

Præfabrikeret boligbyggeri

Trends – udfordringer – løsninger



Præfabrikation og brugerdesign kan godt forenes. Her i et af Bensonwoods nyopførte træhuse i Vermont.

Rapport fra workshop om træbaseret præfabrikation. Århus den 13. november 2006

BYGGERIETS/INNOVATION

BUILDING LAB DK



Program for workshoppen

Mandag den 13. november 2006

Formiddag

Teknologien anno 2006,
v. **Peter Hesseldahl**, Danfoss Universe

Espansiva, v. **Michael Andersen**,
Kunstakademiets Arkitektskole

Arbejdssession I: kunder, branding og
salgskanaler



Eftermiddag

Bensonwood and Open Built,
v. **Tedd Benson**, Bensonwood

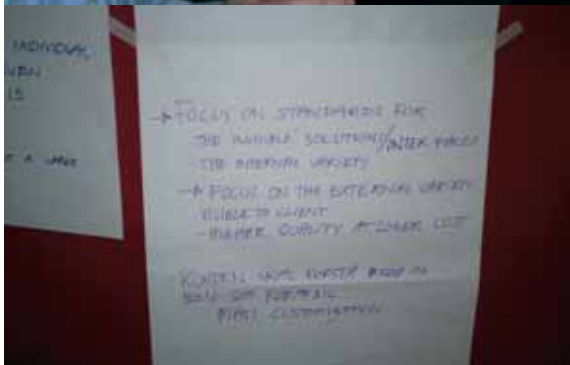
Kort film om NCC Komplett

Modularitetsbegrebet,
v. **Povl Kyvsgaard Hansen**, Aalborg Universitet

Arbejdssession II: modularisering og
præfabrikation



Ny træteknologi i byggeriet,
v. **Anne-Mette Manelius**, CINARK



Byggeriets Innovation
Strandgade 27B, 3. sal
DK-1401 København K
+45 3264 2100

Tekst: Ola Jørgensen, Klartekst

Layout: Karen Krarup

Forsidefoto: Property of Bensonwood®



Forord

Der er i øjeblikket et markant og perspektivrigt skift i gang i byggebranchen fra byggepladsproduktion til fabriksbaseret produktion. Det viser sig blandt andet i et voksende marked for præfabrikerede elementer i træ.

I Byggeriets Innovation følger og støtter vi dette skift nøje. Blandt andet har vi i samarbejde med en række virksomheder og vidensparter etableret to konsortier om præfabrikeret og brugerdesignet boligbyggeri.

Medlemmer af de to konsortier satte vi stævne i Århus den 13. november sammen med en håndfuld udvalgte gæster og en række faglige kapaciteter på feltet. Det er highlights fra denne workshop, vi her præsenterer i en journalistisk form, så også andre end de 24 deltagere kan få glæde af dem.

Vi vil gerne takke såvel deltagere som oplægs- holdere for at have udvekslet erfaringer og synspunkter med os og med hinanden. Videndeling i hele værdikæden er en vigtig del af motoren i den innovation, branchen har brug for.

Læs mere om Byggeriets Innovation, og find yderligere materiale om workshoppen på www.buildinglab.dk.

God læselyst.

Mikkel A. Thomassen
Sekretariatsleder

Huse skal bygges indendørs

Byggebranchen skal finde svar på en række vanskelige spørgsmål, hvis den fremover vil tjene penge på at opføre nye attraktive boliger til en pris, folk kan og vil betale. Industrialisering, modultækning, brugertilpasning og åbne standarder er nogle af buddene på fremtidens byggeri, men ingen af dem er uden betydelige forhindringer. Det viste en intensiv workshop med nogle af branchens frontløbere inden for træbaseret præfabrikation.

I dag er den computerkraft, almindelige mennesker har til rådighed, 1.000 gange større end for 15 år siden. Og i 2021 vil vi se tilbage på nutidens teknologi som præcis lige så håbløst langsom og gammeldags. Det er bare ét eksempel på, at fremtiden kommer os i møde langt hurtigere, end vi har været vant til. Og det får konsekvenser for den måde, vi bygger og indretter vores huse på.

- Som IT-entusiast trak jeg for nogle år siden omhyggeligt datakabler i hele mit hus, så jeg havde hurtige netforbindelser i alle rum. I lyset af de trådløse netværk forekommer mit kabelprojekt unægtelig lidt komisk i dag, fortæller Peter Hesseldahl, fremtidsforsker hos Danfoss Universe.

Hans anekdote varmer op til to vigtige pointer:

- Vi har svært ved at bygge huse, der skal holde i 100 år, når vores teknologi, levevilkår og livsstil forandrer sig markant hurtigere.
- Vi bør alligevel tage bestik af de stærke udviklingstendenser, som vi ved, kommer til at præge fremtiden – selv om vi ikke ved præcis hvordan.

Peter Hesseldahl peger især på følgende trends, som byggebranchen efter hans mening lige så godt kan se i øjnene og få det bedste ud af – like them or not:

- **Individualitet:** Folk vil ikke nøjes med den funktionalitet, alle har adgang til. De vil have noget særligt, som har en speciel historie eller kvalitet, der passer til deres liv og værdier.
- **Elektronisk forbundethed:** Folk er i stigende grad permanent online – via computere og mobilt udstyr. Skellet mellem job og fritid udviskes – lige som samspillet mellem virkelige og virtuelle verdener bliver mere avanceret.
- **Accellerende forandringstempo:** Computernes processorhastighed er blot én indikator på, at teknologiens livscyklus bliver stadig kortere. Når meget af indmaden i vores hjem forældes og udskiftes hurtigere, stiller det også nye krav boligens fleksibilitet.
- **Demografiske ændringer:** En stigende andel ældre i befolkningen er måske den sikreste trend. Usikkerheden knytter sig bl.a. til, hvad dét betyder for fremtidens plejesektor og behovet for ældreboliger. Også ændringer i familiemønsteret ændrer kravene til boligernes antal, størrelse og indretning.
- **Fokus på ressourcer:** Vi kommer til at økonomisere anderledes effektivt med mange af de ressourcer, vi bygger vores velstand på. Om ikke af lyst så på grund af bl.a. højere energipriser. Derfor har vi formentlig kun set begyndelsen til den måde, bæredygtighed vil præge byggeriet på fremover.

- Der er ingen grund til at tro, at forandringshastigheden bliver mindre fremover. Når vi er et samfund i flux, kan vi så bygge boliger, der er permanente? Skal vi bygge noget, der kan holde,

eller skal vi designe det, så det kan forandres løbende – og måske skilles ad igen og indgå i kredsløbet? spørger Peter Hesseldahl.

- Vi lever jo ikke i industrialderen længere. Man må tilpasse sine ydelser til, hvad folk har brug for lige nu og her og derfor kende sin bruger så godt som muligt. Men man kan ikke levere en individuel ydelse til alle. I stedet må man gøre kunderne til medskabere ved at inddrage dem i en løbende designproces. Det ændrer afgørende ved vores måde at tænke design og arkitektur på. Vi skal i højere grad designe værktøjer, der gør brugeren i stand til at skabe sit eget produkt.

Peter Hesseldahl advarer dog mod at reducere problemet til customization - altså at kunne give folk præcis, hvad de ønsker sig lige nu. Man kommer let til at støbe et aftryk af deres flygtige drømme i beton. Dermed risikerer man at gøre boligen ubrugelig eller mindre værd for dem, der senere skal flytte ind i en andens drøm – eller for ejerne selv, når deres behov og ønsker igen skifter.

Trends ændrer vilkårene for indretning og byggeri

Kravene til en god bolig kan forandre sig markant i husets levetid. Peter Hesseldahl nævner eksempler på forhold, man måske ikke tænkte nok på, da man byggede huse for 50 år siden:

- I 1955 var der i gennemsnit én person mere i hver husstand end i dag.
- Andelen af single-husstande er steget fra 16 pct. i 1960 til 38 pct. i dag.
- Kun hvert tredje hjem havde eget bad i 1955 – i dag er andelen 95 pct. Præcis den samme udvikling gælder udbredelsen af centralvarme.

Når det gælder hvidevarer og informationsteknologi er udviklingen accelereret endnu hurtigere:

- I 1990 havde 29 pct. af danskerne opvaske-maskine. I dag er det 63 pct.
- I samme perioden er udbredelsen af tørretumblere fordoblet fra hver fjerde til hver anden familie.
- I 1995 stod der en pc i hvert tredje danske hjem. I dag er kun 8 pct. uden.

Også udbredelsen af mikrobølgeovne (80 pct.) og fladskærms-tv (19 pct.) har haft og får betydning for indretning og pladskrav i hjemmet. Blandt andre bygge-relevante tendenser nævner Peter Hesseldahl hjemmekontor, samtalekøkken, wellness-rum, walk-in-closet og aircondition.

Arkitektur til at vokse i

Netop muligheden for at individualisere boligen på en fleksibel måde, er kernen i byggekonceptet Espansiva, som Jørn Utzon lancerede i slutningen af 60'erne med en række andre projekter under parolen additiv arkitektur.

Målet med Espansiva var at udvikle, producere og markedsføre komponenter til enfamilieshuse – med træ som det altdominerende materiale. Komponenterne skulle kunne sættes sammen i et meget stort antal rumlige kombinationer, være lette at samle og kunne produceres til en konkurrencedygtig pris, forklarer Utzon-eksperten Michael Andersen fra Kunstakademiets Arkitekt-skole.

Projektet var initieret af træbranchen, og det var hensigten, at trælasthandler skulle lagerføre elementerne. En familie skulle i princippet selv kunne hente udbygningen til deres hus på en trailer. Tilbygning, ombygning og evt. frabygning skulle være let og fleksibel. Og folk var ikke bundet til bestemte arkitekter eller producenter. Alle standarder inden for døre, vinduer og beklædninger skulle være mulige at inkludere i boligen.

Utzon var også i dette projekt stærkt inspireret af den finske arkitekt Alvar Aaltos tanker om standardiseret fleksibilitet, som de blev formuleret i mellemkrigsårene. Altså at simple og standardiserede enheder åbner mulighed for at skabe stor variation og forskelligartede udtryk.

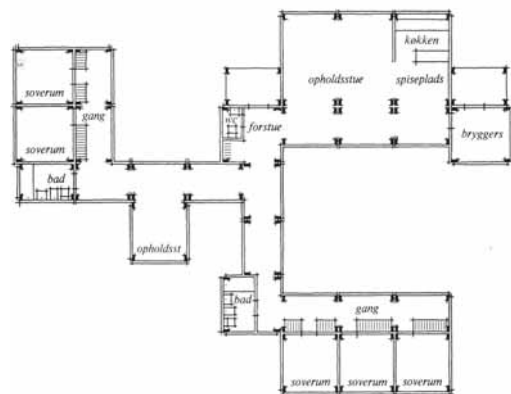
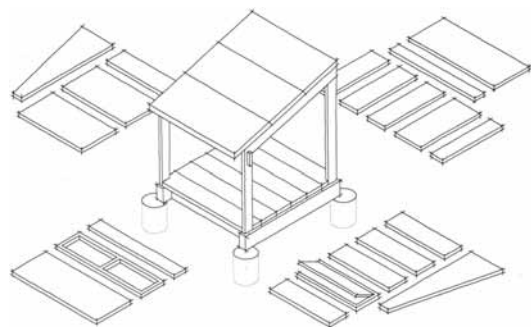
Espansiva-konceptet har flere af de kvaliteter, der spås en fremtid i byggebranchen: Industriel præfabrikation, mass customization, systemleverancer, modularitet, brugerkonfigurering og fleksibilitet. Men projektet blev af mange grunde aldrig realiseret.

Michael Andersen peger blandt andet på en række byggetekniske svagheder. Dels indebar det et betydeligt materialespild. Dels var der stadig en masse arbejde på byggepladsen med at sætte huset sammen, inddække det mv. Der var

der heller ikke tænkt installationer ind i byggeriet – også det skulle laves på pladsen.

- Man får nok først en virkelig rentabel udnyttelse af industrielt fremstillede bygningsdele, når de kan føjes sammen uden tilpasning på byggepladsen, vurderer Michael Andersen med henvisning til Utzons manifest "Additiv Arkitektur" publiceret i 1970.

Om projektet kan overvinde nogle af sine oprindelige svagheder, kommer der måske snart et svar på. Kuben Vest Byg skal sammen med den yngste Utzon-søn, Kim, forsøge at videreudvikle Espansiva-ideerne til et nutidigt industrielt produkt.



Jørn Utzons bud på et præfabrikeret boligsystem – Espansiva – har stærke modulære træk, både i den enkelte celle og i de utallige muligheder for at kombinere dem. Den bærende konstruktion er en limtræsramme i tre dybder. To rammer i samme dybde udgør en enhed med en standardbredde på 3 meter. Rammerne har samme gesimshøjde, og alle lofter samt tage hælder 17 grader. Ved sammenføjninger placeres rammerne altid med 12 cm mellemrum, som udgør et standardiseret interface til fx skillevægge mv.



En udfordret branche

At byggebranchen ikke *uden videre* kan skifte fokus fra enkeltstående byggeprojekter til industrialiserede systemleverancer á la Espansiva blev hurtigt tydeligt i workshoppens diskussioner.

Den danske byggebranche er nemlig – i lighed med mange andre landes - karakteriseret ved:

- Opdelingen af design og produktion hos hhv. rådgivere og entreprenører
- Projektbaseret (ad hoc) samarbejde og innovation
- Mange små virksomheder
- En stærkt opdelt værdikæde
- En ret høj andel faglært arbejdskraft
- Pris som dominerende konkurrenceparameter.

Denne organisering gør branchen yderst modstands- og omstillingsdygtig over for den lunefulde efterspørgsel. Men det begrænser samtidig ressourcerne til langsigtet udvikling af fx systemleverancer. Det kræver nemlig dels, at man tænker og samarbejder strategisk langs hele værdikæden, dels at der investeres ressourcer, som ikke kan afskrives over det enkelte byggeprojekt.

Det er netop for at overskride begrænsningerne i denne organisationsform, at Byggeriets Innovation arbejder med at facilitere konsortier af virksomheder, der kan udvikle levedygtige innovationsprojekter sammen. Hovedparten af workshoppens deltagere var således knyttet de to konsortier ”den præfabrikerede individuelle bolig” og ”brugerdesignet boligbyggeri”.

De er derfor allerede sporet ind på en række fælles problemstillinger og udfordringer, der da også blev debatteret livligt på workshopen:

- Hvordan udvikler vi fleksible og standardiserede byggekoncepter, der giver mulighed for skræddersyet masseproduktion?
- Hvilke typer af valgmuligheder kan og skal vi give kunderne, og hvor er de bedst tjent med, at vi som fagfolk definerer løsningerne for dem?
- Hvordan etablerer vi åbne standarder, der inviterer til både samarbejde og sund konkurrence i branchen?

Spørgsmålene blev ikke autoritativt besvaret, men en lang række eksempler og synspunkter fra oplægsholdere og deltagere bidrog til at skitsere nogle af de mulige løsninger.

Adskil bygningernes tidslag

Eksempelvis leverede den amerikanske pionér inden for trækonstruktioner, Tedd Benson, overbevisende dokumentation for, at træbaseret præfabrikation langt fra er ensbetydende med fabriks- og masseproducerede typehuse.

Med afsæt i en nærmest idealistisk bestræbelse på at genoplive en tabt håndværkspræget byggetradition har Tedd Benson opbygget en forretning, der nu beskæftiger omkring 70 ansatte og årligt bygger omkring 60 eksklusive kvalitetshuse over det meste af USA. Bensonwood står i dag på tærsklen til et partnerskab, der for alvor kan flytte byggekonceptet op i skala (over 10.000 huse årligt) og ud til et langt bredere publikum.

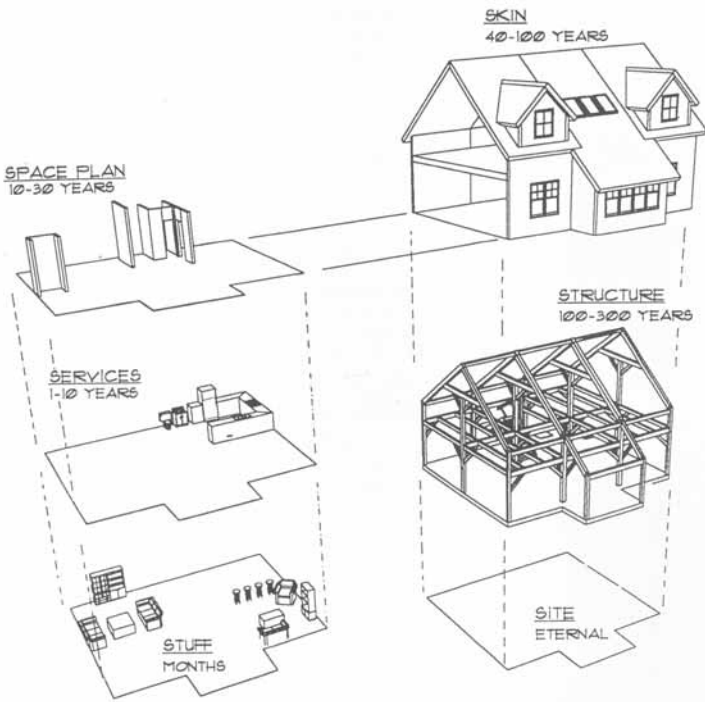
Benson har sammenfattet filosofien i virksomhedens Open-Built system i ti principper:

1. Boliger skal være unikke og fleksible – lige som de mennesker, der skal bo i dem.
2. Bygningens funktionelle systemer skal frigøres fra hinanden – så bygningen består af forskellige "lag" med forskellig levetid. Fra grundkonstruktionen, der kan holde op til 300 år, over ruminddelingen, der måske skal

ændres efter 10-30 år – til alt det løsøre, der ofte skiftes ud fra det ene år til det andet. Se også illustration.

3. Byggeprocessen adskilles i husets "ydre skal" og "indmad". Skallen er arkitekter og ingeniørers domæne. Indmaden skal ejer og håndværkere let selv kunne ændre og tilpasse.
4. Et fintmasket *3D-matrix-grid* standardiserer alle elementers dimensioner og mulige placeringer i huset. Det giver maksimal fleksibilitet og mulighed for at genanvende løsninger på tværs af forskellige bygningsdesign.
5. Byg virtuelt, før fysisk – alle huse konstrueres i avanceret CAD-software, inden de opføres i virkeligheden. Softwaren kobler både til projektstyringsværktøjer og til CAM, så al opskæring og formning sker automatisk.
6. Design sammenføjetninger, og sammenføj design – skab et fast interface mellem bygningens dele, og opbyg et bibliotek over dine designelementer.
7. Integrer alle discipliner i designprocessen – fra arkitekter og ingeniører til producenter, forhandlere og fagspecialister.
8. Byg modulære komponenter – badeværelser, installationsvægge etc. - der kan færdiggøres parallelt indendøre.
9. Brug byggepladsen til at samle modulerne – ikke til det grundlæggende træarbejde. Byggepladsen er det dårligste sted at forsøge at kontrollere kvalitet, effektivitet, omkostninger og jobtilfredshed.
10. Gør systemer og standarder åbne, så den samlede branche styrkes og udvikler en fælles platform for både samarbejde og konkurrence.

Tedd Benson lægger vægt på, at *hele* byggeprocessen er tænkt logisk og modulært fra starten. Hvis man fx begrænser modulopbygningen til bygningens ydre skal, så opnår man aldrig den rentabilitet, der ligger i et samlet koncept. Præfabrikation virker kun, når det omfatter hele byggeprocessen, siger han.



Property of Bensonwood®

En af grundideerne i Bensonwoods Open Built er at opfatte bygningen som et lagdelt sæt af systemer. Forholdet mellem det enkelte lag og helheden er bestemt af lagets levetid og behovet for fremtidige ændringer og tilpasninger. Det giver mulighed for at optimere udformningen af hvert enkelt lag – og at give brugeren større indflydelse på husets både funktionelle og æstetiske kvaliteter.



De vanskelige moduler

Moduler og modularitet er i det hele taget dagens løsen, når man taler om industrialisering af det træbaserede byggeri. Uanset om fokus er på at tilfredsstille brugernes behov eller på at optimere byggeprocessen fremhæves modul-tænkningen som afgørende for succes.

- Vi har behov for modularitet for at kunne imødekomme kundernes krav og for at forblive konkurrencedygtige, siger lektor Poul Kyvsgaard Hansen fra Aalborg Universitet. Han har igennem flere år har arbejdet både teoretisk og praktisk med modularisering - de sidste fire år blandt andet som konsulent hos LEGO.

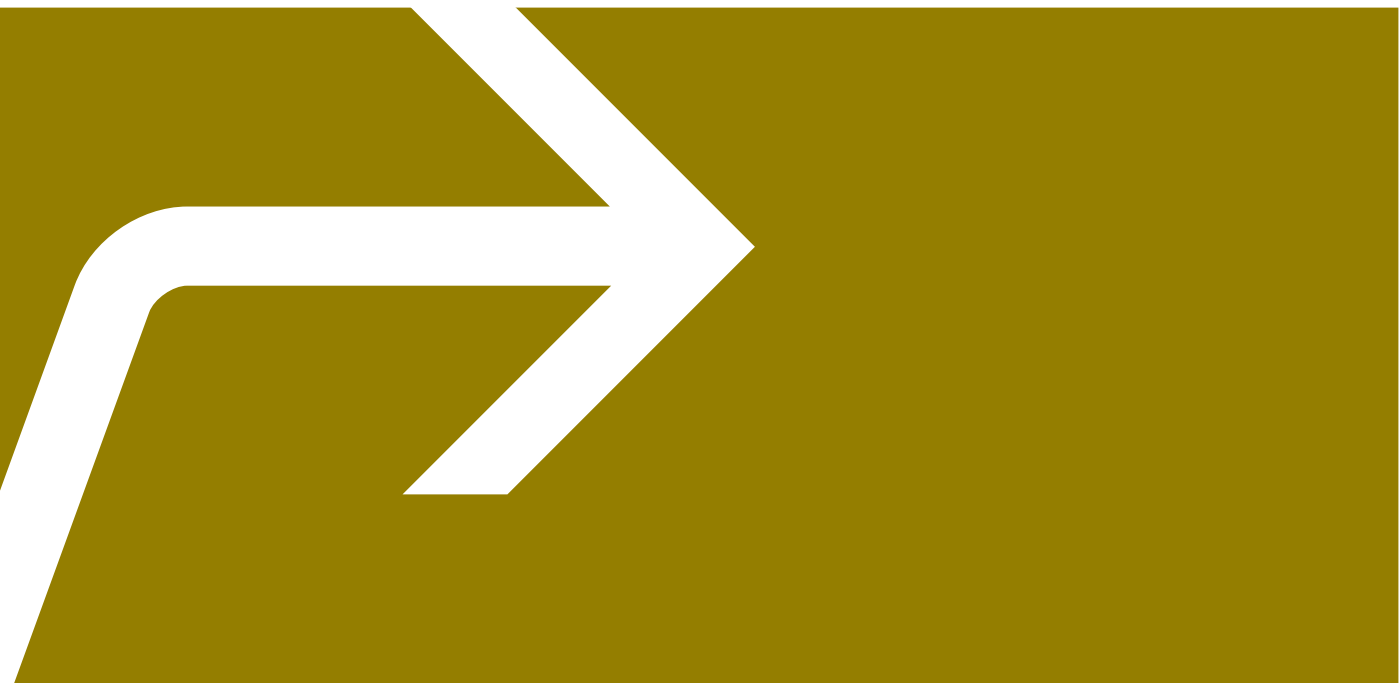
Han advarer samtidig mod at tro, at der findes én kort og slagen vej til at gøre sin produktion modulær. Det er en krævende proces, som man ikke kan få succes med at gøre halvhjertet, og hvor indsatserne samtidig er høje. For etablerer man en svag platform eller designer et dårligt modul skaber det problemer for alle ens produkter.

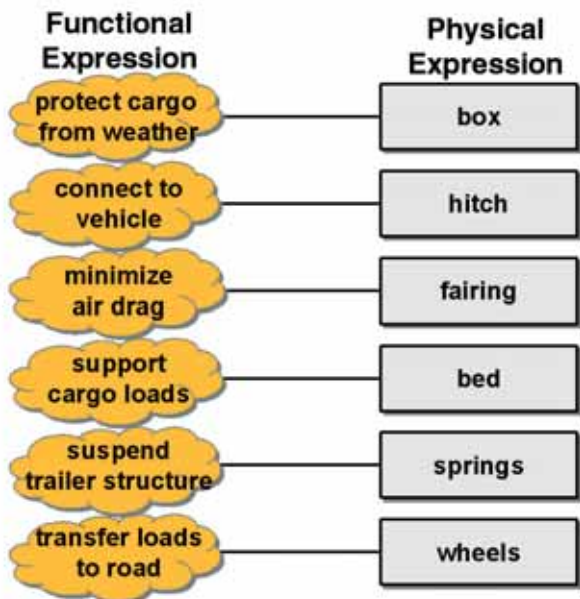
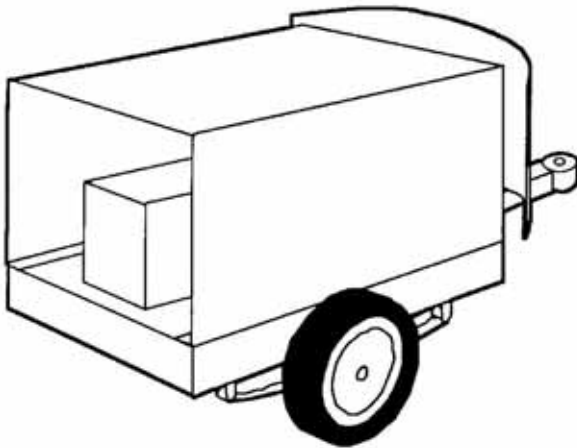
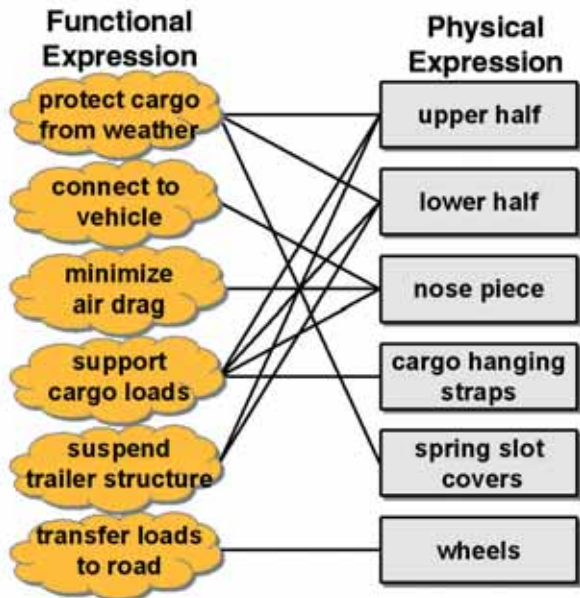
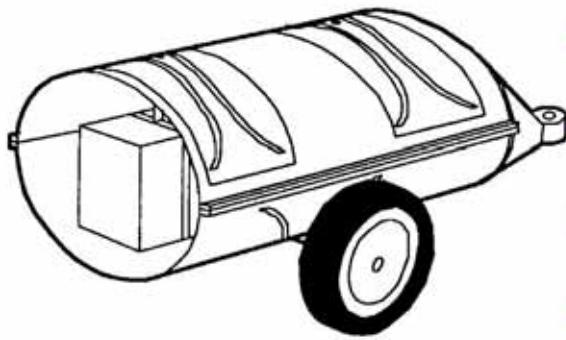
- Vi hører og ser ofte succeshistorierne om vellykket modularisering – selv om virksomhederne ofte holder den bagvedliggende opskrift for sig selv. Fiaskoerne derimod får vi meget sjældent besked om, siger Poul Kyvsgaard Hansen. Han har dog eksempler fra en række andre brancher, der understreger modulariseringsens potentialer.

Eksempelvis bygger pc-produktion i højeste grad på modulær tænkning. Det har blandt andet været muligt, fordi nogle af de største spillere som IBM og Intel tidligt etablerede åbne platforme og snitflader, som alle producenter kunne levere på. Det har udløst en voldsom dynamik, konkurrence og innovation i branchen.

- Byggebranchen mangler sådan en stor *driver*, der kan sætte normgivende standarder eller skabe platforme, som resten af branchen har en interesse i at følge. Der kan sagtens skabes vellykket modularisering lokalt, men hvis ikke en forsynings- eller værdikæde kan rykke samlet, får vi aldrig nogen virkelig innovation i branchen. Gode ideer realiseres nemlig ikke automatisk. Hvis ikke der er nogen ejere til en platform, bliver den helt sikkert ikke til noget i praksis, påpeger Poul Kyvsgaard Hansen.

- Herhjemme har vi en ærgrelig tendens til at se hinanden som konkurrenter i de forskellige delbrancher. Man skal ikke langt ud i verden for at opdage, hvor ekstremt lille et marked, Danmark udgør. Der burde være basis for et stærkere samarbejde, supplerer en af deltagerne.





I det integrerede produkt (øverst) er trailerens forskellige funktioner vævet grundigt ind i hinanden. De kan derfor ikke skiftes ud eller varieres, uden at det går ud over helheden. I det modulære produkt er alle elementers funktion isoleret, så fx boks eller frontplade kan tilpasses ny teknologi, varieres efter kundekrav mv. uden at påvirke resten af konstruktionen. Poul Kyvsgaard Hansen antydede, at det typisk stærkt integrerede boligbyggeri kunne hente megen inspiration i en mere modulær produktarkitektur.



Translucent træ er blot en af de spændende træteknologiske nyskabelser, som kan give nye muligheder i fremtidens byggeri. Ved at kombinere tyndt træfinér med glas, som det her ses med sten (th.), kan der skabes et komposit-materiale med en anderledes akustik, lysdiffusion og overflade end andre kendte byggematerialer, fortæller Anne-Mette Manelius. Også friktions svejsning af træ åbner nye perspektiver for mere "flydende" konstruktionstyper med eksponerede overflader, som ellers oftest udnyttes i byggeri i beton (tv.) Teknologien er dog endnu på et eksperimenterende stadium.

Giv kunderne de rette valg

Ifølge Kyvsgaard skyder nogle virksomheder langt over målet i deres modulære differentiering af produkterne. Kunderne får simpelthen for mange valgmuligheder – eller det bliver for dyrt og kompliceret at levere en så bred vifte af varianter.

Modularisering kræver med andre ord en god føling med markedet og en tæt kontakt til brugerne. Nøglen til succes er at fiksere de rette elementer i produktet og tilbyde variation og tilpasning på de parametre, der giver kunden mest værdi.

I workshoppen diskussioner anedes en principiel enighed om nogle af kriterierne for denne snitflade mellem det faste og det variable. Blandt andet, at man skal fastholde de professionelle ansvar for "den indre" logik og varians i systemer og platforme - de tekniske og ofte skjulte standarder og interfaces mv. – men derimod lade

brugeren vælge ud fra sine ønsker til funktionalitet, værdier, æstetik mv.

Flere argumenterede for ikke at drukne folk i valgmuligheder, de ikke har realistiske forudsætninger for at overskue. Folk skal vænne sig til at købe hus på samme måde som de køber bil, lød en af deltagernes vurderinger:

- Som bilkøber har man en overskuelig vifte af muligheder for ekstraudstyr, variation, tilpasning og finish. Men de virkeligt udviklede valg er truffet for én.

En række af fremtidens valgmuligheder fremgik også af forskningsassistent på CINARK Anne-Mette Manelius' præsentation af en række af branchens nye tendenser og materialeteknologiske innovationer. Blandt dem kompositmateriale af finér og glas samt friktions-svejsning af træ.

Deltagere i workshoppen

Søren Petersen, HP3
Jesper F. Carstens, HP3
Ib Valdemar Nielsen, CUBO
Thomas Ulderup, Markman
Gert Smed, Factotech
Grethe Linder Vinter, Kragelund Kommunikation
Per Kortegaard, Arkitektskolen Aarhus
Søren Wandahl, Aalborg Universitet
Rolf Kjær, Arkitema
Karsten Bro, Arkitema
David Gryth, Arkitema
Jesper Hoffmann, Skandibyg
Simon Brückner, Kuben
Martin Tholstrup, Attic
Klaus Ottesen, Attic

Anne-Mette Manelius,
Kunstakademiets Arkitektskole
Michael Andersen,
Kunstakademiets Arkitektskole
Peter Hesseldahl, Danfoss Universe
Tedd Benson, Bensonwood
Christine Benson, Bensonwood
Poul Kyvsgaard, Aalborg Universitet

Kjeld Schrøder, Byggeriets Innovation
Natalie Mossin, Byggeriets Innovation
Ola Jørgensen, Klartekst

Litteratur nævnt på workshoppen

Tedd Benson: Building the Timber Frame House. The Revival of a forgotten Craft (1980)

Tedd Benson: The Timber-Frame Home. Design. Construction. Finishing. (1997)

Tedd Benson: Timberframe. The Art and Craft of the Post-and-Beam Home. (2001)

Stewart Brand: How Buildings Learn (1994)

John Habraken: Supports: An Alternative to Mass Housing (1972)

John Habraken: The Structure of the Ordinary (1998)

Jørn Utzon: "Espansiva" i Arkitekten 1, 1970.

Espansiva. Et Jørn Utzon byggesystem (katalog)

Hjemmesider nævnt på workshoppen

Film om NCC Komplet
www.ncc.se – se under: Så arbetar vi : Industrielt byggande : NCC Komplet i korthet

Bensonwood
www.bensonwood.com

Timberframers Guild
www.tfguild.org

Center for Industriel Arkitektur, CINARK,
Kunstakademiets Arkitektskole
www.cinark.dk

Center for Industriel Produktion,
Aalborg Universitet
www.cip.auc.dk

Byggeriets Innovation
www.buildinglab.dk



Om Byggeriets Innovation

Byggeriets Innovation er et led i Fonden Realdanias strategi for fokusområdet "Byggeriets fremtid". Vi arbejder primært med projekter, der fokuserer på nyindustrialisering af byggeriet.

Byggeriets Innovation samarbejder med danske og udenlandske virksomheder, der ønsker at medvirke til en grundlæggende reorganisering af byggeriet.

Vi støtter især virksomheder i strategiske innovationskonsortier, der udvikler sammenhængende løsninger på tværs af eksisterende fag- og virksomhedsgrænser.

Vi assisterer primært konsortierne på de første etaper af ruten fra tidlig idé til kommerciel bæredygtighed.

BYGGERIETS / INNOVATION

BUILDING LAB DK