

HÖGTEKNOLOGI I BYGGINDUSTRIN. VAD SKER I ANDRA LÄNDER?

3B-programmets årskonferens
Oslo, 13 november 1986

Per Christiansson, Docent
Bärande konstruktioner, LTH
Lunds Universitet
Box 118, 221 00 Lund

Inledning

I artikeln belyses pågående och planerad forskning och utveckling inom de så kallade högteknologiområdena och hur dessa kan komma att samverka med motsvarande aktiviteter inom byggindustrin. Bland annat berörs den pågående utvecklingen av kunskapsbaserade system, hantering av grafiska data, robotisering samt sambandet mellan informationsteknologi och byggnadsutformning.

Byggprocessens särart

Byggprocessen omfattar planläggande verksamhet, byggnadsbeställande verksamhet, design/konstruktionsarbete, byggmaterialproduktion, produktion, reparation och förvaltning. För att åstadkomma en produkt är en mängd juridiskt skilda parter inblandade.

Byggprocessen skiljer sig i olika avseenden från andra processer som blivit och är föremål för datorisering. Produkterna är mera komplexa och flera företag och människor med många olika specialiteter är inblandade i verksamheten. Detta sammantaget innebär att det ofta är en långsam och arbetsam procedur att introducera datorresurser i byggprocessen. Emellertid är det nödvändigt att vi som är verksamma inom byggområdet aktivt deltar i den pågående förändringsprocess som inträdet i informationsåldern ger upphov till.

Från industri till informationssamhälle

Det är nu ett definitivt faktum att vi håller på att gå in i en ny tidsperiod, informationsåldern. Information kan hanteras i nästa generation datorsystem med en dramatiskt förbättrad tillgänglighet och möjlighet till nya former för representation.

Information, (kunskap), måste i högre grad än hitills betraktas som en resurs, som kan och bör göras tillgänglig då den behövs. Rätt information till rätt människa/datorsystem i rätt tid.

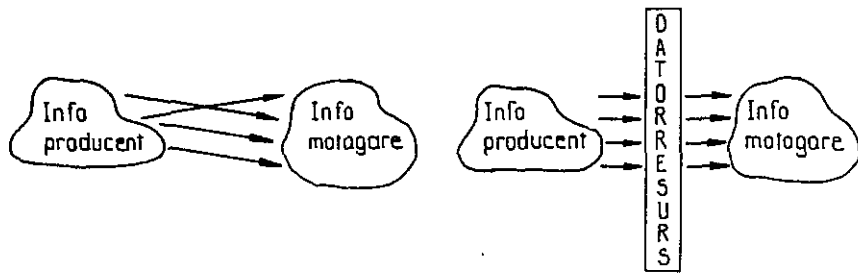


FIG 1 Information är en värdefull resurs, som kan göras omedelbart tillgänglig inom datorresurserna, från /2/.

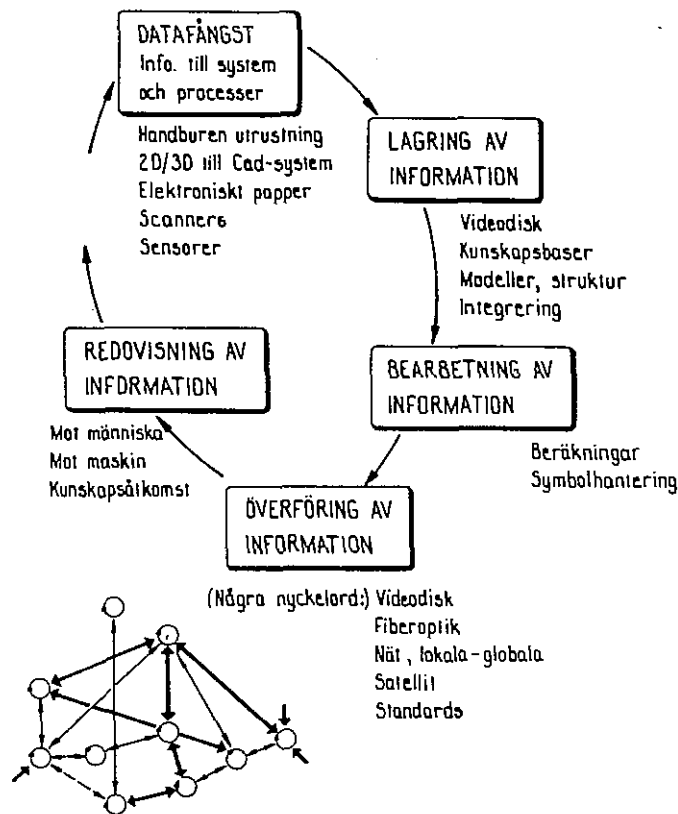


FIG 2 Informationsflödet kan betraktas som länkade processer på olika nivåer, från /10/.

Figur 3 visar schematiskt hur de nya datoriserade verktygen kommer att påverka alla skeden och aktiviteter i byggprocessen. Det är dock ej endast fråga om att förstärka eller understödja vissa mentala funktioner hos människor utan även att förse processer eller mekaniska muskler, i form av maskiner och robotar, med någon form av intelligens eller kunskap att fungera i olika situationer.

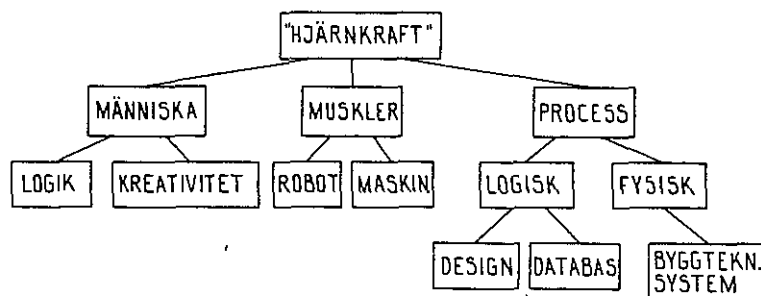


FIG 3 Förstärkning av mänskligt intellekt, muskler och processer, från /9/.

Utvecklingstakten

Orsakerna till att datorresurser i allt högre utsträckning kommer till användning är flera. De allt kompaktare elektroniska kretsarna banar väg för billiga och effektiva datorer, lagringsmedier och in- utenheter. Fönstret mot datorresurserna blir större genom bättre tillgänglighet i både tid och rum: många terminaler och persondatorer, lokala och globala nät, avancerade in- och utenheter (ritningsscanners, laserskrivare, färgskärmar, stora och snart platta skärmar med inmatningsmöjligheter, handburna terminaler/datorer, videodisc för lagring av bilder och film, bildtolkare, etc.).

Vi befinner oss för närvarande enligt mitt förmenande på en plåtå i utvecklingen av datorresurser då vi anstränger oss att anpassa existerande datorresurser efter våra behov och omvänt. Emellertid kommer kraven på oss användare att dramatiskt öka om några år då vi i än högre grad än nu måste ha en väl strukturerad bild av den verklighet vi arbetar i (byggbranschen).

Datorsystem med parallella processorer och mjukvara sprungen ur forskningen inom området artificiell intelligens kommer att bli betydligt lättare att fylla (även under användning) med önskad kunskap än vad fallet är idag. Se exempelvis /6/ och /12/.

Intelligenta datorsystem

Datorsystemen kommer framöver att kunna göras mera intelligenta, Datorsyskommer framöver att kunna göras mera intelligenta, innebärande exempelvis att de

- kan utformas för att bete sig på ett mera mänskligt sätt
- understödjer resonemang under problemlösning
- kan förstå naturligt språk
- kan ges förmåga till inlärning
- är mera flexibla, kan hoppa mellan olika problemområden
- etc.

Forskning inom området artificiell intelligens, AI, har pågått under flera årtionden med blandat resultat vad

beträffar våra möjligheter att skapa datorsystem som i högre grad än tidigare efterliknar mänskligt beteende. Debatten har varit intensiv i forskningskretsar och har nu förts ut från de "initierades" skara. Ett spektrum av åsikter finns om faror och möjligheter med den nya tekniken (i Japan benämnd 5:e generationens datorsystem, i USA symboliska superdatorer). Generellt kan sägas att förväntningarna om erhållande av snabba resultat ofta är alltför högt ställda.

Ett resultat av forskningen inom AI-området är de så kallade expertsystemen vilka utgör de första praktiskt användbara resultaten av forskningsinsatserna.

AI-baserade datorsystem utgör nästa steg på skalan i utvecklingen av 'datorspråk' och datorsystem och kommer att utgöra basen för en mängd applikationer som involverar datorresurser.

Högteknologiprojekt

Högteknologiprojekt har startats upp i Europa (Alvey, Esprit, Eureka etc.) och i USA efter det att startskottet gick i Japan 1982.

Områden inom högteknologiprojekten (med byggprocessrelevans):

- Naturligt språk, gränssnitt mot databaser
- Människa-maskin gränssnitt
- Expertsystem, kunskapsbaserade system
- Systemuppbyggnadshjälpmedel
- Intelligenta robotar
- Datorstöd integrering av tillverkningsprocesser
- Bildbehandling, mönsterigenkänning
- Parallell datorarkitektur.

Expertsystemen utgör de första praktiskt fungerande datorsystemen inom en grupp av system som ofta benämnes kunskapsbaserade system, KBS. Marknaden för expertsystem förväntas öka dramatiskt under kommande år.

Kunskapsförmedling

Förväntningarna är stora och det är lätt att vi ej ser eller kan formulera målen för en utveckling som börjat gallopera nu, och som kommer att bli allt snabbare och svår-
bemästrad p.g.a. ny typ av mjukvara och hårdvara (kunskapsbaserade system, parallella datorer, förbättrad I/O och tillgänglighet). Krav ställs på oss användare att formulera målen (vilka system vi vill ha och vilka egenskaper de skall ges). Vi har uppenbara svårigheter med detta eftersom vi ej lätt kan genomskåda möjligheterna. Stora krav ställs på skolor, forskare, utvecklare och inte minst samordnande och initierande institutioner och myndigheter.

Pilotstudier och explorativ utvecklings/forskningsverksamhet måste bedrivas i nära kontakt med grundläggande forskning under ständiga utvärderingar och reviderade mål (som ej är slutgiltiga).

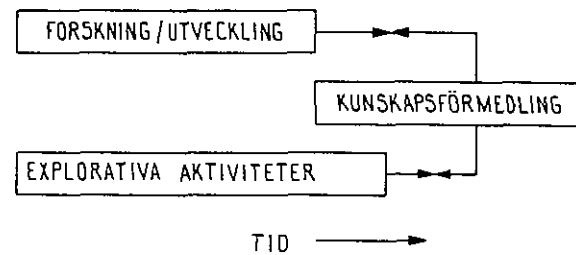


FIG 4 Kontinuerlig kunskapsöverföring mellan pågående aktiviteter.

Behovet av kunskapsförmedling är som ovan påpekats starkt. Särskilda kommittéer har även inrättats för att underlätta samordning, initiering och uppföljning av forsknings- och utvecklings-aktiviteter. Inom Cad-området finns i Sverige BFR/BST-Cad grupp, klassificeringsfrågor hanteras av Systemkommittén etc. Se även /11/.

Viktigt internationellt arbete inom området utföres inom exempelvis CIB, International Council for Building Research Studies and Documentation, och det internationella standardiseringsorganet ISO, se även /3/, /4/ och /6/.

Nordiskt samarbete

För att initiera och följa upp samnordiska forskningsinsatser inom informationsteknologiområdet existerar sedan 1983 NBS-DATA, Nordiska Bygghforskningsorganens Samarbetsgrupp, arbetsgruppen för Datateknik i Byggsektorn. Se även /8/.

NBS-DATA anordnar även seminarier där personer involverade i beslätade nordiska forskning- utvecklingsprojekt träffas och utbyter erfarenheter. Gruppen publicerade i februari 1986 två rapporter. I /1/, som är en state-of-the-art rapport, ges en kort översikt över den nuvarande (hösten 1985) användningen av datateknik i de nordiska ländernas byggbranscher. I rapporten finns även en katalog över pågående och nyligen avslutade projekt. I /19/ redogöres för ett nordiskt handlingsprogram förfrämjande av gemensamma nordiska projekt inom byggsektorn med datoranknytning. Programmet är utarbetat på uppdrag av Nordiska Ministerrådet, för att erbjuda bättre underlag för värdering av projektansökningar. I rapporten skisseras problemställningar, målsättning, strategier för genomförande, värderingskriterier och temaområden samt ges exempel på aktuella projekt inom handlingsprogrammets ram. Bland annat behand-

las projektförslag inom bland annat följande temaområden:

Högteknologiprojekt

("intelligenta" byggnader, avancerad visualiserings- och modelleringsteknik, robotisering, kunskapsbaserade system, uppbyggnad och hantering av stora databaser för bygginformation, datakommunikation)

Kunskapsförmedlingsprojekt

Social påverkan

Kvalitet på existerande byggnadsverk

Kunskap om byggprocessen

Informationshantering och metodfrågor i byggprocessen

System- och utrustning

Datorisering av byggprocessen

Då vi datoriserar olika delar av byggprocessen ställs ökade krav på oss som modellbyggare jämfört med när vi arbetar med de mera förlåtande (flexibla) "manuella" modellerna. Vi måste bygga upp en väl strukturerad bild av den del av verkligheten vi arbetar i. I figur 5 antyds schematiskt byggprocessen med dess olika huvudelement. Det kan vara lämpligt att särskilja den mera processrelaterade informationen från information som beskriver det projekt vi arbetar med (byggnad etc. från ideskiss till färdig produkt med tillhörande dokumentation). Förutom process- och projektinformation måste information om de datoriserade verktyg vi har tillgång beaktas.

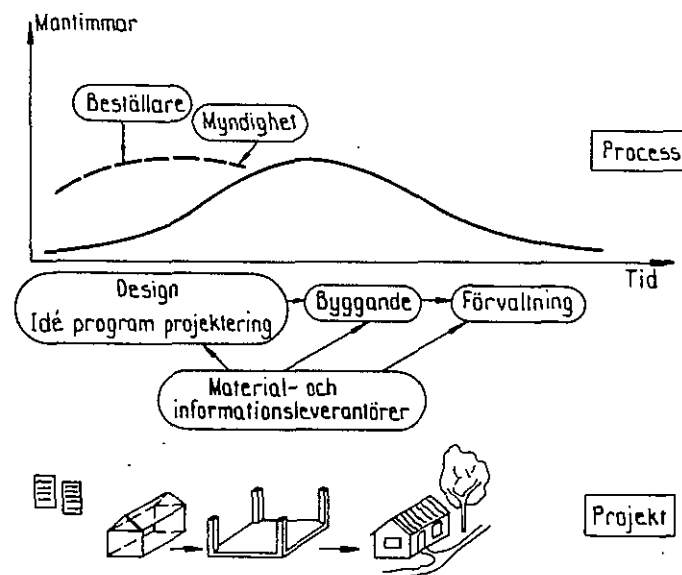


FIG 5 Byggprocessen och byggprojektet, från /3/.

I figur 6 antyds hur den verklighet vi arbetar i kan överföras till en modell som helt eller delvis kan lagras i datoriserade system. Med tiden kommer nya modeller att byggas upp. Tidsperspektivet är i vissa avseende mycket viktigt att beakta exempelvis då det gäller att komma åt lagrad projektinformation vid ombyggnad, erfarenhetsdata vid nyproduktion eller att effektivt kunna använda datoriserade

produktkataloger etc. Både modellernas struktur och dess gränssnitt mot omvärlden kommer att bli utsatta för tidspåverkan.

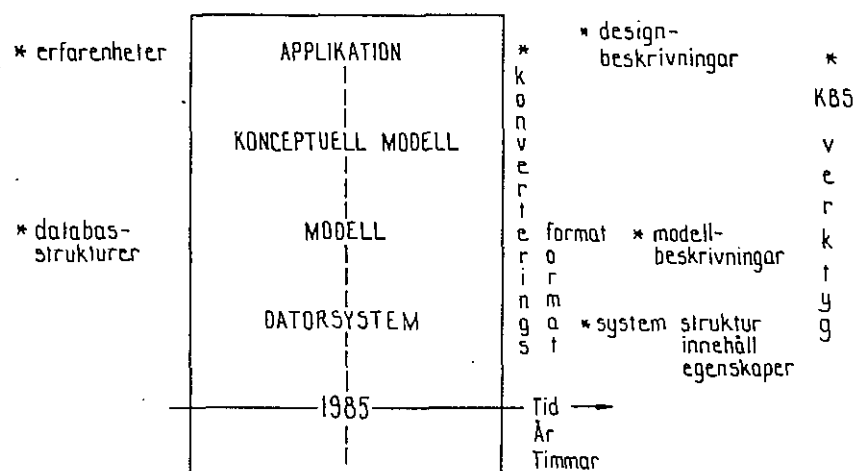


FIG 6 Från applikation till implementering i olika tidsdomäner, från /4/

De logiska modellerna av våra applikationer och de fysiska datorbaserade modellerna skall helst överensstämma då vi inför datorresurser. Vilka delar av byggprocessen skall vi prioritera vid införande av datorresurser? Frågan besvaras ur krav på lagring, kommunikation med andra system, fysisk och tidsmässig närhet till användare, hög beräkningskapacitet för exempelvis simuleringar etc.

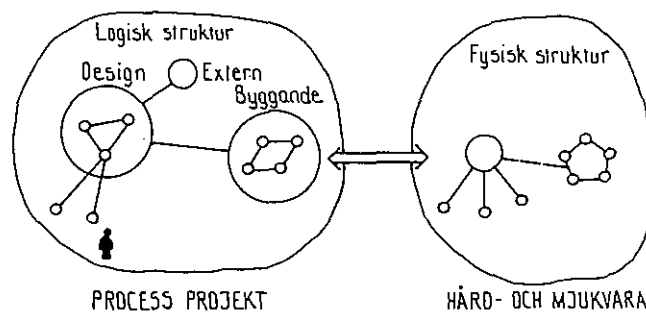


FIG 7 De logiska och fysiska strukturerna överensstämmer ej alltid, från /3/.

Varför datoriserar vi? Vi önskar uppnå bättre produkter, effektivare processer och 'bättre' arbetsmiljöer och arbetsorganisation, vi vill minska antalet fel med påföljande kvalitetsökningar, uppnå bättre kontroll över processer och det vi producerar etc. Vid ökad datorisering finns uppenbara risker att vi bygger in värderingar i systemen som vi egentligen ej önskar göra med påföljd att vår

'rörelsefrihet' begränsas. Risken ökar även för att vi skall erhålla mera sårbara system.

Jag kommer nedan att översiktligt belysa en förväntad eller påbörjad utveckling inom några områden som vi kan hänföra till byggprocessen samt utveckling inom några "högteknologi"områden med relevans för byggprocessen.

Kunskapsbaserade system, expertsystem

Ovan har antytts att så kallade kunskapsbaserade system i allt större omfattning kommer att användas då vi framöver datoriserar byggprocessen.

Vad skiljer ett kunskapsbaserat system från ett konventionellt datorprogram? Man brukar säga att dessa system är mera beskrivande än de är föreskrivande. Begreppet kunskapsbaserade system står för en rad olika representationer av "kunskap". Exempelvis talar man om objektorienterade system vilka är speciellt lämpliga för hantering av objekt och relationer mellan dessa. Objektorienterade system kan innehålla delmodeller (av byggprocess och byggobjekt), vilka kan representeras grafiskt på en bildskärm i form av till objekten knutna symboler. AI-baserad teknik kommer att få stor spridning i de flesta applikationer som involverar datorresurser (vid modellbygge, vid gränssnittshantering människa-människa, människa-system och system-system). Det kan vara lämpligt att belysa begreppsapparaten med utgångspunkt från expertsystemen.

Då vi resonerar med ett expertsystem låter vi lagrad generell kunskap om ett problemråde verka på data om den aktuella situationen. Vi är mindre kontrollerade i interaktionen med systemet än vid användning av ett konventionellt program. Kunskapsbanken, exempelvis i form av en regelsamling (logiska utsagor av typ, om <villkor> så <åtgärd>) samverkar med aktuella situationsdata genom en så kallad inferensmaskin, (kunskapshanterare). Vi kan exempelvis få svar på hur vissa slutsatser har dragits genom att fråga, hur? eller fråga varför? en slutsats dragits. Våra möjligheter att lägga in ny kunskap i systemen kommer även att öka. Möjligheter till osäkerhetshantering ges.

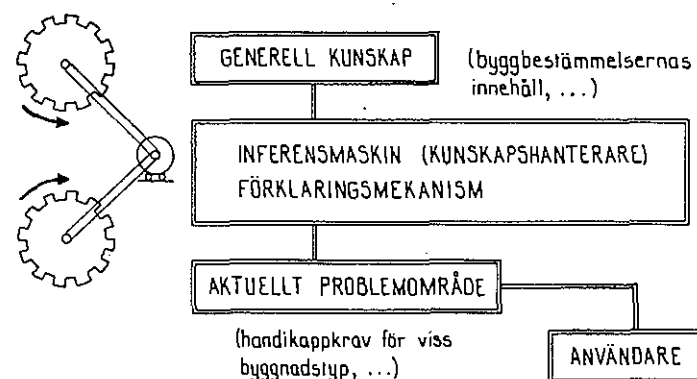


FIG 8 Schematisk bild av expertsystem, från /9/.

En mycket väsentlig del av arbetet med att bygga upp kunskapsbaser utgör kunskapsinsamlingen och definitionen av lämpliga kunskapsrepresentationer. Så kallade kunskapsingenjörer, vilka det ännu finns ett fåtal av, har kompetens att bistå användaren i detta arbete (den konceptuella modelleringen av aktuell applikation). Se även /6/ där ett redskap för kunskapsstrukturering kort beskrivs - generering av beslutsträd med hjälp av regelinduktion.

Ett flertal expertsystemskal (utan inlagd kunskap) finns nu tillgängliga för persondatorer och större datorer. Det är nu möjligt för oss användare att själv fylla dessa system med kunskap från något begränsat problemområde. System kan tas fram företrädesvis för problem där experterna/användarna är överens och/eller där svårgenomskådbara samband föreligger. Systemen bör förväntas användas flitigt eftersom ofta stora arbetsinsatser krävs för dess framtagning.

Nedan ges några exempel på situationer då expertsystem kan komma till användning: diagnos, övervakning, tolkning, klassificering, rådgivning, styrning, planering, design och konfigurering. Expertsystemen kan kommunicera med människor eller direkt med andra datorsystem (processer).

De bärbara persondatorerna öppnar intressanta perspektiv liksom möjligheterna att koppla till optiska skivminnen, på vilka text, bilder och "filmsekvenser" kan lagras.

Inom byggbranschen finns sedan något år tillbaka exempelvis diagnostiska och rådgivande system tillgängliga via telefon, vid Stone & Webster Engineering Cooperation i Boston USA. Bland annat har man expertsystem för val av svetsprocedur på arbetsplats samt diagnos av felande centrifugalpump (användes även i utbildningsträningssammanhang - en mycket viktig användning av expertsystem framöver), se /13/. För ytterligare referenser se /7/ där även ett system med en del av de svenska betongbestämmelserna inlagd finns beskrivet.

Avslutningsvis skall sägas att det är en tidsödande process att bygga upp stora expertsystem (hundratals regler). Begränsade problemområden bör till en början prioriteras. Expertisnivån skall anpassas till avsedda användareochman bör ej glömma att expertsystem intenödvändigtvis måste kommunicera med människor.

Modeller, gränssnitt och integrering

Det tog ca 15 år från det att forskning inom Cad-området, Computer Aided Design, startade till dess att vi hade system som var praktiskt användbara. Idag har vi stora problem med att integrera existerande system för CAD, databashantering och beräkningar/analys beroende på otillräckliga definitioner på olika nivåer (klassificering, design-"språk", modelldefinitioner etc.).

Kommer KBS att underlätta integrering av byggprocessens aktörer och datoriserade system? Ja utan tvekan men ej utan att vi besitter god kännedom om verktygens möjligheter och

begränsningar liksom den verklighet vi arbetar i. Det gäller fortfarande, och nu i än högre grad, att goda lösningar blir bättre och dåliga sämre när vi inför datorhjälpmedel.

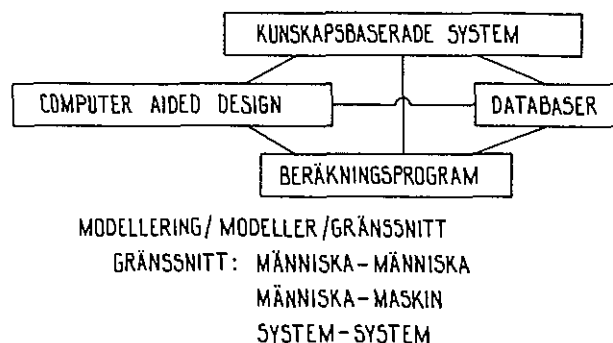


FIG 9 Integrering av Cad-system, databaser, beräkningsprogram och kunskapsbaserade system, från /9/

Nya typer av system börjar att byggas, så kallade objektorienterade system, se /16/, där en modell av exempelvis en byggnadsstruktur eller byggaktiviteter bygges upp och manipuleras på ett intelligentare sätt än vad som hittills varit möjligt med konventionella Cad-system. Objekten kan exempelvis innehålla kunskap om hur detaljerat de skall representeras på en bildskärm (vid olika skalor), hur de är kopplade till andra objekt samt vilka egenskaper ett nybildat objekt skall ärva från andra objekt.

Vid Högskolan i Lund, avdelningen för Bärande konstruktioner tittar, vi på liknande system bland annat på KEE-systemet från Intellicorp/Texas/Sperry.

Här skall inte närmare beröras det pågående standardiseringsarbetet rörande gränssnitt mellan byggprocessmodeller och datorsystem som pågår både internationellt och nationellt (IGES, GKS, MAP, OSI etc.). Emellertid kan det vara intressant att nämna att det sedan 1983 varje år anordnats en workshop i USA om användning av avancerad teknologi i samband med byggprojektering, se /22/. Arbetet har efterhand fokuserats mot utveckling av integrerade databaser för att i första hand täcka de offentliga beställarnas krav i samband med förvaltning av sina byggnader. Denna utveckling har kanske hittills i allt för hög grad dominerats av krav från projekteringsleden.

Nya verktyg för fångst, lagring och presentation av grafiska data

Intelligenta databaser innehållande bilder och text kommer att bli tillgängliga fristående eller integrerat i de datoriserade byggsystemen. Detta möjliggöres genom användning av optiska lagringsmedier (videodisc) i förening med expertsystemteknik och kommer sannolikt att få mycket stor påverkan på användning av datoriserade verktyg i byggprocessen

framöver (bygginformationsdatabaser, visualeringshjälpmedel, etc.)

Möjligheter att läsa av existerande ritningar och exempelvis göra inmätningar på befintliga byggnader via videofilmer eller annat bildmaterial kommer i hög grad att motivera oss att dra fördel av effektiv informationshantering i datorsystem. Som exempel kan nämnas att General Electric i USA 1985 höll på att lägga in ca 1.5 miljoner ritningar på videodiscfrån micro-fiche (turbiner) vilka skall kunna nås inom 30 sekunder.

Grafiska kunskapsbaser kommer att utgöra och utgör redan viktiga instrument för att träna upp arbetskraft och kommer framöver att ge förstärkning även i andra undervisnings-situationer (självinstruerande system, pedagogiska lärarhjälpmedel etc.).

Visualiseringstekniken kommer att även att förbättras genom tillgången till allt kraftfullare datorer samt användande av holografisk teknik. Vid MIT i Boston har så kallade holografiska stereogram framställts i en tidsödande process. 1000-tals vyer av 3D-modeller har genererats av Cad-system, vyer som sedan överförts till holografisk film. Tekniken kommer att bli allmänt tillgänglig om 5-10 år hävdar man, se även /15/.

Slutligen skall omnämnas att vi kan vänta oss att allt fler avancerade bildbehandlingsdatorer kommer att bli tillgängliga vilka erbjuder oss att göra tolkningar och behandling av bilder i byggsammanhang (analys bebyggelsestrukturer i flygbilder, sensorer-ögon i robotarmar, etc.). Ett exempel på en redan kommersiellt tillgänglig avancerad bildbehandlingsdator är den i Linköping i Sverige utvecklade GOP-datorn.

Verktyg för byggarbetsplatsen. Robotisering

I figur 3 antydde hur datorresurser kommer att ge förstärkning åt både processer och "muskler". I det första fallet kan det innebära att närmre kopplingar kan etableras mellan projekterings- och byggsleden (mängdunderlag för kostnads-kalkyler, samband beräkningsingenjörer-byggnadsarbetare, etc.), att förbättrad tillgång till planeringsinstrument för resursallokering och olika bestämmelser ges samt att dokumentation av den slutliga byggnadsutformningen kan göras. Denna senare dokumentation är ej oväsentlig då det gäller att förse de muskelförstärkande hjälpmedlen (robotar) med dataunderlag, (as built data).

Det kan synas något oklart var gränsen mellan maskin och robot går. Vid Robotics Institute of America definieras en robot som "a reprogrammable, multifunction manipulator designed to move materials, parts, tools, or specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks", se även /20/.

Forskning pågår för att göra robotarna intelligenta (utgående från erfarenheter från AI-forskningen) så att de via sensorer kan positionera sig men även anpassa sina rörelser och handlingar efter internt i roboten i datorprogram lagrad kunskap.

Robotar för byggindustrin har utvecklats framförallt i Japan och USA. Robotar kan med fördel komma till användning exempelvis i för människan farliga, giftiga och svårtillgängliga miljöer och där repetitiva arbetsmoment ofta förekommer. Se även /17/ och /21/.

Robotar kan vara stationära eller flyttbara. De stationära robotarna kan komma till användning vid tillverkande industrier men även på byggarbetsplatser för exempelvis kapning och bockning av armering eller som muskelförstärkare vid tunga lyft.

Det är synnerligen viktigt och kan synas självklart att utvecklingen av robothjälpmedel sker i nära samband med de yrkeskategorier som skall använda dessa hjälpmedel inte minst för att klarlägga de förändringar av arbetsinnehåll detta kan medföra. Vi kan förmodligen räkna med att utvecklingen av robotar för byggindustrin (frånsett för användning i tillverkande industrier) kommer att gå tämligen långsamt.

Informationsteknologi och byggnadsutformning

I USA har myntats ett begrepp för byggnader med avancerade elektroniska system för informationshantering och reglering av olika system för bland annat energiförsörjning, handikapphjälpmedel, larm etc. Dessa byggnader benämnes ofta smart houses eller intelligent buildings. Mindre pretentiöst kan dessa byggnader även benämnas elektroniska hus.

Konceptet är intressant eftersom det ger möjlighet att erbjuda brukare och förvaltare av fastigheter nya tjänster. Möjlighet finns att tillfredsställa nya krav från användare både vad beträffar arbets- och boendemiljöer och arbetsorganisation. De olika parterna i byggprocessen påverkas i hög grad av att byggnader förses med avancerad informationsteknologi alltifrån planering av ny- och ombyggnader, projektering, byggnation samt drift av installerade system. Icke oväsentligt är de möjligheter till förbättrade förvaltningsrutiner som kommer att ges. Se exempelvis /14/, /17/ och /18/.

Konklusioner

De nya datoriserade verktygen tvingar oss att förstå vår "verklighet" bättre och bädda för "goda" förändringar av arbets/boendemiljöer och organisation av byggprocessen. Införande av datorresurser kan innebära att vi uppnår förbättrad kvalitet på bl.a. arbete, organisation och det vi

producerar. Vi måste emellertid ständigt sträva efter att skapa tillräckligt flexibla ej sårbara system, vilka bibehåller och ökar antalet "frihetsgrader".

Utvecklingen av datorresurserna har nu nått så långt att byggprocessens aktörer aktivt måste delta i och driva på utvecklingen och ej helt överlåta denna på teknikutvecklarna.

Det är av stor vikt att både skolor och företag ges stöd till grundläggande forskning om och explorativ utveckling av nya datorverktyg. Nationella och internationella erfarenheter och resultat måste tillvaratas. Utbildning på både företag och skolor om de nya datorverktygen måste framöver intensifieras.

(Delar av artikeln tidigare publicerad i /9/ och /10/).

Referenser

/1/ Björck B-C, 1986, "Computers in Construction. Research, development and standardization work in the Nordic Countries". NBS-Data, Nordiska Byggforskningsorganens samarbetsgrupp, Arbetsgruppen för datateknik.

/2/ Christiansson P, Östlund L, 1983, "Synpunkter på beräkningsredovisning." Bärande konstruktioner, Tekniska högskolan i Lund, Rapport TVBK-3017. (Även i Nordisk Betong, april 1983).

/3/ Christiansson P, 1984, "Integrated Computer Aided Design. Present and Future Data Structures". CIB Proceedings Publication 78, Rotterdam. (CIB W78 London June 1984).

/4/ Christiansson P, 1985, "Integrated Systems. Results of the W78 Survey". CIB, W78, Integrated CAD Symposium. Rotterdam September 1985.

/5/ Christiansson P, 1984, "Utvecklingstendenser för användande av datateknik i byggandet". Nordiskt byggforskningsmöte 12-14 september, Lejonadal.

/6/ Christiansson P, 1986, "Structuring a Learning Building Design System." 10th CIB Congress. International Council for Building Research, Studies and Documentation. Washington September 1986.

/7/ Christiansson P, 1986, "Properties of Future Knowledge Based Systems. The Interactive Consultation System Example." Conference on Computer Aided Architectural Design. Singapore May 1986.

/8/ Christiansson P, 1986, "Swedish and Nordic Activities within CAAD." Conference on Computer Aided Architectural Design. Singapore May 1986.

/9/ Christiansson P, 1986, "Nyaste nytt i byggbranschens

datateknologi - kunskapsbaserade system." Nordisk Byggdag 16, Helsingfors augusti 1986.

/10/ Christiansson P, 1986, "Var är vi? Vart går vi? Perspektiv på datorstöd i byggandet". Tidningen Byggindustrin, Byggspecial. Sept. 1986.

/11/ "Datormognad inom byggbranschen. Uppsatser om datoranvändning inom byggindustrin". Byggforskningsrådet. G23:1984.

/12/ Dooley Bill, "Start-up Firm Installs 1st 'Thinking Machines'". MIS Week (Management Information Systems Week. A Fairchild Business Newspaper). May 5 1986.

/13/ Finn G, Reinschmidt K, 1985, "Applications of Expert Systems in an Engineering-Construction Firm". Stone & Webster Engineering Cooperation.

/14/ Geremia K, 1986, "Smart House". Smart House Development Venture Inc. NAHB Research Foundation Inc. (National Association of Homebuilders of the United States).

/15/ "Holography Advance Shown". The MIT Report, September 1986.

/16/ Rosenfeld L W, Belzer A P, 1986, "Breaking through the Complexity Barrier...a new style of Parametric Design". ICAD, Boston

/17/ Koskela L, 1985, "Construction Industry towards the Information Society. The Japanese Example." Technical Research Center of Finland.

/18/ Masuda Y, 1980, "Informationssamhället". Liber 1984.

/19/ "Nordiskt handlingsprogram för datateknik i byggeindustrin" (editor H P Sundh), NBS-Data, Nordiska Byggforskningsorganens samarbetsgrupp, Arbetsgruppen för datateknik. 1986.

/20/ Reinschmidt K, 1985, "Automation in the Construction Industry". Stone & Webster Engineering Cooperation.

/21/ Sundh, H-P, 1986, "Nyaste nytt i byggbranschens datateknologi - robotisering". Nordisk Byggdag 16, Helsingfors augusti 1986.

/22/ A report from "The Workshop on Advanced Technology for Building Design and Engineering". 1983,1984,1985, (1986). Building Research Board, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council, National Academy of Sciences. USA.