



Att bygga skepp på marken

Bygg 4.0 Projektering - Hur principer från skeppsbyggnad kan effektivisera byggbranschen



Bygg 4.0 Projektering är ett nytt sätt att utforma och planera tillverkningen av byggnader. Arbetsätt och verktyg har delvis hämtats från skeppsbyggnad. Den drar nytta av moderna digitala verktyg, är iterativ och skapar på en mer effektiv samverkan mellan professioner. Bygg 4.0 Projektering kan halvera kostnaden för produktion av t ex flerbostadshus.

*Lars Albinsson, Projektledare
Maestro Design & Management
2019*



Med stöd av forskningsrådet Formas - Smart Built Environment

1. Vad innebär Bygg 4.0?

Bygg 4.0 erbjuder nya sätt att driva byggprojekt på, som drar nytta av digitaliseringen och därmed sänker kostnaderna, ökar kvaliteten och möjliggör mer innovativ byggnation. Som i andra digitaliseringssvåger är det främst nya arbetssätt och förändrad roller, vilka möjliggörs av digitala verktyg, som är nyckeln till framgång. Det är just denna samverkan mellan nya arbetssätt och nya verktyg som leder till radikal förbättring eller ”disruption”. De nya verktygen kan stödja och automatisera design, planering och styrning även tillverkning med exempelvis robotar och 3D skrivare.

Arbetsätt och verktyg har till stor del hämtats från andra industrier, som skeppsbyggnad. Det gör att deras nytta och effekter är relativt väl kända.

Bygg 4.0 når stor effekt genom att attackera det slöseri i arbetstid och material som idag är resultatet av en alltför fragmenterad och hantverksmässig organisation av byggprocessen, där en för stor del av planeringen och besluteten tas under pågående produktion. Dagens arbetsätt är också ett hinder för introduktion av automatiserad produktion, t ex robotar, 3D-skrivare och tillverkning av större färdiga enheter i fabriker.

Genom digitala verktyg som tillåter en mer effektiv samverkan, en mer detaljerad design i tidiga skeden samt en mer precis planering kan den totala kostnaden och tiden för byggprojekt sänkas med ca 50%, ibland mer. Att introducera nya digitala verktyg utan åtföljande förändring av arbetsprocesserna, kan ge vissa effekter, men inte alls samma radikala förbättring.

Det är däremot fullt möjligt att introducera Bygg 4.0 stegvis och i etapper. Detta är kanske att föredra i etablerade företag inom branschen. Bland nya bolag, såväl inom produktion som digitala startup-bolag, ser vi dock värdet av ett mer heltäckande anammande. Bygg 4.0 står i samklang med den utveckling som kallas Industri 4.0, där fyran avser den fjärde av de större utvecklingsstegen: 1-Mekanisering och ångkraft, 2-Löpande band och elektricitet, 3-Datorer och automation, 4-Digital tillverkning och uppkopplade produkter.

Internationellt drivs denna utveckling på många fronter, inte minst i USA där enorma privata resurser satsas på att starta helt nya typer av byggbolag. Ett exempel Kattera, med ett riskkapital på ca 8 000 000 000 kr. Bolaget utvecklar en digitalt styrd industriell produktion av bostäder.

För den svenska marknaden ger Bygg 4.0 möjligheter att bygga bostäder av hög kvalitet till dramatiskt lägre kostnader. För bolag i byggbranschen innebär ett tidigt anammande av arbetssätten dramatiskt ökade konkurrenskraft, även internationellt.

Arbetet har finansierats av Smart Built Environment/Formas anslag 2017-00323

Förarbetet finansierades av VINNOVA, anslag 2016-03923

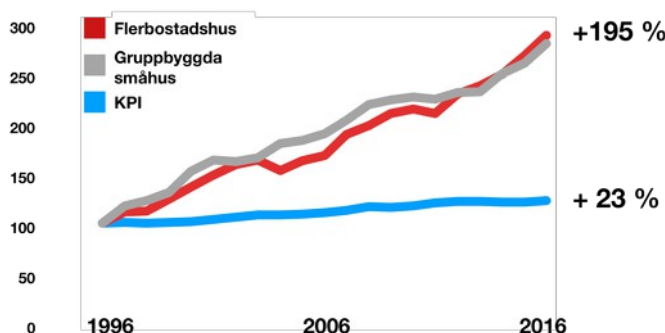
Innehåll

1.	VAD INNEBÄR BYGG 4.0?	2
2.	POTENTIALEN ÄR STOR	4
3.	VAD ÄR PROBLEMET?	5
4.	LÖSNINGEN – PRINCIPEN ÄR ENKEL	6
5.	VAD KAN VI LÄRA AV SKEPPSBYGGNAD?	7
6.	LÖSNINGEN – BYGG 4.0 PROJEKTERING	8
7.	DIGITALT STÖD	10
8.	BIM, PLM, BLM?	16
9.	TRENDER I BYGGBRANSCHEN GLOBALT	17
10.	TEST – FALKÖPING	18
11.	HINDER FÖR BYGG 4.0	19
12.	NÄSTA STEG	20
13.	ARBETET INOM PROJEKTET BYGG 4.0	21

2. Potentialen är stor

Byggkostnaderna har ökat avsevärt snabbare än andra kostnader i Sverige. Detta kan inte enbart förklaras med ökande markpriser eller ökad kvalitet hos bostäderna. Branschen har helt enkelt inte förmått hänga med i utvecklingen.

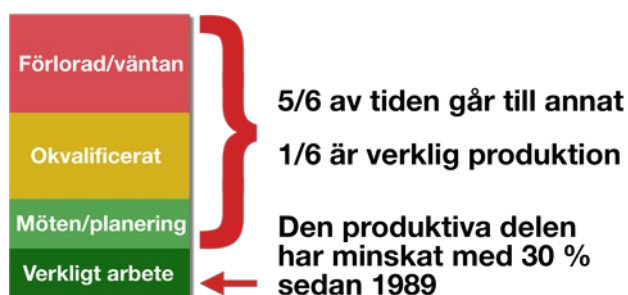
Byggkostnaderna har ökat 8 gånger mer än andra kostnader



Byggkostnader har ökat 8 gånger mer än andra kostnader (KPI) de senaste 20 åren¹.

Ett tydligt exempel på potentialen är inom VVS. Vid en studie av arbetstidens nyttjande vid uppförande av flerbostadshus användes ca 1/6 av rörmokarnas arbetsdag till verklig produktion². Resten går förlorad i väntan, okvalificerade uppgifter samt möten och planering. Den produktiva andelen har sjunkit med ca 30 % sedan 1989. Här syns tydligt en förklaring till de ökande byggkostnaderna. Motsvarande potential finns i andra områden, t ex takläggning. Samma tak kunde monteras på 1/6 av arbetstiden av en bättre förberedd grupp med god planering³. Liknande erfarenheter finns i tidiga skeden.

Potential: Rörmokarens dag



1/6 av av arbetsdagen går till verklig produktion och har minskat med 30 % på 20 år.

Det finns alltså en mycket stor potential för att sänka byggkostnaderna avsevärt. I och med att detta i de flesta fallen handlar om tidsåtgång, blir också den totala byggtiden kortare.

¹ Källa: SCB: pr0501_bpi_med_avdrag2016 (Index omräknat 2006=100)

² Arbetstidens användning vid VVS-montage – en fråga om struktur och ledarskap, 2010, VVS branschen

³ En studie gjort av en större entreprenör, som i denna rapport önskar vara anonym.

3. Vad är problemet?

Byggbranschen har vuxit ur en hantverkstradition där olika områden har sin egen expertis. Arkitekter ritas hus, dvs planlösningar och fasader. Snickare får utforma och resa stommar. Rörmokare är experter på VVS och är de enda som får installera detta. Elektriker utformar och installerar elsystem. Målare målar och tapetserar. Plåtslagare utformar och bygger tak. I hantverk skiljer man inte på att utforma och att tillverka en produkt⁴. Trots införande av alltmer avancerade byggsystem, nya verktyg och tillverkning i fabriker, kvarstår den huvudsakliga hantverksmodellen, i fördelningen av ansvar och utförande.



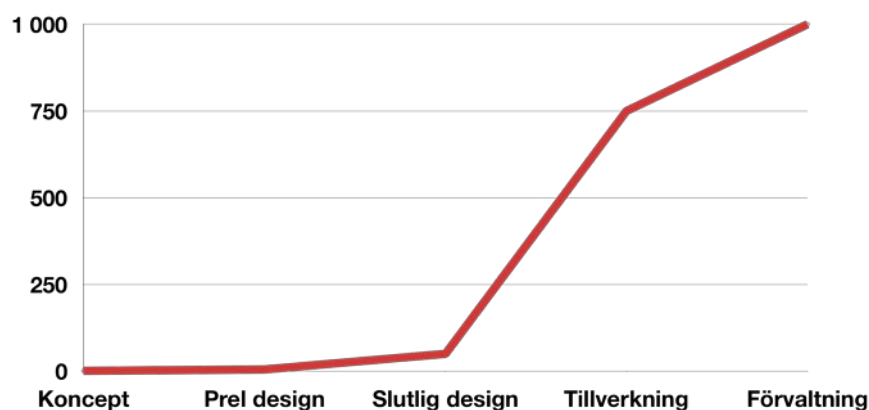
Byggherre, arkitekt, stenbyggare, kontrollant, murare m fl roller med tusenåriga traditioner.

Produkten huset är långt ifrån färdig utformad vid byggstart. Processen är därför endast schematiskt planerad.

- En i huvudsak sekventiell process
- En stor mängd beslut tas under pågående bygge
- Slutlig utformning sker, och förändringar införs, med liten kunskap om konsekvenserna för andra delar eller helheten

Ett inte alls orealistiskt exempel kan vara: Rörmokaren skall dra ett rör, till en extra radiator. Snickaren måste komma och göra hål. Men först måste elektrikern flytta en ledning på andra sidan väggen. En kopplingsdosa måste hämtas, eller köpas in. Hålet görs. Målaren måste komma och spackla. Sedan kan rörmokaren mäta, kapa och installera röret. Snickaren måste komma och sätta upp fästen. Målaren kan måla. Sedan kan rörmokaren installera radiatoren.

Så uppkommer den låga produktiviteten hos rörmokare. Inom tillverkande industri är fenomenet välkänt. Beslut och förändringar som tas sent i processen, och framförallt det som ändras under tillverkning är enormt kostsamma, vilket framgår av grafen nedan.



Den relativa kostnaden för beslut om ändringar vid olika tider i processen⁵

⁴ Wikipedia, National Encyklopedin

⁵ Källa: NASA/SP-2015-3709 Human Systems Integration (HSI) Practitioner's Guide

4. Lösningen – principen är enkel



Målet är att beslut om utformning, ingående delar och system samt planeringen av bygget helt skall ske inom projekteringen och innan byggstart. En förbättrad process enligt Bygg 4.0 blir då:

- Att rita och räkna klart innan byggstart.
- För att byggnaden skall bli en bra produkt, som går att effektivt tillverka krävs att alla parter deltar och samarbetar innan byggstart.
- Detta görs i iterationer, så att olika synpunkter, idéer och lösningar kan komma med i projektering.

Detta kräver och möjliggörs av digitala verktyg som är integrerade, för 3D ritningar, konstruktion, kalkyl och planering. Dessa uppfyller det som ibland kallas BIM nivå 3. Det mest effektiva är det att även provbygga huset eller i alla fall kritiska moment, i datorer för att utforma och planera själva byggprocessen.

Industriellt byggande – inte stora serier

Ibland förväxlas industriell produktion med tillverkning i stora serier. Ett industriellt byggande måste inte innebära produktion i större serier. Skillnaden mot hantverksbyggande är att man utformar produkten och tillverkningsprocessen innan produktionen startar. Oavsett om det är ett eller tusen hus man tillverkar. Det gör att den s.k. "tillfälliga fabriken" faktiskt blir en fabrik, och kan dra nytta av effektiv produktionsteknik. Ett viktigt bidrag till detta är att färdigställa större delar i verkstäder samt hos leverantörer och i större utsträckning montera på byggplatsen.

5. Vad kan vi lära av skeppsbyggnad?

En bransch som tillverkar komplexa föremål i enstaka exemplar är skeppsvarv. Framförallt tillverkningen av kryssningsfartyg har tydliga likheter med husbyggnad. Dessa produceras i enstaka exemplar, och är ju i praktiken en sorts semesterboende med omgivande nöjesområde. De liknar också hus i det att VVS, el/styr och ventilation utgör stora delar av dem.

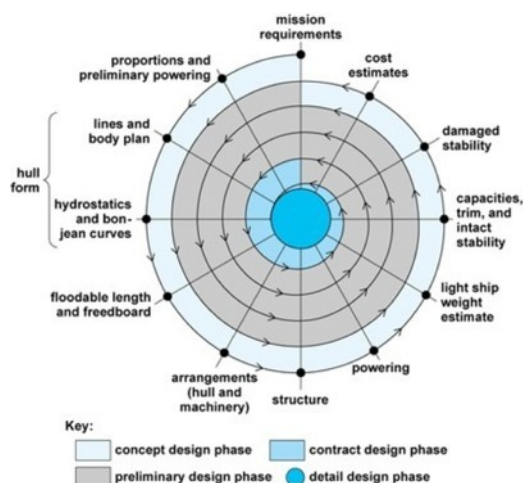
Harmony of the Seas – en stadsdel för 9 100 människor



Världens största kryssningsfartyg kan användas som benchmark.

Programmet för Harmony of the Seas är omfattande, bl a⁶:

- 3000 hotellrum, varav 2000 med balkong, samt hytter för 2 800 crew
- 20 restauranger
- Isrink
- Komplet casino
- Stort vattenland inkl. surfsimulator, 4 stora pooler, 10 hot tubs
- Broadway teater och 3D bio för 1,400 sittandet
- DreamWorks "Disneyland".
- Shoppingmall
- 11 000 konstverk
- 20 % minskad energiförbrukning mot tidigare fartyg



Fartyget byggdes på 3 år från beställning till första resa med gäster. En stor del av utformningen gjordes under denna tid. Det är byggt i Frankrike, på ett delvis statligt ägt varv och kostade ca € 1,1 miljarder.

Enbart rummen skulle ta 1/3 av budgeten "på land"

Om vi jämför med byggande i Sverige så kan vi konstatera att standardhotell i Sverige kostar strax över en miljon kronor per rum att bygga⁷. *Byggt på land skulle alltså enbart rummen ta en tredjedel av hela fartygets budget i anspråk.* Nyckeln är en iterativ, kollaborativ process, som tillämpats vid fartygstillverkning sedan 1950-talet.

Nyckeln till den effektiva produktionen ligger i att fartygets ritas klart i detalj och att produktionen planeras också i detalj. Då kan större delar tillverkas "off-site" och effektivt monteras. I princip tas inga beslut om utformning, ingående delar eller tillverkningsprocessen efter byggstart.

⁶ Källor 180415: Wikipedia & <https://www.icruise.com/c/cabin-list.php?WMPHShipCode=532>

⁷ Ett exempel från Jönköping, 181003: <https://www.svenskbyggtidning.se/2018/02/09/skanska-saljer-hotellbyggnad-jonkoping-cirka-430-miljoner/>

6. Lösningen – Bygg 4.0 projektering

Traditionell projektering

Traditionellt kan projekteringen delas upp i faserna efter de dokument som respektive fas resulterar i:

- Skisser/tävlingsförslag
- Programhandling
- Förslagshandling
- Systemhandling
- Bygghandling
- Produktionshandling

Det typiska är att dessa dokument tas fram sekventiellt. Dessutom sker detta av olika personer och roller. Arkitektens roll minskas kraftigt efter förslagshandling. Entreprenörer och byggare kommer ofta in först i samband med system eller bygghandling. I teorin kan man gå bakåt och förändra tidigare dokument, om någon ide, förbättring eller ett problem dyker upp. I praktiken är detta ovanligt. Dokumenten är oftast inte kompletta, i betydelsen att de exakt beskriver vad som skall byggas, hur det skall byggas och vad som skall ingå. Det leder till att många specifika lösningar tas fram under själva bygget. Det finns till och med ett uttryck för detta, LPP: löses på plats. **Konsekvensen är förseningar, låg produktivitet och lägre kvalitet.** I dagens process tas alltså många beslut i en ordning och vid tidpunkter som inte passar en effektiv produktutvecklings- och tillverkningsprocess.

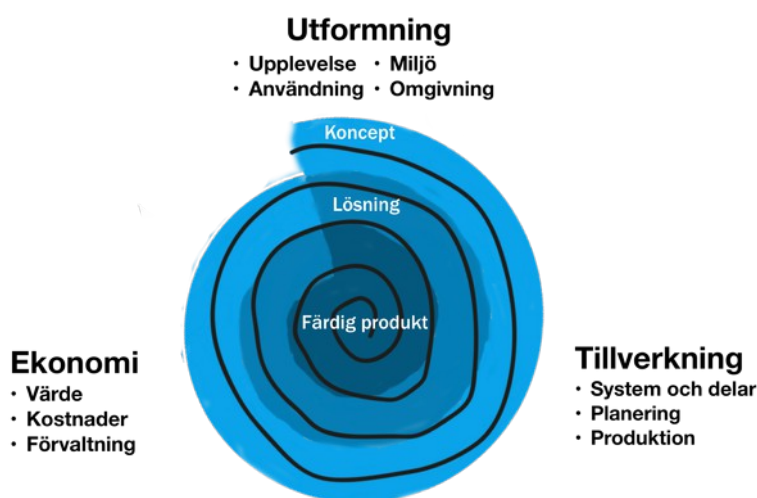
Bygg 4.0 Projektering

I Bygg 4.0 åtskiljs inte dessa ”dokument” utan är bara olika utsnitt av data i en gemensam digital plattform. I denna finns också kostnader och produktionsplanering. Arbetet med olika delar och system sker parallellt. Till exempel kan delar av systemen utformas tas tidigt. Detta kan omfatta digitala system i byggnaden, där byggherren önskar vissa typer av lösningar, som digitala svagströmsnät och andra IoT system där flera olika elektriska system ersätts av ett gemensamt datanät. Ett sådant nät kan då även användas för reglering av värme, entréer osv. Installationen blir annorlunda, tar mindre plats och kräver annan kompetens. För att dra nytta av dessa egenskaper bör denna del av ”systemhandlingen” tas fram tidigt.

Bygg- och produktionshandling växer alltså fram under projekteringen. Det betyder att upptäckter och insikter kan hanteras och göras nyttiga snabbare och till lägre kostnader, än om detta sker då bygget påbörjats. Dokument som t ex krävs av lagstiftning som bygglovshandling, kan exporteras vid lämplig tidpunkt. Den digitalt stödda, iterativa processen ger möjlighet att ta beslut när det passar, samt utforska, hantera och dra nytta av konsekvenserna av besluten. Så länge detta sker innan byggstart. I och med att byggnaden specificeras i detalj, kan också själva byggnationen planeras noggrant. Detta gäller såväl inköp och logistik som att förbereda arbetsmomenten i god tid.

Iterativ design

Iteration betyder att göra om flera gånger. Men det är inte en enkel upprepning, vid iteration tar man med sig resultatet från de tidigare gångerna när man börjar om. Fördelen är att i den iterativa modellen förfinas designen stegvis och i varje iteration deltar samtliga kompetenser och fackområden. Det betyder att både idéer och problem som upptäcks, från alla aktörer, kan hanteras och få genomslag på hela produkten och produktionen, innan beslut tagits och investeringar gjorts. T ex kan man upptäcka att bättre sätt att bygga pannrummet gör att det kan minskas i storlek. Den överskjutande ytan kan då användas till något bättre eller tas bort. Ett annat exempel är ventilationssystem, där kraven på utrymmen för schakt varierar beroende på lösning.



I den iterativa processen ökar också lärandet och förståelsen mellan de olika yrkesgrupperna. I dessa tidiga skeden och med digitala verktyg är dessutom kostnaden för att testa olika lösningar och idéer mycket lägre, vilket kan öka innovationsgraden. Olika personer kan ta del av andras arbete och utveckla samt lägga till sitt eget bidrag. Iterationen låter då de andra ta del av ditt bidrag, utveckla samt lägga till sitt eget. Under iterationerna kan man mycket väl vara tvungen att ompröva idéer och resultat, om dessa inte fungerar eller bidrar tillräckligt till helheten.

När man utvecklar en produkt så omfattar detta alltid två resultat: produktens utformning samt tillverkningsprocessen. Utvecklingen av dessa två resultat är med nödvändighet iterativ och de måste samverka. Informationen om t ex tillverkningskostnad är viktig vid utformningen. Men innan man har ett förslag till utformning finns det inget att beräkna tillverkningskostnaden av. Samma sak gäller tidplanen för bygget som helhet och för olika komponenter

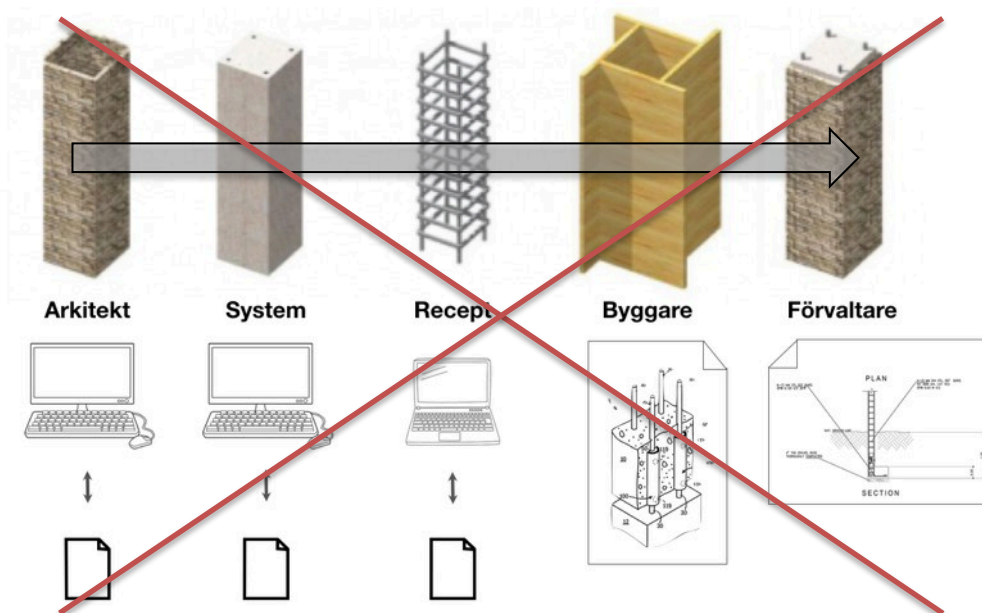
Sammanfattar vi detta kan vi formulera iterativ design som att:

Utveckla, justera och förfina en byggnad för att maximera värdet i förhållande till de perspektiv (upplevelse, användning, ekonomi, miljö, omgivning) som är nödvändiga att beakta, i en utforskande och lärande process tills en tillfredställande utformning och tillverkningsprocess har nåtts. Innan produktionen påbörjas.

Digitala verktyg kan idag stödja en sådan process över organisationsgränser och vara effektiva även för enskilda projekt och helt unika byggnader.

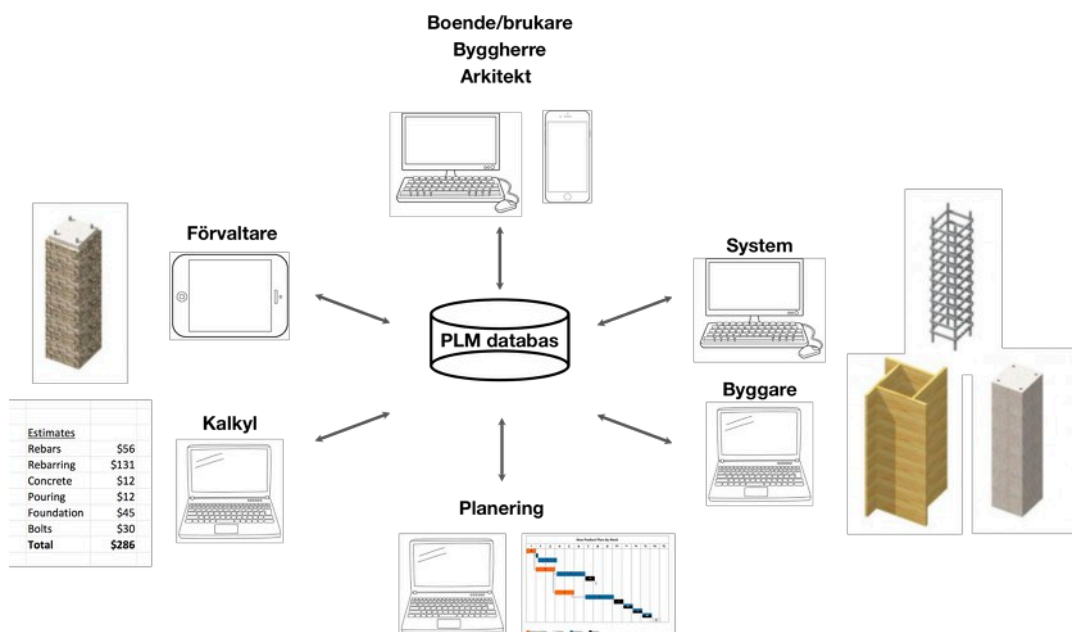
7. Digitalt stöd

Dagens sekventiella, och enkelriktade arbetsflöde från fas till fas, där få roller igår i varje fas har gjort det möjligt att arbeta med datastöd som har låg grad av integration och samverkan. Filer exporteras från ett verktyg och laddas in i ett annat. Varje roll och kunskapsområde lever till stor grad i separata informations-öar. Detta uppmuntrar då inte heller till samverkan och iteration, i och med att det är svårt och tidskrävande att exportera och föra samman filer på nytt. Bristen på integration mellan verktyg medför att mycket arbete måste göras om på nytt i det fall indata förändras.



Typisk IT plattform idag. Olika aktörer har olika programvaror med olika filformat. Utskrifter har stor betydelse. Detta stärker det sekventiella arbetssättet samt förhindrar samarbete och iterationer.

I Bygg 4.0 eftersträvar vi en systemmiljö där olika verktyg arbetar i realtid mot en **gemensam databas**. Tid, arbete och kostnaden för förändringar kan minska drastiskt. Risken för fel pga att olika personer arbetar med olika versioner av ritningar och andra dokument minskar. Databasen används också på byggplatsen. Den uppdateras med det som verkligen tillverkas, t ex serienummer, serviceintervall, garantitider och villkor på installerade delar. Självklart införs ändringar, om sådana trots allt måste göras. Det gör att den som skall förvalta byggnaden har en komplett digital tvilling, med all information och data på ett ställe. På detta sätt blir sådana databaser en exakt och kraftigt utvecklad relationshandling. Ett sådant system kallas ofta PLM, vilket står för Product Lifecycle Modeling och är ett samlingsbegrepp inom tillverkande industri för databaser som samlar data om en produkt från hela livscykeln.

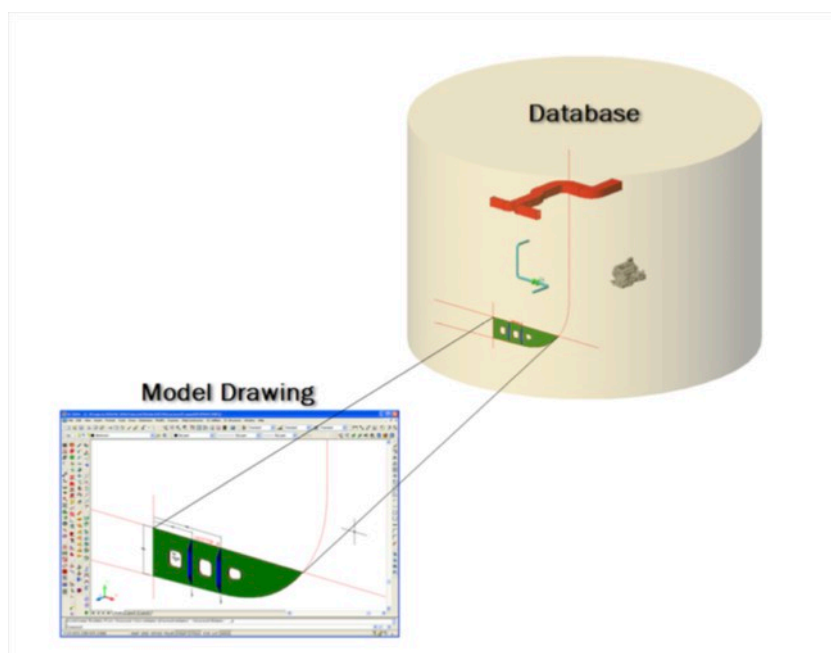


I Bygg 4.0 projekt arbetar alla roller i realtid mot samma databas. Komplet 3D modell, alla ingående delar, recept, kalkyler och planer hänger ihop och utgör på arbetsmaterial, avtal, förfrågningar och dokumentation.

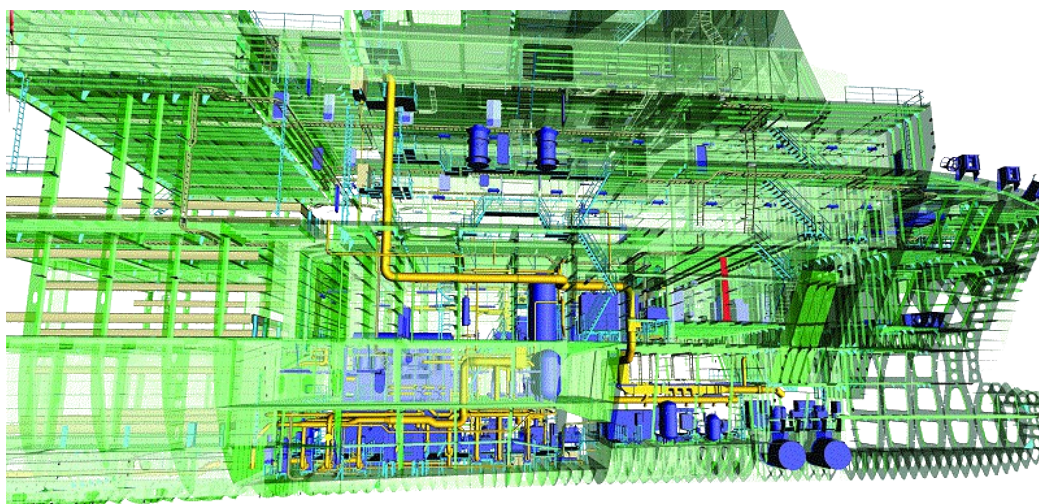
Exempel från fartygsproduktion

Principerna kan studeras i system för design av fartyg⁸. I varvsindustrin används ofta branschspecifika IT-system. Dessa är baserade på databaser, snarare än filer. En sådan databas kan innehålla de 3-4 miljoner delar som ingår i ett större fartyg. Många av verktygen är automatiska, eller parametriskt styrda, där olika beräkningar och kontroller görs automatiskt, baserat på de data som finns i 3D-modellen och andra datakällor som prislister, hållfasthets- och beräkningsalgoritmer. T ex beräknas kostnader för plåtar automatiskt av ett verktyg som beräknar mängden plåt, längden på alla utskärningar samt antalet lyft/flyttningar av plåtarna. Tidiga kalkyler görs parametriskt, dvs baserade på tidigare projekt och nyckeltal. När faktiska kostnader blir kända, genom t ex offerter, så ersätter de, i den takt de kommer in, de parametriska. Dessa verktyg kan också automatiskt optimera hur många delar skall skäras ut ur en stor plåt för att minimera svinn, minimera produktionstiden samt ta hänsyn till i vilken ordning delarna behövs. En förutsättning är att man ritat i tillräcklig noggrannhet, t ex 1 mm. Då kan alla delar i huset ritas in. Detta gör att datamängden ökar dramatiskt, vilket gör det ineffektivt eller tom omöjligt att jobba med lösa filer. PLM-system för komplicerade produkter i projekt som är spridda över hela jorden är dock väl utprovade. Det finns heller inga direkta fördelar med att arbeta med lösa filer, då detta riskerar leda till problem med olika versioner och brist på aktualitet.

⁸ Exemplet kommer från ShipConstructor, Aveva och AutoDesk



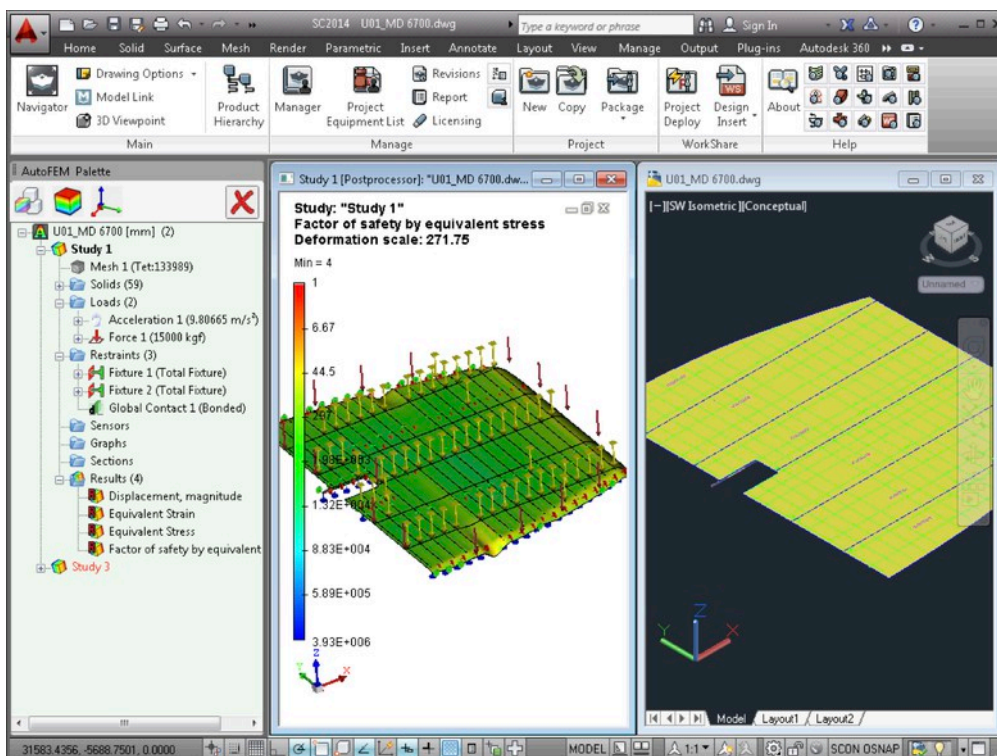
CAD systemen jobbar med en delmängd av data, i stället för att jobba med stora, lösa filer.



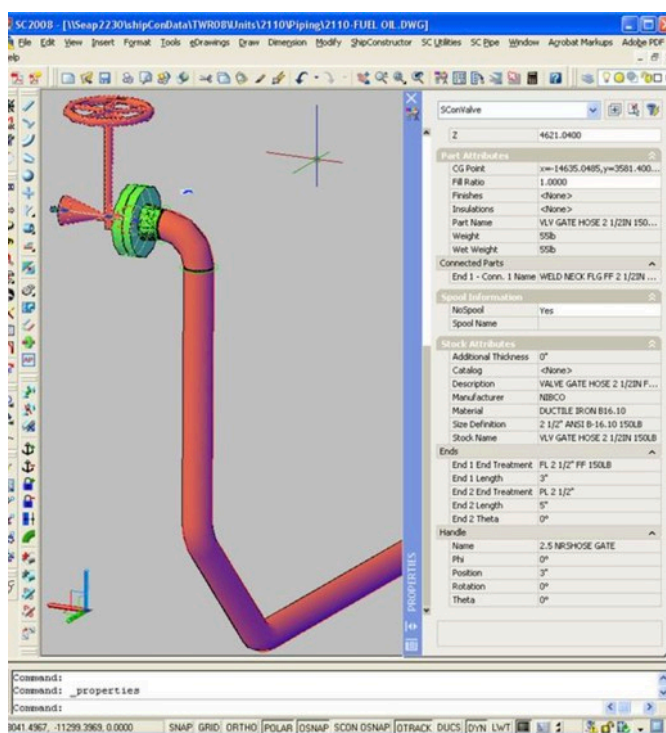
Detta möjliggör kompletta 3D modeller med alla ingående delar, även över väldigt komplicerade produkter.

Digitala verktyg för att effektivisera processen

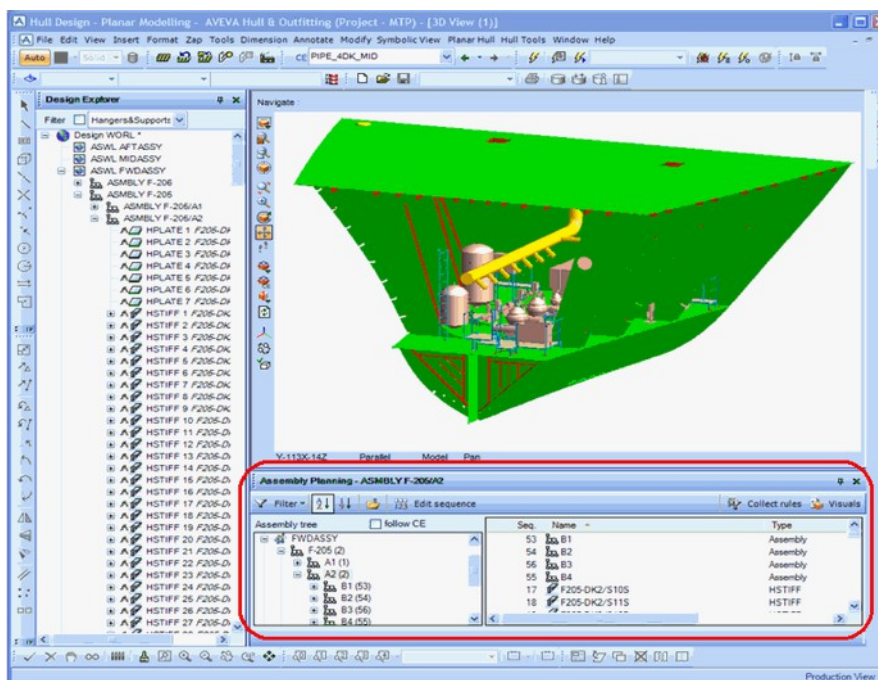
Vid sidan om att hålla reda på alla data och med högre grad av detaljering, finns digitala verktyg som kan stödja en effektivare samarbetsprocess, en effektivare produkt, en effektivare tillverkning och även automatisera vissa moment.



Specialverktyg, som automatiska hållfasthetsanalyser, kan arbeta i realtid mot allt data. Även kostnader kan räknas automatiskt.



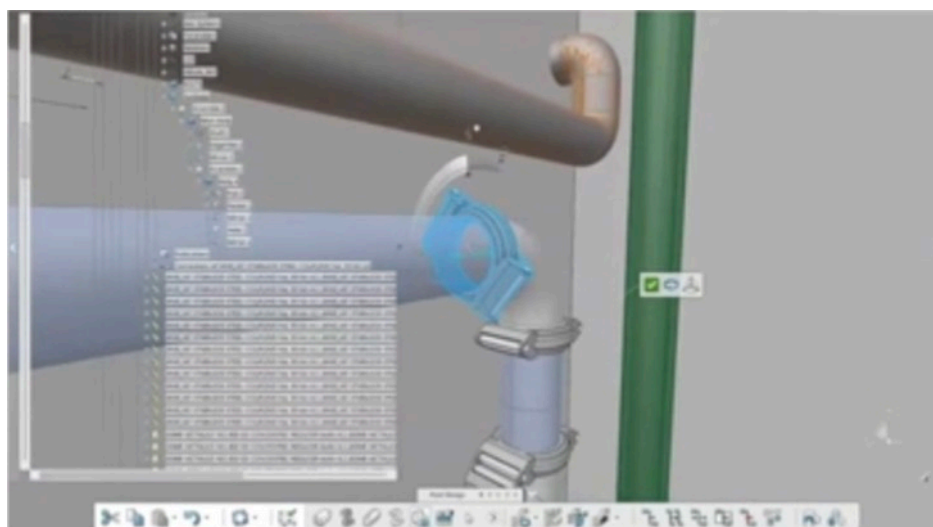
Delsystem som ventilation kan utformas i specialverktyg, medan alla ingående delar lagras i PLM-systemet. 3D objekten är länkade till produktdata och recept, dvs installationsbeskrivningar.



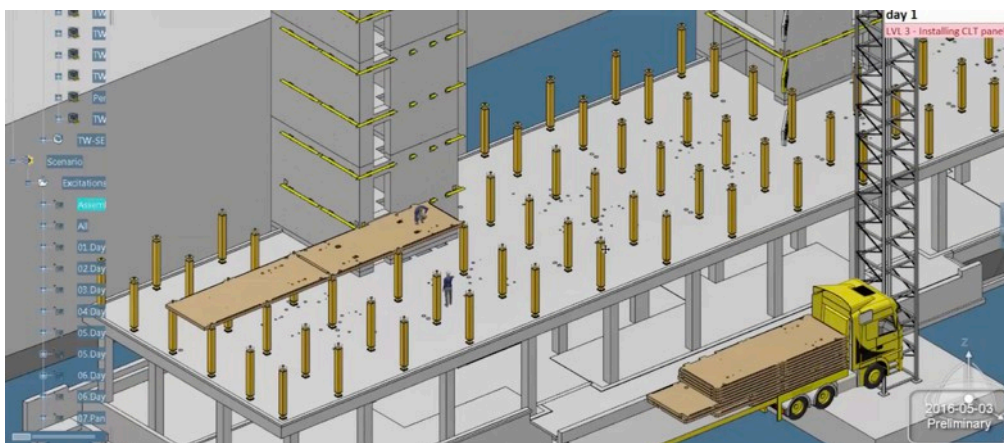
Produktionsplanering, t ex monteringssekvenser, detaljerade tids- och aktivitetsplaner görs också mot PLM-databasen.

Exempel från byggbranschen

Hittills har byggbranschen fokuserat 3D-modellering i de tidiga skedena. T ex för att göra realistiska renderingsbilder. Företag som BIMobject samlar och erbjuder 3D-modeller av stora mängder produkter, direkt in CAD-system. Vissa experiment har dock gjorts, med mer "Bygg 4.0 liknande" principer. T ex nedanstående provbyggnation i digital miljö. I dessa fall skapades en animerad film av den bästa monteringssekvensen, vilena lades upp på Youtube. På så sätt kunde alla inblandade snabbt och enkelt se, hur det skulle gå till.

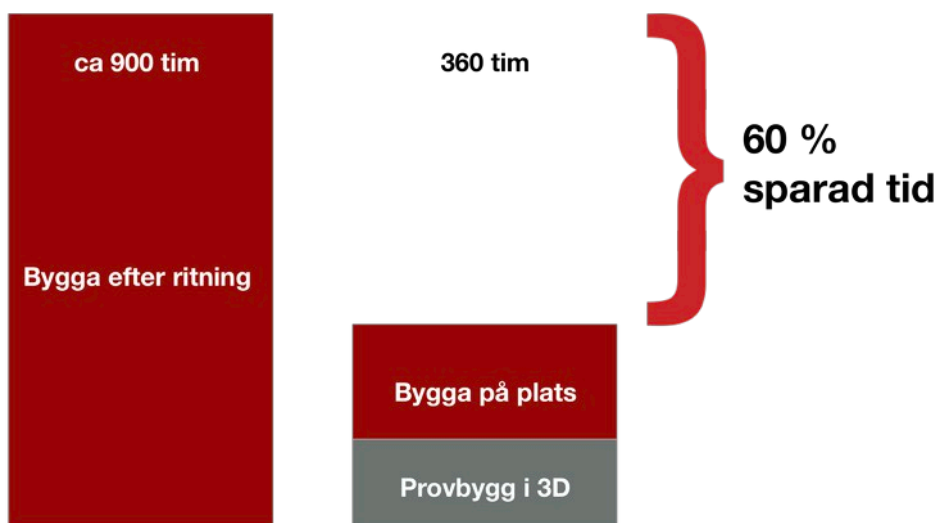


Rörmokare och 3D specialist provbygger panncentral. Detta säkerställer att allt går att installera, man kan ta fram den snabbaste tågordningen, samt säkerställa att alla delar ingår. Utdrag är videoinstruktion, CadMakers.



Simulering av stomresning, inkl. kranplacering/rörelser, lastbilsflödet och exakt sekvens för personal, moment och delar. Utdrag ur videoinstruktion, CadMakers,

De båda testerna gav goda resultat. Stomresningen gick fyra månader snabbare än ursprungligen planerat och vid panncentralen mer än halverades den totala tidsåtgången.



Effekten av att provbygga VVS digitalt: En total tidsbesparing på ca 60%. CadMakers.

Som nämns ovan, skapas den stora nytta av denna typ av digitala verktyg, när de används till en effektivare process som Bygg 4.0.

8. BIM, PLM, BLM?

Bim står för Building Information Modeling och är ett samlingsbegrepp inom byggbranschen för datamodeller över byggnader. PLM står för Product Lifecycle Modeling och är ett samlingsbegrepp inom tillverkande industri för datamodeller över en produkts hela livscykel. Begreppet BIM är idag omfångsrikt, vilket leder till viss förvirring⁹. Gemensamt för dessa definitioner är dock att de tar utgångspunkt i datamodeller och filformat.

Tyvärr kan även de mest avancerade BIM-systemen användas på ett ineffektivt sätt, t ex genom att nyttja dem i en helt sekventiell process, med utskrivna ritningar som arbetsmaterial.

Därför fokuserar Bygg 4.0 i första hand på att förändra själva processen och arbetssättet, då det är genom detta som verkliga effekter nås.

6D BIM nivå 3?

Den sk BIM-trappan¹⁰ gör att projekt som endast arbetar med lösa 2D ritningar under vissa förutsättningar kan kallas för "BIM-projekt". Enligt BIM-trappan är Bygg 4.0 projekteringen på den högsta nivån, 3. Enligt Trafikverket¹¹ kan BIM också tillföras flera dimensioner. 3D betyder just att den färdiga byggnadens geometri i tre dimensioner specificerats i ett 3D cad-system. 4D BIM betyder att tillverkningens tid, dvs sekvens, är tillagd. 5D BM innebär att även kostnader lagts till. Vissa aktörer, t ex Dassault, talar även om BIM 6D finns, där också förvaltningsperspektivet finns med. Dassault menar också att detta innebär att man då arbetar BLM – Building Lifecycle Management, snarare än BIM¹². Detta ställer krav på IT-stöd som då, utan att gå in i alla detaljer, rimligen borde klassificeras som "6D BIM nivå 3". Denna ligger närmare begreppet PLM än dagens praxis för vad som kallas BIM.

Behovet av en konkret standard

Det skulle vara önskvärt att det skapades mer konkreta definitioner, som också omfattande processen och rollerna. Den tekniska sidan bör då bygga på scheman för interoperabla data, snarare än dagen filformat. Det skulle också vara önskvärt att detta görs internationellt, i alla fall gemensamt för EU, för att minska kostnader för system och plattformar samt att bättre stödja internationalisering av branschen.

⁹ www.eubim.eu/wp-content/uploads/2017/07/EUBIM_Handbook_Web_Optimized-1.pdf

¹⁰ www.bimalliance.se/library/2607/gemensamma_kravnivaer_pa_bim_hos_statliga_aktorer.pdf

¹¹ www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/ny-teknik-i-transportsystemet/informationsmodellering-bim/

¹² blogs.3ds.com/perspectives/what-is-bim-level-3/

9. Trender i byggbranschen globalt

Globalt ökar intresset för att utveckla byggbranschen. Det finns tre, överlappande områden. Bygg 4.0 Projekteringen ligger väl i linje med dessa och i flera fall är Bygg 4.0 projektering, eller motsvarande arbetssätt, en förutsättning.

Digitala verktyg – Nya aktörer som svenska BuildSafe och BIMObject, samt danska Dalux erbjuder processororienterade verktyg. Dessa effektiviserar enskilda processer. Etablerade leverantörer, som Amerikanske ProCore, Autodesk, Trimble integrerar sina enskilda produkter till en mer gemensam plattform. Leverantörer från andra tillverkande industrier som Dassault, Siemens och Aveva, anpassar sina plattformar till byggbranschen. Gemensamt är att målbilden är starkare processer och förskjutning av beslut till tidiga skeden.



Bygg 4.0 kan dra nytta av dessa verktyg, så effekterna blir avsevärt större än att enbart digitalisera dagens processer.

Automatiserad produktion och robotar – Introduktionen av robotar sker på många områden. I Australien och US finns väl utvecklade tegelstenssättande robotar/maskiner. I Japan pågår tester med svetsrobotar som bygger höghusstommar på plats helt automatiskt. I Kina, Ryssland, Holland och Frankrike finns 3D-skrivare för betong i produktion. Gemensamt är att dessa kräver mycket mer noggranna ritningar och 3D modeller än de som används idag i byggbranschen. Toleranser på 1 mm är det vanliga. Planeringen måste också ta hänsyn till robotars rörlighet och materialförsörjning, vilket är nya moment för byggbranschen. Detta ställer då krav på arbetssätt som innan byggstart tar fram exakta 3Dmodeller, materiallistor samt tidplaner.



Bygg 4.0 arbetssättet passar väl i detta.

Modulariserad produktion – En ny generation modulproducenter växer fram. Gemensamt är avancerade modulsystem, som tillåter effektiv produktion av en stor variation av byggnader. Svenska exempel är PartAB och Lindbäcks. Nystartade Sizes Works bygger en fabrik för helt automatiserad produktion av moduler. För att dra nytta av modulariserad produktion krävs även att designprocessen förändras. Arkitekter och konsulter måste förstå och hålla sig inom de ramar som utgör modulsystemet. Modulproduktion kräver att husen projekteras i detalj innan produktionsstart. I många fall krävs mycket hög noggrannhet. Fullstack Modular, som bygger höghus i New York, pekar på att 1 mm precision kan avvikelser bli 3,2 cm vid 32 våningar, vilket gör att t e x hissar ej passar i gejderna. En integrerad digital plattform kan automatiskt erbjuda ramar, samt kontrollera avvikelser.



Bygg 4.0 processen stödjer modulariserad produktion och hanterar ramarna på ett konstruktivt sätt, så att husen kan bli innovativa och inte bara enkla upprepningar.



10. Test – Falköping

Ett första praktiskt test påbörjades under hösten 2018. Det kommunala bostads-bolaget Hyresbostäder i Falköping skall genomföra projektet Diamanten. Detta består av två punkthus om åtta våningar samt parkeringsgarage. Totalt rör det sig om 75 lägenheter samt butiksytta.

Hyresbostäder önskade pröva Bygg 4.0 projektering för att sänka kostnader och höja kvaliteten. När det gäller kvaliteten ville man i första hand säkerställa att utformningen skulle bli enkel att förvalta. T ex att inspektion och underhåll av VVS kan ske med snabbt tillträde eller tom från trapphus, för att slippa gå in i lägenheterna. Principen att rita klart innan byggstart infördes vid upphandlingen på detta sätt:

AFD.242 ... All projektering ska ske i 3D-format och samordnad kollisionskontroll mellan samtliga discipliner ska genomföras och redovisas. Kollisionskontrollen ska ske med för ändamålet avsedd programvara och beställaren ska beredas möjlighet att närvara.

Samtliga ritningar skall upprättas och redovisas i enlighet med Bygghandlingar 90.

Samtliga handlingar ska vara så detaljerade att en fullständig bild av utförandet erhålls och att respektive handling kan ligga till grund för byggande

Handlingar och uppgifter ska tillhandahållas i enlighet med av beställaren godkänd leveranstidplan.

AFD.42 Igångsättningstid

Entreprenören äger rätt att inom arbetsområdet påbörja de fysiska arbetena snarast efter komplett leverans av godkända bygghandlingar samt att startbesked har beslutats. Beräknad byggstart 2019-09-01, ev. start av schaktarbeten tidigare.

Bygg 4.0s samarbete med Hyresbostäder har fortsatt under våren 2019. Detta kommer att redovisas i senare rapporter.

11. Hinder för Bygg 4.0

Vi har identifierat ett antal affärsmässiga hinder för innovation och digitalisering vilka påverkar även Bygg 4.0. Framförallt är det affärsmodeller, roller och ansvar som behöver utvecklas för att stödja ett effektivt byggande.

Per Timme – en stor bov i dramat

I stora delar av branschen, framförallt i tidiga skeden, baserar ersättningen per nedlagd timme. Det gör att det saknas incitament till effektivisering. Varför skall någon investera stora belopp, om det endast leder till minskade intäkter? Detta är inte ett problem specifikt för byggbranschen. Det är allmänt observerat att industrier med timersättning som dominerande modell har låg innovationsgrad.

Standardkostnader

Nyttjandet av branschgemensamma kalkylunderlag och bristen på efterkalkyler¹³ är ett stort hinder för innovation och utveckling i branschen. Det leder dessutom till låg konkurrens. Lokala traditioner, avtal och regelverk gör att t ex utveckling av vissa system och produkter blir dyra, då de bara har Sverige som marknad.

Leverantörsneutral kravbild på digital plattform

Säskilt vid upphandlingar enligt LoU är det svårt att ställa krav på specifika digitala plattformar. Det skapar ett behov av leverantörsneutrala kravbilder på sådana. Idag är i princip filformatet IFC det enda som står tillbuds, vilket inte uppfyller Bygg 4.0.

Ansvarsfrågor

Det finns flera hinder som är kopplade till frågor om ansvar:

- **Ansvar helhet:** Vilken aktör skall ta ansvar för denna helhetsplanering? Hur ser ersättningen ut för detta arbete? Hur ser avtalet ut? Vem äger modeller, data och mätsystem? Hur hanteras automatiserad design och konstruktion?
- **Ansvar delmoment:** Om t ex ett VVS bolag genomför simuleringen men en annat upphandlas för genomförandet. Vilket bolag har då ansvaret för tid, kostnad och kvalitet i slutresultatet? Hur ser ersättningar och avtal ut? Vem tar vinsten för automatisering av t ex konstruktion?
- **LoU:** Idag anses LOU hindra engagerande av t ex rörmokare i tidiga skeden för att arbete med planering, a lá CadMakers/Vancouver. Om dessa roller engageras innan upphandling av genomförande kan deras företag bli uteslutna från själva upphandlingen.
- **Val av byggsystem:** Idag levererar många underentreprenörer också system och material. Här måste då en ny affärsmodell tas fram, så att dessa aktörer också tjänar ekonomiskt på att sänka de totala kostnaderna.
- **Cirkulär ekonomi:** Hur återanvänds data, produkter och resultat i en digital process? Vilka frågor kring ägande, lagstiftning och ansvar följer med detta?

¹³ The Next Generation Administration - hur kommer vi att arbeta i framtiden? Vi frågade ledare i bygg- & fastighetsbolag, Vitec, 2015

12. Nästa steg

Under 2019 - 2020 kommer Bygg 4.0 att, med stöd av Smart Built Environment och Boverket mer konkret driva utvecklingen i två huvudsakliga spår.

Testa verktyg från andra industrier, särskilt de för fartygstillverkning

Samarbete med företag som arbetar med fartygsdesign och digitala plattformar för detta. Tester av arbetssätt och verktyg kommer att ske, så nära verklig projektering och produktion som möjligt.

Utveckla affärsmodeller, upphandlingar och ansvar

Tillsammans med olika aktörer kommer vi att utforska de möjligheter som ryms inom dagens praxis, affärsmodeller och lagstiftning, för att både möjliggöra Bygg 4.0 projekteringar och att skapa incitament för detta. I detta ingår att undersöka möjligheter till bl a certifieringar för att säkerställa kvaliteten. I det fall dagens praxis och lagstiftning utgör hinder avser vi ta fram förslag på förändringar av dessa.

Samverkan och spridning

En fortsättning på samarbetet med Svensk Byggtjänst och NordBygg - Nordic ConTech för att stötta framväxten av en stark "scen" i Sverige för tech och startups inom byggsektorn. Spridning även internationellt för att möjliggöra större investeringar.



Arbetet bör naturligtvis fortsätta tills ett trendbrott i byggkostnaderna syns.

13. Arbetet inom projektet Bygg 4.0

Projektgrupp

Petter Jurdell, SABO
Jonas Högset, SABO
Joakim Örn, Veidekke
Markus Tunlid, Veidekke
Petra Åhlund, ÖrebroBostäder
Jan Dahlkvist, ÖrebroBostäder
Robert Larsson, Cementa
Rehan Chaudry, Technia
Tomas Uzdanicus, Forsen
Edward Klompmaker, Forsen
Lars Albinsson, Maestro Design & Management (Projektledare)

Tematiska workshops

171003 - Digitala prototyper av byggnader; inkl. VR, 3D
171024 - IoT och digital teknik i byggnader
171114 - Digital simulering av arbetsmoment för planering och effektivisering
171205 - Digitala verktyg för rollerna på byggplatsen
180116 - Tillverkningstekniker: moduler 3D-skrivare, robotar och självkörande fordon
180313 - Genomgång av underlag samt förslag till ny process

Presentationer

170125 Veidekke, kunddag, 300 pers
170202 Cementa, kunddag, 320 pers
170309 Byggnads, företagarräff, 20 pers
170509 Geoforum/BIM alliance, konferens, ca 100 pers
170613 Svensk Byggtjänst, Styrelse och ledningsmöte, ca 25 pers
170703 SABO, Almedalen seminarium med bostadsministern, ca 70 pers
170703 Veidekke – WeMe dagen, ca 150 pers
170704 Bonava, Almedalen, ca 20 pers
180107 NextAge, kundseminarium, ca 80 pers
180308 Byggmästardagen, Kalmar, ca 200 pers
180316 BuildSafe, seminarium, ca 30 pers
180410-13 NordBygg Mässan, 4 seminarier + monter, 200-400 pers
180417 BIM Alliance, seminarium, ca 150 pers
180531 SABO-dagen, Skövde, ca 300 pers
180702 Byggtjänst, Almedalen, seminarium med näringsministern, ca 100 pers
180703 Iamhome Almedalen, panel, ca 70 pers
181002 Smart built Environment, presentation, ca 70 pers
181004 Göteborgsbostäder, presentation, ca 30 pers
181113 Nordic ConTech, halvdag, paneler + utställning, ca 200 pers
181122 Skanska, ledningsutb, 5 pers

Media

170321	Unionen, artikel
180223	Plåt&Vent magasinet, artikel
180322	AllAgeHub, artikel
180323	FastighetsNytt, artikel
180327	BuildingSupply, artikel
180409	ByggIndustrin, intervju
180410	Byggvärlden, artikel
180412	SR - Ekot, inslag
180412	Byggvärlden, artikel
180418	Byggaren, artikel
180418	Byggindustrin, ledare
180515	Svensk byggindustri, intervju
180530	Abax, artikel
180801	Telia, artikel
181119	Samhällsbyggaren, artikel
181120	Målarnas Facktidning, artikel
181122	Elektrikern, artikel
181207	ÖrebroNyheter, artikel
181211	Hem & Hyra, artikel
181213	Hela Kedjan, POD
190109	VästgötaBladet, artikel
190111	ByggNyheter, artikel

Uppgiftslämnare

Kai Wartainen	A+D	Professor, Arkitekt
Albert Bengtsson	Apple	Business Development Manager
Mats Johansson	Assemblin	VD
Klaus Nielsen	AVEA	Ship design specialist
Lotta Niland	Besqab	Regionchef
Olle Samuelsson	BIM Alliance	VD
Christian Green	Bluebeam	VD
Jyrki Samela	BoldArc	Business Developer
Tobias Fröberg	BoldArc	CEO
Ylva Gunterberg	Bonava	Designchef
Mathias Farnebo	Brunkeberg	
Andreas Söderberg	Build R	VD
Rasmus Petterson	Build R	
Leo Sydow	BuildSafe	VD
Victor Broberg	BuildSafe	
Daniel Dahlström	Byggtjänst	ConTech
Erik Kalmaru	Byggtjänst	Marknadschef
Jan-Olov Edgar	Byggtjänst	Senior Advisor BIM
Urban Månsson	Byggtjänst	VD
Javier Glatt	CadMakers	Co-Founder & CEO
Ronny Andersson	Cementa	Forskningschef
Göran Thuiin	Cisco	Säljansvarig
Adam Shwartz	Cornell Tech NY	Director, Jacobs Technion-Cornell Institute
Arnaud Sahuguet	Cornell Tech NY	Tech Lab
John Stokoe	Dassault Systems	Head of Strategic Business Transformation EuroNorth
Patrick Mays	Dassault Systems	Vice President Strategy
Stefan Engeseth	Detective Marketing	VD
Christopher Granfelt	Epicenter / SIME	
Ingmar Paulsson	ESF	Programchef
Claes Kalderén	Feathersome	
Cajsa Lindgårdh	Forsen Project	Marknadschef
Anders Edwall	Forsen Projekt	Affärsenhetschef, Bostad & Care
Johan Berg	Forsen Projekt	Projektchef
Jörgen Hultmark	Forsen Projekt	VD
Åsa Brantberger	Forsen Projekt	Projektledare
Jed Klebanow	Fullstack Modular	COO
Carolina Björklund	Företagsakademin	VD
Nicklas Lundberg	Google	Dir Samhällskontakter EMEA
Erkki Hanhiova	Havator	VD & koncernchef
Jonas Deibe	Hiot Labs	VD
Sebastian Karlsson	HomeMaker	VD
Anders johansson	Hysesbostäder i Falköping	VD
Peter Jormeus	Hysesbostäder i Falköping	Projektledare
Thomas Randes	IPQ innovationsjuridik	VD
Eva Schelin	IQ Samhällsbyggnad	VD
Rikard Espling	KTH/KRESP	
Christer Larsson	Malmö kommun	Stadsbyggnadsdirektör
Katja Lankinen	Meyer Shipyards	Naval Architect
Anders Eklund	Myloc	Affärsområde Myloc Construction
Anders Eklund	Myloc	Affärsområde Myloc Construction
Staffan Ström	Nacka Kommun	Rektor Vuxenutbildningen
Staffan Ström	Nacka Kommun	Rektor Vuxenutbildningen

Fredrik Anheim	NCC	Affärschef Stockholm
Fredrik Anheim	NCC	Affärschef Stockholm
Jan Byfors	NCC	CTO
Peter Wägström	NCC	Koncernchef
Stephan Boucher	New York City	Projekt Manager Housing
Tobias Degsell	Nobel museum	Curator
Thomas Wildig	Projekt Grön Bostad	
Mikael Damberg	Regeringen	Industriminister
Peter Eriksson	Regeringen	Bostadsminister
Petter Jurdell	SABO	Chef Fastighetsutveckling
Amin Omrani	Serendipity	CEO
Nick Danese	ShipConstructor	Sales Executive
Nick Danese	ShipConstructor	
Carina Ståhl	Sizes Works	VD
Niklas Andersson	Sizes Works	Styrelseordförande
Tiina Koppinen	Skanska Finland	Project Manager – Xchange
Lotta Wibeck	Skanska Sverige	
Linda Nyström	Sliperiet /Umeå Universitet	Ledare Projekt X
Marlene Johanson	Sliperiet /Umeå Universitet	Chef
Mocki Hägg	Solna Kommun	Projektledare
Natalia Gura	Solna Kommun	Projektledare
Katarina Nylander	Spotscale	VD
Martin Fischer	Stanford University	Professor/ VDC
Mike Williams	Stanford University	Executive Director/ PPI
Magnus Höij	STD-företagen	VD
Micael Ekberg	Studio Ekberg	Arkitekt
Tobias Olsson	Sveriges Arkitekter	VD
Henrik Edholm	TechniaTranscat	Affärschef
Jonas Gejer	TechniaTranscat	CEO
Rehan Chaudry	TechniaTranscat	Business Developer
Cecilia Holmström	Tengbom	Strategisk rådgivare bostad
Johanna Frelin	Tengbom	VD
Linda Camara	Tengbom	Kontorschef Kalmar
Soon Hammarström	Tengbom	Chef ArchTech & Future
Rolf Lundgren	Trafikverket	Forskningschef
Anders Thulin	Triton	Partner
Susanne Rudestam	Träbyggnadskansliet	VD
Emile Hamon	Veidekke	
Jimmy Bengtsson	Veidekke	VD
Joakim Örn	Veidekke	
Lennart Weiss	Veidekke	Komersiell Direktör
Malin Hart Randes	Veidekke	Marknads- & Försäljningschef
Markus Tunlid	Veidekke	Verksamhetsutvecklare
Terje Håkansson	Veidekke	
Greg Dingizian	Victoria Park	Grundare
Fredrik Bergström	WSP	Affärsområdeschef för Analys & Strategi
Lars Elnér	ÅF Consult	Konsult
Tobias Davidsson	ÅF Consult	Konsult



Att bygga skepp på marken

Bygg 4.0 Projektering - Hur principer från skeppsbyggnad kan effektivisera byggbranschen

Bygg 4.0 Projektering är ett nytt sätt att utforma och planera tillverkningen av byggnader. Arbetsätt och verktyg har delvis hämtats från andra industrier, som t ex skeppsbyggnad. Den drar nytta av moderna digitala verktyg, är iterativ och bygger på en mer effektiv samverkan mellan professioner. Bygg 4.0 Projektering kan halvera kostnaden för produktion av t ex flerbostadshus.



Med stöd av forskningsrådet Formas - Smart Built Environment