; vilka krav måste uppfyllas innan specifika byggprojekt initieras.

I syfte att undersöka vilka krav som nyckelintressenter ställer genomfördes en undersökning av krav som ställs från byggherrar, kommuner, tredjepartscertifieringar och miljöprogram. Kravställare som ingick i undersökningen var HSB, Riksbyggen, Miljöbyggprogram SYD, Stockholms stads program för miljöanpassat byggande, Göteborgs stads miljöprogram för miljöanpassat byggande, Miljöbyggnad, Svanen samt tre stycken SABO-anslutna företag.

Kravanalysen visar att majoriteten av kraven ställs i projekterings och produktutvecklingsfasen och att tyngdpunkten av kraven kan härledas till; Tillgänglighet/bostadsutformning, Hygien/hälsa/miljö och Energihushållning. Det vill säga kapitel 3, 6 och 9 i BBR. Kravnivåer och detaljstyrning är dock mycket olika mellan olika kravställare. Kravnivåer avseende specifik energianvändning skiljer med faktor >2. Vidare så ställer vissa kravställare detaljerade krav avseende mjukvara som skall användas för specifika beräkningar. Andra kravställare ställer krav på organisation. Resultatet visar på svårigheterna vad gäller konceptutveckling mot marknadskrav.

Konceptutveckling och projektutveckling

Två utvecklingsstrategier kan urskiljas:

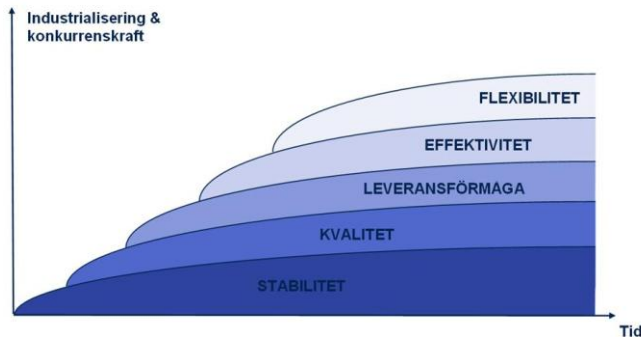
Top-down: Starta med en färdig produkt och utveckla produktvarianter. Exempel på koncept utvecklade efter top-down strategi är Lindbäck's bygg TVE system, Skanska ModernaHus och NCC P303.

Bottom-up: Starta med att standardisera komponenter och metoder, vidareutveckla modulariserade byggedelar och system. Exempel på koncept som arbetar i denna riktning är Skanska Xchange, NCC bostadsplattform, och JM strukturerad projektering, produktion och inköp.

Alla typer av utvecklad koncept bör ha en egen organisation för förvaltning, hantering av vidareutveckling, inköp och uppföljning. Brukar krav bör hanteras inom ramen för konceptbyggande genom att kvantifiera kundsegmentet, och låta dem vara helt styrande parametrar i utvecklingsarbetet. Det koncept man därefter erbjuder kommer vanligtvis att rikta sig till byggherrar och fastighetsägare som utvecklar fastigheter för detta aktuella kundsegmentet.

Innan man kan tala om ett industrialiserat koncept måste ett antal steg vara intrimmade i genomförandeorganisationen, se Figur 2. Om man utgår från en färdig produkt (top-down strategi) börjar man med att uppnå stabilitet i konceptet, så att inblandade parter märker av effekterna av

standardisering och återupprepning. Nästa steg är kvalitet, som krävs för att undvika produktionsstopp och garantiarbeten. Leveransförmåga krävs för att få taktade flöden, förutsägbarhet och pålitlighet i samverkan med andra leverantörer. När dessa grundförutsättningar är på plats kan effektivisering och flexibilitet åstadkommas för att kunna öka variationen, och på så sätt kan erbjudas konceptet för ett bredare kundsegment. Efterhand som branschen blir tränad och processerna är väl förankrade, kan koncept successivt öppnas upp och bli obegränsat dynamiska. Svårigheten med denna strategi är att ha tillräcklig stora volymer för att kunna utveckla konceptets flexibilitet över tid.



Figur 2 Fem steg till industrialisering (top-down strategi)

Produktplattformar kan representera stora värden för konceptägaren. Dagens plattformar för bilar representera värden om 3-27 miljarder, beroende på hur många bilmodeller man säljer och livslängden en plattform har [7]. Antaget att Älvsbyhus har en beräknad produktion av 35 000 hus under 50 år och har standardiserat sin plattform till 80 % innebär att deras plattform får ett uppskattat värde på 22 miljarder [8].

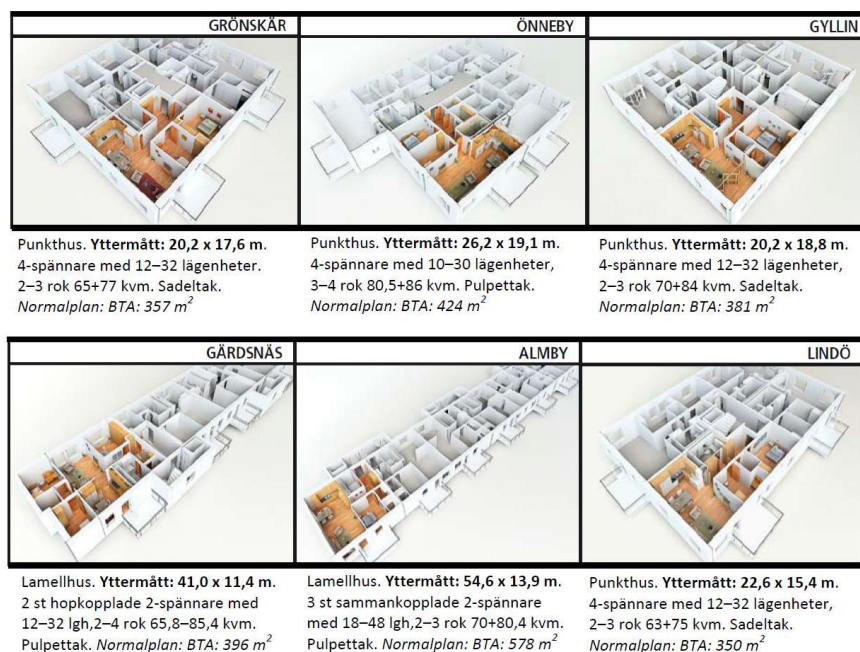
Som det nämndes i inledning finns det konflikter mellan traditionella processer och industrialiserat konceptbyggande, och detta är ett av de största problemen med konceptbyggande och utgör roten till varför industrialisering är så svår genomförbar i byggbranschen. Projekt tar ofta minst 5 år att få startklara, och det behövs 5-10 genomförda projekt innan man kan se de riktigt stora fördelarna. Det är svårt för många aktörer att vara så uthålliga, och en enskild byggherre frågar sig förstås varför han eller hon ska inskränka sina valmöjligheter i sitt projekt utan att direkt se fördelarna på sikt.

Brist på uthållighet leder i många fall till att man försöker hoppa över steg i industrialiseringstrappan, och resultatet av det är att man får inskränkningar men inga vinster. Vinsterna ligger i kombinationen av de lika delarna i industrialiseringstrappan i förhållande till den volym som kan genereras. För att lyckas med konceptbyggande måste genomförandeorganisationen hålla fast vid konceptets fastlagda kundsegment, processer, geometrisk standard, randvillkor och strategiska byggdelar. Projektering och planering måste vara klar före montagestart, och teknikutveckling skall helst inte ske i tillämpningsprojekten. Uppgraderingar och nya komponenter måste hanteras av konceptutvecklingsorganisationen.

Fallstudier

Ett antal fallstudier genomfördes inom projektet för att utvärdera industriellt byggande och plattformar mot olika kravställare. Nedan redovisas kortfattat resultatet av två fallstudier. Ytterligare fallstudier redovisas i tidigare nämnd SBUF-rapport [1].

För att utvärdera det industriella byggandets förutsättningar mot detaljplaner genomfördes en studie där olika produkter från Skanska Sveriges koncept ModernaHus applicerades på detaljplaner från Malmö kommun [9]. Där det antogs att man önskade att dessa önskades uppföras. Detaljplanerna var från fyra olika stadsdelsområden, två lite utanför Malmö och två i centrum av staden. Tillgängliga produkter redovisas i Figur 3.



Figur 3 ModernaHus konceptet 2010 [10]

Trots möjligheten att välja olika produkter samt kosmetiska valmöjligheter inom produktplattformen uppkom i samtliga fall svårigheter att "passa in" byggnaderna på tomten på grund av begränsningar område som fick bebyggas. Det rörde sig oftast om 0,5-1,5 m som byggnaderna kom utanför användningsgränsen i tomterna.

I en av detaljplanerna fanns krav avseende fasadmaterial som ej kan uppfyllas inom ModernaHus. I två av detaljplanerna fanns specifika bestämmelser på hur hög ljudnivån får vara i olika utrymmen i lägenheterna p.g.a. buller. Det undersöktes inte något djupare på ifall alla ljudkraven uppfylldes av ModernaHus byggnader, husen klarade dock ett krav som fanns i två av detaljplanerna, nämligen att byggnaderna skulle ha högisolerande fasad (>40dBA).

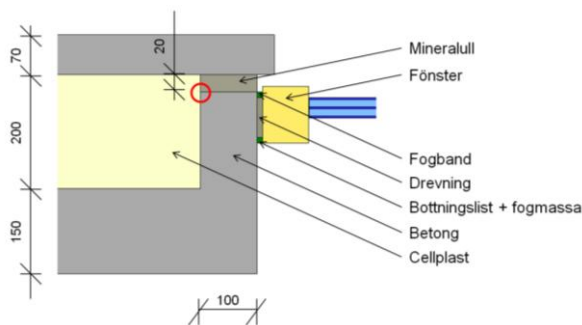
För den mest centrala detaljplanen, som hade flest utformningsbestämmelser, var kraven så detaljerade att det antagligen inte är möjligt att uppföra flerbostadshuset på annat vis än traditionell byggprocess.

Ytterligare en fallstudie genomfördes för att utvärdera tillämpning av industriell utvärdering av olika utvärderingskriterier där ett exempel på en variantmodul i en produktplattform är ett prefabricerat betongsandwichelement. Denna variantmodul innehåller ett antal komponenter såsom fönster, armering, isolering och betong.

Producenten har två olika varianter av modulen; den kan levereras i standardutförande eller i "energieffektivt" utförande, där det energieffektiva utförandet har 30 % lägre transmissionsförluster jämfört med standardutförandet. Producenten har sedan tidigare inventerat

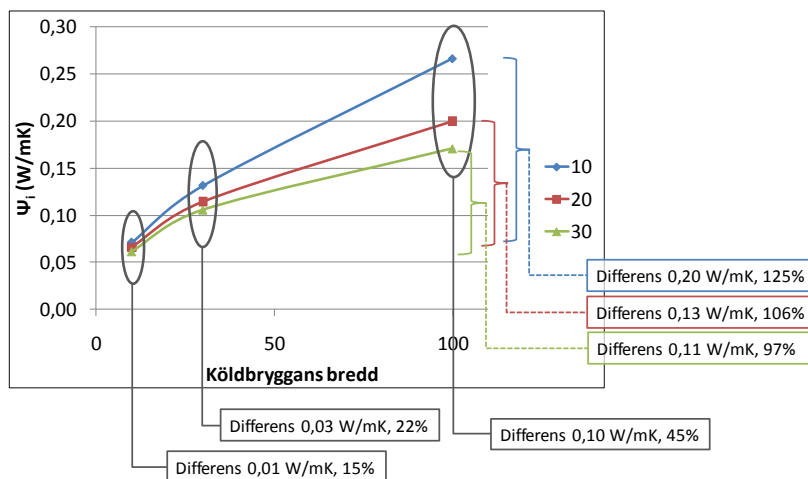
transmissionsförlusterna för modulen och kommit till slutsatsen att det mest kostnadseffektiva sättet att uppnå 30 % lägre transmissionsförluster är genom att leverera moduler med en isolering med lägre värmekonduktivitet och fönster med lägre U-värden. Detta kräver ingen omställning av produktion, enbart förändrat inköp.

I samband med uppdatering av kundkrav har även nya krav avseende energihushållning från Boverket identifierats vilket innebär att transmissionsförlusterna behöver minska. Då isolering och fönster redan är bästa tillgängliga i det energieffektiva utförandet utreds därför möjligheten för att minska köldbryggan vid anslutning mot fönster. Förändring av anslutningen utreds ur fukt- och energiperspektiv. Energitrenda för köldbryggan kvantifieras genom att beräkna köldbryggans transmissionsförlust, Ψ_i , (W/mK). Fuktrenda kvantifieras genom att beräkna temperatur (°C) och fukttillstånd, RF, (%) i det som bedöms vara en utsatt punkt i anslutningen markerat med röd ring i Figur 4.

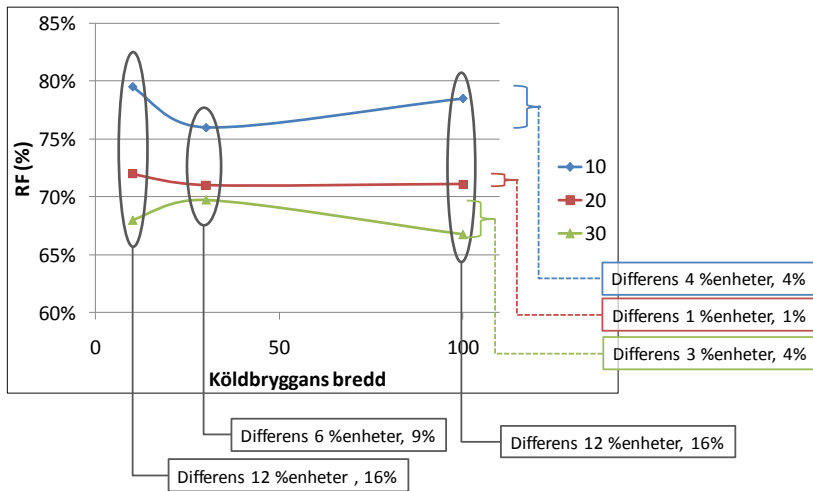


Figur 4 Anslutning mellan fönster och betongsandwichvägg

I detta fall varierar köldbryggans/”uppgjutets” bredd och mängden köldbryggebrytande mineralull (10, 20 och 30 mm). I figur 5 och Figur 6 visas hur stor påverkan variation av köldbryggans bredd alternativt mängden mineralull har på två av prestandaindikatorerna. Avseende energitrenda så har mängden mineralull som störst påverkan om köldbryggans bredd är 100 mm. Det är då möjligt att minska energiförlusten på grund av köldbrygga med 45 %. Större påverkan har dock en minskning av köldbryggans bredd. Vid grundfallet, 20 mm mineralull, så är det teoretiskt möjligt att minska energiförlusten med drygt 100 %. Avseende fuktrenda så är förhållandet det omvända. Mängden mineralull har nära obetydlig påverkan på RF. Köldbryggans bredd har större påverkan.



Figur 5 Schematisk beskrivning av variantmodul ur producentens perspektiv

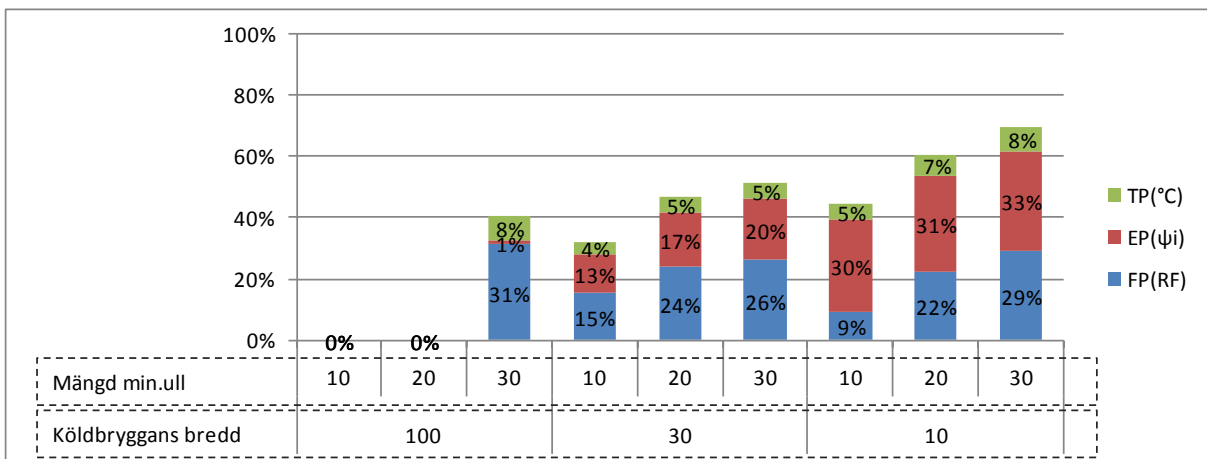


Figur 6 Schematisk beskrivning av variantmodul ur producentens perspektiv

Genom att fastställa målvärden och tillåten variation för de olika indikatorerna kan olika alternativa utformningar av anslutningen utvärderas och sammanvägt värde presenteras. Det sammanvägda prestandautfallet redovisas i Figur 7.

Två alternativ resulterar i en större köldbrygga än vad som är godkänt enligt kriterierna som fastställts tidigare. Därför ges dessa värdet 0.

Att inte ändra köldbryggans bredd samtidigt som mängden mineralull ökas till 30 mm ger det bästa alternativet avseende temperatur- och fuktprestanda. Men med mycket dålig energiprestanda. Att minska köldbryggans bredd till ett minimum samtidigt som mängden mineralull maximeras ger ett något sämre utfall på fuktprestanda. Dock så ger denna lösning det högsta utfallet på energiprestanda och temperaturprestanda.



Figur 7 Resultat från beräknat totalt prestandautfall

Slutsatser

Sedan efterkrigstidens massproduktion av bostäder (Miljonprogrammet/Rekordåren) har industriellt byggande ofta förknippats med storskaliga bostadsområden och stora begränsningar i utformning. Entreprenörer och konceptutvecklare måste därför arbeta mer aktivt för att utveckla mer flexibla koncept och marknadsföra denna flexibilitet för att bryta denna föreställning genom standardisering av processer och komponenter som inte påverkar utformningen. Samtidigt så måste konceptägaren ha kontroll över vilka detaljlösningar som projekteras. Det är svårt att lansera utvecklade byggkoncept i utförandeentreprenader där byggherren redan har skissat på en färdig lösning tillsammans med en arkitekt innan konceptägaren kommer in i projektet.

Kommunikation och samarbete mellan byggherre, byggtreprenör och planhandläggare bör förbättras. Entreprenörer bör ta del av planhandläggares erfarenheter samt diskutera krav som kan försvåra för ett industriellt konceptbyggande. Handläggarna kan också skaffa sig större kunskap om de industriella byggkoncepten, t ex. genom att konceptägare informerar planhandläggare om dess fördelar och begränsningar. På så sätt kan onödiga begränsningar i detaljplanen som inte inverkar menligt på stadsutformningen undvikas.

En observation som gjordes i och med detta arbete var att olika typer av modularisering kan krävs. Traditionellt är modularisering gjord med avseende på produkt, geometri eller material. I fallstudien med fönsteranslutning gjordes modulering med avseende på funktion vilket

innebar att väggen delades upp i två delar; den som krävdes för infästning av fönster och tillika köldbrygga samt övrig del av vägg. Denna typ av modularisering var en förutsättning för att kunna förbättra den tekniska lösningen.

Vi tror att industrialiserat byggande har en framtid men att det kommer under en lång tid att ske i avgränsade nischer medans de stora förändringarna kommer att ske när dagens platsbyggda flerbostadshus övergår till i att allt högre grad baseras på byggsystem och plattformstänkande. En intressant utveckling blir när standardisering av komponenter och processer integreras i plattformar där effektivitetsvinster kan göras i alla led i byggprocessen från projektering och inköp till produktion och montering på plats.

Referenser

- [1] Olofsson T., Rönneblad A., Berggren B., Nilsson L-O., Jonsson C., Andersson R., Malmgren L. SBUF-rapport 11931 Kravhantering, produkt- och projektutveckling av industriella byggkoncept. Kan laddas ned via www.sbuf.se (sök; 11931)
- [2] Moelven ByggModul AB <http://www.moelven.com/se/Om-Moelven/Divisioner/Byggsystemer/Moelven-Bbyggmodul-AB/> (2012-09-04)
- [3] Lindbäcks Bygg <http://www.lindbacks.se/> (2012-09-04)
- [4] Hvam L., Mortensen, N. H., Riis, J. (2008) Product customization, Berlin, Springer verlag
- [5] Svanerudh, P., (1998), Förkonstruerade byggnader - systemtänkande för en effektivare byggprocess, Licentiatuppsats 1998:04, Luleå tekniska universitet
- [6] Larsson, R., (2008), Platsgjutna stommar för flerbostadshus, Rapport TVBK-3057, Avdelningen för Konstruktionsteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund
- [7] Alhbom, H, 2011, Teknik kan säljas på licens, Ny Teknik om värdet på plattformar. http://www.nyteknik.se/rss/nyhetsbrev_it_telekom/nyhetsbrev_it_telekom_annonser/article3271123.ece (2012-09-04)
- [8] Johnsson, H., (2011) Plattformar i ett industriellt byggande, LWE konferens i Stockholm, 26-27 oktober. <http://www.ltu.se/centres/lwe/Konferenser> (2012-09-04)
- [9] Dursun, G., 2010. Sambandet mellan det industriella byggandets förutsättningar och detaljplaner, Examensarbete, Luleå tekniska universitet
- [10] Bilder och data från ModernaHus broschyr: ModernaHus - ett enkelt val, s13-27