



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R57:1989**

**Metoder för klassifikation av  
bygg- eller mätdelar för CAD-  
system**

**Kjell Lundberg  
Jerker Lundequist  
Mats Lotz-Mattson**

**Byggforskningsrådet**

R57:1989

## METODER FÖR KLASSIFIKATION AV BYGG- ELLER MÄTDELAR FÖR CAD-SYSTEM

Kjell Lundberg Jerker Lundequist Mats Lotz-Mattson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 840806-0 från Statens råd för byggnadsforskning till Avdelningen för projekteringsmetodik, Arkitektur, Kgl Tekniska högskolan i Stockholm, samt till FFNS Gruppen AB.

## REFERAT

Rapporten beskriver och analyserar metoder och system för klassifikation, sortering och sökning av de data som tas fram vid byggprojektering. Särskilt tyngd har lagts på fyra grundläggande aktiviteter: ritande, mängdning, beskrivning och kalkyl.

En CAD-modell har upprättats som en representation av framtagna data om byggprojektet. Ur denna CAD-modell genereras ritningar, mängdlistor, kalkylunderlag m.m. Detta förutsätter en strukturerad indelning av de data som tillsammans utgör CAD-modellen. Data har därför klassificerats i enlighet med BSAB's P2-tabell.

## NYCKELORD

Byggdelsbeskrivning, BSAB, CAD-modell, designteori, klassifikation, kontinuerlig kostnadskalkylering, mängdning, objektorienterad CAD, projektering.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R57:1989

ISBN 91-540-5021-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1989

INNEHÅLLSFÖRTECKNINGsid

	<u>Förord</u>	7
1.	<u>Inledning</u>	9
2.	<u>Forskningsprojektets uppbyggnad och genomförande</u>	15
2.1	Bakgrund	15
2.2	Genomförandet	16
2.3	Problemområdet	17
3.	<u>Designteoretiska utgångspunkter</u>	19
3.1	Designteorins framväxt	22
3.2	Om designteorin idag	24
3.3	Utformningsproblem	25
3.4	Återkopplingens betydelse	27
3.5	Tre typiska problemlösningssprocesser	28
3.6	Bärande idéer och modifierande faktorer	29
3.7	CAD-teknikens inverkan	30
3.8	Modell, byggande och projektering	30
3.9	Kriterier på en projektörsanpassad arbetsmetod	31
4.	<u>Att klassificera</u>	33
4.1	Begreppet klassifikation	33
4.2	En systemsyn på byggande och projektering	36
4.3	Några kognitionspsykologiska utgångspunkter	38
4.4	BSAB-systemet	40
5.	<u>Att rita</u>	43
5.1	Datorn som ritverktyg	44
5.2	Rationell ritningshantering	46
5.3	Teknisk samordning	51
6.	<u>Att beskriva</u>	55
6.1	Bakgrund	55
6.2	Olika typer av beskrivningar med en CAD-modell som underlag	57
6.3	Fallstudie	59
6.4	Kommentarer	61

7.	<u>Att mängda</u>	67
7.1	Arkitektens perspektiv på mängdning	67
7.2	Fallstudien: Kopplingen CAD-modell - mängdning	68
7.2.1	Fallstudien: Val av arbetsmetod	68
7.2.2	Fallstudien: Val av testprojekt	70
7.2.3	Fallstudien: Behov av kompletterande programvara	72
7.2.4	Fallstudien: Presentationsform	74
7.2.5	Fallstudien: Genomförande av test	76
7.3	Slutsatser	78
8.	<u>Att kalkylera</u>	89
8.1	Kopplingen CAD-modell - kalkyl	91
8.2	Fallstudie	91
8.2.1	Fallstudie: Val av kalkylsystem	91
8.2.2	Fallstudie: Underlag för kalkyl	92
8.2.3	Fallstudie: Genomförande av kalkyl	94
8.3	Slutsatser	94
9.	<u>Sammanfattning och slutsatser</u>	105
9.1	Designteoretiska utgångspunkter	106
9.2	Forskningsprojektets problematik	108
9.3	Att rita	112
9.4	Att beskriva	114
9.5	Att mängda	116
9.6	Att kalkylera	119
Bil. 1	<u>GDS inom FFNS</u>	121
Bil. 2	<u>Ordlista</u>	123
Bil. 3	<u>Litteratur</u>	137

	<u>sid</u>
<u>FIGURFÖRTECKNING</u>	
3.1	Entreprenörs- resp. projektörsperspektiv 32
4.1	P2-tabellen huvudgrupp 3 (hus) 42
5.1	Objektdöpning BSAB-P2 klassifikationstermer 53
6.1	Exempel på beskrivningsunderlag 63
6.2	Exempel på beskrivningsunderlag 64
6.3	Exempel på beskrivningsunderlag 65
7.1	Plan, kontorshus i Mörby Centrum, Östra klingsta 71
7.2.a	Skikt av CAD-ritning 80
7.2.b	Skikt av CAD-ritning 81
7.2.c	Skikt av CAD-ritning 82
7.2.d	Skikt av CAD-ritning 83
7.2.e	Skikt av CAD-ritning 84
7.3	Längdmängdning, exempel 85
7.4	Ytmängdning, exempel 86
7.5	Areamängdning, exempel 87
7.6	Antalsmängdning, exempel 88
8.1	Plan ur kalkylunderlaget, Jarlaberg, Nacka 96
8.2	Plan ur kalkylunderlaget, Jarlaberg, Nacka 97
8.3	Plan ur kalkylunderlaget, Jarlaberg, Nacka 98
8.4	Plan ur kalkylunderlaget, Jarlaberg, Nacka 99
8.5	Plan ur kalkylunderlaget, Jarlaberg, Nacka 100
8.6	Plan ur kalkylunderlaget, Jarlaberg, Nacka 101
8.7	Mängder från CAD-fil. Kostnadsbedömning 102





## FÖRORD

En utgångspunkt för detta forskningsprojekt har varit att betona utformningsfrågornas betydelse och hur dessa påverkas av CAD-teknikens utveckling inom byggsektorn. Vi vänder oss mot en syn på CAD som någonting arkitekter och andra byggprojektörer bör anpassa sig till. Istället bör CAD-tekniken anpassas till utformningsarbetets villkor.

Forskningsprojektet har genomförts som ett samarbete mellan FFNS och avd. för Projekteringsmetodik vid Arkitektursektionen på Kgl Tekniska Högskolan. Det har samfinansierats av BFR, Statens Råd för Byggnadsforskning (till ca 2/3) och FFNS' Stiftelse för forskning, utveckling och utbildning (till ca 1/3). Handläggare inom BFR har varit Britt Olofsdotter.

Följande personer har medverkat kontinuerligt i projektet: Kjell Lundberg och Mats Lotz-Mattsson, FFNS, samt Jerker Lundequist, Projekteringsmetodik, KTH-A. Maria Lotz har medverkat vid slutfasen av projektet, samt vid redigeringen av slutrapporten. Nita Lorimer, KTH-A, var projektsekreterare under projektets inledande del. I vissa delar av projektet har också Birger Lantto, FFNS Byggrådgivare medverkat. Arbetet har styrts av en arbetsgrupp, som utöver forskarna omfattat Ulf Gillberg, FFNS, och professor Olle Wählström, Projekteringsmetodik, KTH-A. Till projektet har knutits en referensgrupp med följande personer: Henry Karlsson och Ragnar Lönn, Svensk Byggtjänst, Göran Träff, Birger Lantto och Ingemar Wermelin, FFNS Byggrådgivare, Bertil Falck och Maria Lotz, FFNS, samt professor Johannes Olivegren, CTH-A, Chalmers Tekniska Högskola Arkitektursektionen och FFNS.

Författare till denna rapport är Kjell Lundberg, Mats Lotz-Mattsson och Jerker Lundequist. Den engelska översättningen har gjorts av Mady Gray. Utskrift och layout har gjorts av författarna, samt av Agneta Lundeberg.

Stockholm 15 februari 1989

Kjell Lundberg, Jerker Lundequist, Mats Lotz-Mattsson.

## 1. INLEDNING

Projektering av en byggnad eller en anläggning med stöd av CAD ställer speciella krav på klassifikation av för projektet nödvändiga data. Detta forskningsprojekt syftar till att få fram rationella principer för klassifikation, sortering, sökning, framtagning och bearbetning av dessa projektdata. Avsikten är således att finna metoder och system för klassifikation, d.v.s. sortering och sökning av data, som blivit grupperade i bygg- eller mätdelar och därefter inmatade och lagrade i ett datasystem.

Med CAD (Computer Aided Design, Datorstödd Projektering) menas ett datasystem för sökning, bearbetning och lagring av de data som behövs vid programarbetet och projekteringen (produktbestämningen eller designskedet) av en byggnad eller byggnadsdel. Dessa data matas in i datasystemet via t.ex. ett rit-system, ett ordbehandlingsprogram eller ett kalkylprogram. Man lagrar sedan dessa data i systemet så att de snabbt kan kombineras och tas fram och för någon specifik mottagares räkning.

Här finns bakgrunden till detta forskningsprojekts grundfråga: I vilka strukturer bör man lägga in data, för att kunna utnyttja CAD-systemet rationellt som ett projekteringshjälpmedel?

Andra viktiga frågor har varit: "Hur långt kan eller bör man bryta ner den totala informationen om byggprojektet?" och "Vilka är de minsta möjliga bitar information som man kan hantera på ett rationellt sätt?"

De principer för indelning och sortering av information som man väljer måste baseras på etablerad praxis inom byggsektorn. En lämplig utgångspunkt bör därför vara de etablerade systemen för klassifikation och kodning av information inom byggandet, som t.ex. BSAB-systemet<sup>1</sup>.

Den konkreta undersökningen har i mycket gällt om och i så

<sup>1</sup> Jfr Bergvall & Lundequist 1985, kap 3.

fall hur BSAB-systemet kan användas som indelningsgrund. I princip har BSAB fungerat som en länk mellan projektets grundfråga och de konkreta tester och undersökningar som gjorts. BSAB's P2-tabell ligger nära projekteringsarbetets "naturliga" indelning.

Det typiska för ett integrerat CAD-system är att det är centrerat kring en kraftfull programvara för lagring och sökning av de data som är relevanta för byggprojektet, och som tas fram under projekteringen. Det CAD-system som använts är GDS ("Graphic Design System"), som är centrerat kring en välstrukturerad datamängd, dock inte någon databas<sup>2</sup>.

Vi har tillämpat ett designteoretiskt perspektiv (d.v.s. ett av utformnings- och gestaltungsarbetet bestämt perspektiv, som således skiljer sig från ett produktionens eller förvaltningens perspektiv). Med "designteori" menas en mängd teorier och begrepp (eng.: "Design Theory" eller "Design Methodology"). Detta ger en annan syn på problemen än vad som gäller för de mer praktiskt-tekniska perspektiv som tillämpats inom andra, liknande projekt<sup>3</sup>.

Med perspektiv menas här ett av flera möjliga synsätt (som i sin tur konstituerats av en viss uppsättning begrepp, metoder, teorier m.m.). Det ena eller andra perspektivet är varken mer eller mindre "sant" eller korrekt än något annat tänkbart perspektiv, däremot kan det vara mer eller mindre fruktbart.

<sup>2</sup> Det finns också vissa tekniska förutsättningar för detta forskningsprojekt (Lunell 1979):

Länken mellan maskinvara och programvara finns bl.a. i systemprogramvaran. Denna omfattar operativsystem, kompilatorer och databassystem. Operativsystemet innehåller de program som styr användningen av datorsystemets olika delar. Kompilatorerna översätter program från ett språk till ett annat. Databassystem består av stora datamängder och de program som behövs för att hantera dessa data.

Ett filhanteringssystem är ett antal program för hantering av ett stort antal filer. Varje fil omfattar en ordnad mängd av poster. Vi lagrar normalt våra data och program i olika filer. Om vi får alltför många data, är risken stor att samma data lagras på flera olika ställen, i olika filer i systemet. Man har därför lanserat konceptet databas, som utgör ett system för lagring och sökning av data, där varje enskilt data endast lagras en gång, på en specifik plats i systemet. Databasen består således av en mängd filer som avses komplettera varandra. Detta databassystem kan omfatta t.ex. funktioner för sortering, funktioner för sökning, program för uppbyggnad, uppdatering och strukturering av data och filer, samt program för interaktion (dialog) mellan användare och databas.

<sup>3</sup> Jfr t.ex. MCAD-projektet (med SKANSKA, ABV, SIAB och ARCONA) eller Frontprojektet (med SIAB och Arne Johnson Ingenjörbyrå m.fl.).

Utgångspunkt för en vidare utveckling av CAD-system bör alltid vara en realistisk och genomtänkt modell av användaren. Med detta menas en begreppslik modell som pekar ut typiska och relevanta egenskaper hos CAD-systemets framtida användare. Denna modell bör avbilda en van CAD-projektör, och inte en nybliven och "naiv" sådan. I det långa loppet spelar det inte någon större roll om inläringen av CAD-systemets grunder tar några dagar längre eller kortare tid. Det är under den CAD-erfarne projektörens arbete i konkreta byggprojekt som CAD-systemets värde bestäms.

Vilka egenskaper kan vi då tilldela denna tänkta, typiska CAD-projektör? Ett grundkrav är att han eller hon är arkitekt eller byggnadsingenjör, med erfarenhet av både "manuell" projektering och av CAD. Detta är nödvändigt, eftersom det under överskådlig framtid kommer att ingå i yrkets grundkompetens att kunna växla mellan CAD och det traditionella ritbordet.

I Sverige inriktas FoU-ansträngningarna inom CAD-området i hög grad mot utveckling av integrerad CAD-teknik, med vilket man menar datasystem för samordning och kommunikation mellan en mängd olika användare och program, där alla utnyttjar en gemensam informationsmängd. Man lägger också ner stora resurser på att utveckla metoder för att via ett och samma datasystem samordna planeringen av projektering och produktion.

Detta FoU-projekt har, som påpekats, en annan inriktning. Vi har i stället undersökt hur projekteringsarbetet "i sig" kan få ett bättre stöd av CAD; vi har således låtit arbetet med gestaltning och formgivning, d.v.s. med design, ge projektet dess utgångspunkter.

Framför allt har vi försökt artikulera ett "CAD-projektörens perspektiv". Därför har vi, i denna rapport, utvecklat vår syn på hur design och designteori (=projekteringsmetodik) påverkar och påverkas av CAD-tekniken.

CAD-tekniken måste utvecklas så att den kan ge stöd åt an-

vändarnas kreativitet, så att man kan utföra åtminstone delar av arkitektens kreativa arbete vid CAD-stationen. Vi har försökt utveckla metoder för detta - med målet att arkitekten skall kunna gestalta, utforma, dimensionera och kalkylera som ett naturligt och självklart inslag i CAD-arbetet.

Detta forskningsprojekts huvudfråga kan sammanfattas i följande sats:

Hur bör grafisk eller alfanumerisk information om byggprojekt lämpligen indelns och klassificeras, i samband med att man lägger in, bearbetar, flyttar, lagrar och kommunicerar information i ett CAD-system?

En dominerande tanke har varit att allt som görs inom CAD bör präglas av "design-loopen". Med detta uttryck menas att designprocessen bör präglas av en systematisk växelverkan och återkoppling mellan ritande, beskrivningsarbete, mängdning och kalkyl.

Ett exempel på en möjlig "loop" kan vara följande:

Mängder tas från det tillgängliga ritningsunderlaget och levereras till kalkylatorn för en tidig kostnads-kalkyl. Denne kommer sedan att kommentera och evaluera dessa mängder och ritningar ekonomiskt, för att till slut kontakta arkitekt eller konstruktör och påkalla vissa ändringar i byggnadsutformningen. Därefter gör arkitekten, alternativt konstruktören, vissa ändringar (dock inte nödvändigtvis de som kalkylatorn vill ha) och tar fram ett nytt underlag till kalkylatorn o.s.v. På detta sätt, med växelvis samverkan, utveckling och bearbetning av byggprojektet, kan CAD ge stöd åt designprocessens successiva bestämning av projektets utformning.

Frågorna om indelning och klassifikation av information bör - som påpekats - länkas till frågorna om hur en CAD-projektör "egentligen" tänker, söker information, löser problem, samt representerar och redovisar problem och lösningar. Socialpsykologen Sherry Turkle<sup>4</sup> menar att datortekniken inte "i sig" betingar användaren att tänka, arbeta och fungera på

<sup>4</sup> Sherry Turkle 1987.

något specifikt sätt - utan att datasystemen snarare verkar förstärkande och pådrivande för de beteenden och sociala och psykologiska mönster som föreligger redan från början.

Detta forskningsprojektet har följande struktur: Konkreta tester av CAD-system vid indelning och klassifikation av information, under specifika skeden av projekteringen, har länkats till en konstruktion av en begreppslik modell av CAD-projektörens arbetssätt.

De arbetssituationer som förutsätts, representerar olika sätt att använda CAD i projekteringen av ett komplext byggprojekt. Däremot har kopplingen till produktionsskedet inte varit speciellt viktig för detta forskningsprojekt. I princip har merparten av testerna gällt arbetsmoment som förekommer i överlappningen mellan systemhandlingsskedet och produktionshandlingsskedet, d.v.s. när systemhandlingarna börjat bli klara, eller redan är färdiga, och då produktionshandlingsskedet befinner sig i en inledande fas. Fyra för byggprojekteringen typiska arbetssituationer analyseras och beskrivs:

- att rita med CAD;
- att beskriva med CAD;
- att ta av mängder med CAD;
- att kalkylera med CAD;

Med utgångspunkt från dessa fyra arbetssituationer kan några av detta forskningsprojekts delfrågor formuleras:

Hur bör grafisk och alfanumerisk information om byggprojektet lämpligen indelas och klassificeras för att utgöra underlag för var och en av de fyra dokumenttyperna ritning, beskrivning, mängdavgivning och kalkyl.

Denna rapport har följaktligen strukturerats på motsvarande sätt:

- I kapitel 2 "Forskningsprojektets uppbyggnad och genomförande" redovisas forskningsprojektets problematik, den

metod som använts, samt de teorier, begrepp och hypoteser som givit projektet dess utgångspunkter.

- I kapitel 3 "Designteoretiska utgångspunkter" diskuteras uppbyggnad och konsekvenser av ett designteoretiskt perspektiv.
- I kapitel 4 "Att klassificera" diskuteras principerna för klassifikation av projektanknutna data.
- I kapitel 5 "Att rita" redovisas de mer konkreta erfarenheter av CAD-systemet som gjorts vid tillämpningar i testfall.
- I kapitel 6 "Att beskriva" redovisas försök att upprätta beskrivningar med utgångspunkt från de data som tidigare matats in i CAD-systemet.
- I kapitel 7 "Att mängda" redovisas erfarenheter från försök med mängdavgivning med CAD, samt en diskussion hur denna mängdavgivning bör förberedas under projekteringsens tidigare skeden.
- I kapitel 8 "Att kalkylera" redovisas försök att föra över data från mängdningsmodulen inom CAD-systemet till speciella program för kalkylering.
- I kapitel 9 redovisas slutsatser och kommentarer.
- I bilagor redovisas refererad litteratur, vissa nyckeltermmer, samt GDS, det CAD-system som använts, och dess samspel med användarorganisationen FFNS.



## 2. FORSKNINGSPROJEKTETS UPPBYGGNAD OCH GENOMFÖRANDE

Ett CAD-system är ett system för hantering av data om byggprojektet. Dessa data bör lagras i systemets datafiler, så att de snabbt kan kombineras till ett "informationsbärande element", ett dokument typ en lista eller en ritning. CAD-tekniken gör det möjligt för samtliga projektörer att söka information ur gemensamma datafiler. Man kan få fram bättre underlag för t.ex. beslut, myndighetsprövning, mängdning, kalkylering och dimensionering. Alla dessa informationsbärare tas fram genom att man via CAD ställer samman den önskade kombinationen av data om projektet.

### 2.1 BAKGRUND

Detta forskningsprojekt har - som påpekats - syftat till att finna metoder och system för klassifikation av projektdata, som blivit grupperade i bygg- eller mätdelar och därefter inmatade och lagrade i systemets datafiler. En utgångspunkt har tagits i BSAB-systemet. I huvudsak är det två problem som stått i fokus:

- Hur man kan definiera lämpliga sorteringsprinciper för inmatning och lagring av data kring ett byggprojekt i ett CAD-system;
- Hur man kan få fram rationella principer för kombination och sammanställning av dessa projektdata till olika handlingar.

För att besvara dessa frågor bör man etablera klara principer för hur projektdata bör klassificeras.

## 2.2 GENOMFÖRANDET

Projektet har omfattat tre moment:

- a) Intressanta problemsituationer har identifierats via intervjuer och analyser av typiska arbetsituationer i reella projekteringsfall.
- b) Dessa problemsituationer har sedan "simulerats" under "laboratorieförhållanden" på FFNS' GDS-system, för att möjliggöra reproducerbara försök och noggranna analyser av dessa försök.
- c) Utfallet av dessa experiment har sedan analyserats inom arbetsgruppen.

Projektet har genomförts i fyra etapper:

- (i) Under ett inledande skede gjordes en översiktlig granskning av hur projektdata redovisas i nuläget, under olika skeden och för olika aktörer och intressenter. Vi kartlade forskningsfronten inom området, skapade kontakter och ställde samman en litteraturöversikt. Dessutom gjordes en första analys av de problem som kan förekomma vid överföring av information mellan projekteringens olika led. Vi diskuterade också möjliga redovisningsprinciper.
- (ii) Det andra steget innebar ett försök med sammankoppling av grafiska data ("ritningar") med text och numeriska data ("beskrivningar"). GDS' faciliteter för icke-grafiska "property data" användes vid samordningen av alfanumerisk information och grafisk information.
- (iii) Ett tredje steg var en undersökning av möjligheter och problem vid mängdning, där informationen i CAD-systemet lagrats under sorteringsbegrepp som enkelt kan överföras till andra system.

(iv) Ett fjärde steg var att testa metodiken för kostnadskalkyl under projekterings tidiga skeden.

Vissa avgränsningar har gjorts:

- Endast arkitektsidans databehandling har studerats.
- Samtliga CAD-insatser har utförts med GDS.
- De tillämpningsfall som använts har valts ut pågående projekt inom FFNS.

Där CAD-systemets grundkommandon inte räckt till för att rationellt utföra de önskade operationerna, t.ex. ytmängdning av gipsskivor, har man inom arbetsgruppen själv skrivit program i Basic, som skräddarsytt för ändamålet.

Vi har således behandlat fyra typer av problem:

- överföring av information mellan projekterings olika skeden
- koppling av "ritning" till "beskrivning"
- mängdning i olika projekteringskedan
- metodik för tidiga kalkyler

## 2.3 PROBLEMMOMRÅDET

Huvudfrågan, om i vilka strukturer data skall lagras för att CAD-systemet skall bli ett rationellt projekteringshjälpmedel, har delats upp i följande delfrågor:

Hur bör CAD-modellen byggas upp för att möjliggöra:

- rationell ritningshantering? (Hur hanteras de olika skedena i ritningsframställningen? Hur relaterar sig olika ritningar till varandra med delvis samma information redovisad på olika sätt?)
- mängdning av komponenter som t.ex. dörrar och fönster, samt olika längder, ytor och volymer?
- framtagning av underlag för beskrivningar, t.ex. byggdelsbeskrivning?

- mängdning av olika byggmaterial, t.ex. m<sup>2</sup> gipsskivor, antal byggreglar, eller längdmeter socklar.
- kostnads kalkylering? (Detta förutsätter mängdning i enheter som kan ge underlag för kalkyler under projekteringsfasen. Olika nivåer av detaljeringsgrad på mängdningen har blivit utredda.)
- vilka negativa eller positiva effekter på projekteringsarbetet en överarbetning inför mängdning, kalkyl och beskrivning kan ge?

Vi tog dessutom upp kognitionspsykologiska aspekter på CAD och undersökte kopplingen mellan den informationsstruktur som CAD-programmet förutsätter, och den informationsstruktur som CAD-projektörernas sätt att tänka förutsätter.

Projektet har således haft tre delmål<sup>1</sup>:

- att tillämpa ny teknik och nya metoder under delvis nya villkor, och med delvis nya tillämpningar;
- att observera, dokumentera och analysera vad som händer under detta förlopp;
- att föreslå förändringar, antingen av det tekniska systemet, eller av dess olika användningar.

Vi har - via seminarier, diskussioner och intervjuer - tagit fram relevanta arkitekturbegrepp och kopplat dessa till GDS' uppbyggnad med objekt och objektsnamn. På så vis blir de begrepp, nivåer och objektsnamn, som CAD-projektören laborerar med, också relevanta för processens övriga aktörer - kalkyleraren, beskrivaren, planeraren.

---

<sup>1</sup> Lundequist 1987.

### 3. DESIGNTEORETISKA UTGÅNGSPUNKTER

I detta forskningsprojekt har CAD-användningen undersökts ur ett designteoretiskt perspektiv. Det finns därför anledning att översiktligt beskriva designteorin, som ju framför allt baseras på forskning om designerns/arkitektens arbetsmetod. En mer generell term är "design", som är den engelska termen för formgivning.

Designskedet utgör en inledande del av en produktionskedja; man brukar dela in den typiska produktionsprocessen i tre etapper, enligt nedan:

- Produktbestämningen, som omfattar utredning, programskrivning, projektering, konstruktion, kalkyl, gestaltning, formgivning. Alla aktiviteter under detta skede kan räknas in under begreppet design.
- Produktframställningen, som omfattar den konkreta tillverkningen, samt planeringen av denna process.
- Produktanvändningen, som omfattar brukandet och användandet av produkten, men också service, underhåll och drift.

Med "design" menas således det inledande skede i produktionskedjan, då man planerar den tänkta produktens egenskaper, d.v.s. när man egenskapsbestämmer produkten.

"Egenskapsbestämning" eller som det ibland sägs, "produktbestämning" är emellertid otympligt som begrepp, och det är bättre att tala om design som formgivning. Man följer då de gamla grekerna, som inte gjorde någon åtskillnad mellan tingets form och tingets innehåll. Formen existerar endast som innehåll, och innehållet existerar endast som form.

Några provisoriska definitioner av begreppet design följer nedan:

A. Att formge konstgjorda föremål (artefakter) och att organisera dem i rummet, utifrån kriterier som baseras på överväganden om form, funktion (i termer av användning eller relations samband), struktur (som hållfasthet eller hållbarhet) och kostnad (i termer av kapital eller energi). De kriterier som tillämpas, kan indelas i dels sådana faktorer som kan påverkas, dels sådana som måste tas som givna.

Denna definition är lång och krånglig. En kortare och mer slagkraftig kan vara:

B. Att tilldela ett föremål dess form, funktion och plats i rummet.

C. Designbegreppet konstitueras via sin användning. De viktigaste momenten i formgivandet och i gestaltningsarbetet gäller val mellan etiskt eller estetiskt bestämda alternativ.

I fortsättningen används begrepp som "design", "skissning", "gestaltning" och "formgivning" som synonymer. Detta följer traditionellt språkbruk inom arkitektkåren. Som en första, interimistisk definition av synonymerna "design", "skissning", "formgivning", "gestaltning" kan följande få gälla:

Med design/gestaltning menas arbetet att lösa utformningsproblem, d.v.s. en speciell sorts problem som gäller hur konstgjorda ting bör vara beskaftade.

Alltså, design är konsten att utforma föremål, rum, byggnader och hela miljöer. Design är formgivning. Och det konstgjorda tinget identifieras av sin form.

Med designteori menas teorier om formgivning. Men vad är syftet med designteori? Varför skall man forska om utformningsprocessen över huvud taget? Arkitekter och konstnärer och andra skissar helt lugnt på i alla fall, och många är mycket duktiga på detta. Kan man inte bara låta dem vara i fred?

Det gäller, för det första, att slå vakt om gestaltningsarbetet! Det är därför nödvändigt att kunna beskriva och analysera detta arbete. Framför allt är det viktigt att kunna visa på de

nödvändiga och tillräckliga villkoren för att de skapande momenten i projekteringen skall fungera.

Ett annat skäl är helt enkelt att dagens byggprojekt ofta är så stora, komplexa och dyrbara att det inte längre är möjligt att skissa och gestalta på enbart grundval av traditionellt bestämda tumregler ur en yrkestradition. En allt mer komplicerad byggprocess har tvingat fram en ökad specialisering inom olika kunskapsområden, vilket inneburit att arkitekterna fått svårare att hävda sin roll som den som skall åstadkomma en syntes av olika kunskapsstillämpningar. Arkitekter förlitar sig i hög grad på sin egen yrkestraditions traditionellt bestämda normer och konventioner. Detta är inte fel, men yrkestraditionen bör utvecklas.

Följande tre krav är gemensamma för alla typer av arkitektarbete:

- man måste arbeta systematiskt
- arbetsprocess och arbetsresultat måste dokumenteras
- resultat och metoder bör vara åtkomliga för kritik

Här kan en designteoretisk forskning hjälpa till, genom att utveckla systematiken i arbetet, genom att utveckla dokumentations- och redovisningsmetoder, samt genom att kontinuerligt och systematiskt utsätta den konkreta yrkespraktiken för en kritisk granskning.

Ett tredje skäl är att man måste försöka foga samman nya erfarenheter (av nya metoder, redskap och material) med befintliga och beprövade erfarenheter ur traditionell praxis. Nya kunskaper, idéer, metoder och redskap måste anpassas till den yrkespraxis där de skall användas.

Ett fjärde motiv är att det numera finns ett stort intresse för arkitekternas arbetsmetod, även utanför byggsektorn, t.ex. bland de som håller på med utveckling av datasystem. Forskare som t.ex. Nigel Cross, Christopher Alexander, Herbert Simon och Donald Schön propagerar för en utvecklad designteori, en Artefakternas Vetenskap, som en gemensam,

grundläggande teori för hur olika professioner (läkare, advokater, arkitekter, ingenjörer o.s.v.) bör arbeta och hur de bör bygga upp sin grundläggande kompetens. Ur denna aspekt framstår designteorin närmast som en speciell epistemologi (=kunskapsteori) för de s.k. professionerna (= läkare, advokat, ingenjör, arkitekt o.s.v.).

Det stora namnet inom detta område är nobelpristagaren Herbert Simon som i början av 70-talet formulerade ett översiktligt forskningsprogram för designområdet, med fyra särskilt viktiga avsnitt (Simon 1972):

A. Att ta fram metoder för bedömning av utformningsförslag (som checklistor, värderingsmodeller, lämpliga kriterier i övrigt);

B. Att ta fram metoder för lösning av utformningsproblem (som ses som en speciell typ av problem);

C. Att ta fram metoder för hur man hanterar komplexitet och osäkerhet (arkitekternas traditionella skissmetod är en sådan metod);

D. Att utveckla metoder för hur man representerar (ung. "avbildar", eller "framställer") ett beslutsproblem.

### 3.1 DESIGNTEORINS FRAMVÄXT

Som företeelse i samhället härstammar designteorin från mötet mellan det förindustriella samhällets hantverkstraditioner och den framväxande industrialismens produktionsmetoder, med dess betoning av massproduktion, standardisering och intensiv marknadsföring<sup>1</sup>. Fortfarande spelar konsthantverkets traditioner och dess "tysta" kunskap en stor roll för uppbyggnaden av kompetens och yrkesskicklighet hos de som arbetar med formgivning och gestaltning.

<sup>1</sup> Detta korta, historiska avsnitt följer i huvudsak Bayley 1985. Delvis utgör denna text också en bearbetning av texter i Lundequist 1984.



Designteorin, d.v.s. det medvetna reflekterandet över formgivningens och gestaltningens praxis, kan sägas ha uppkommit i början av 1800-talet, när konflikten mellan traditionellt hantverkskunnande och industriell teknologi började bli akut.

Teoribildningen på detta område är svag och outvecklad. Den teoribildning som finns, har oftast uppstått ur designerns / arkitektens egen reflektion över sin egen arbetsprocess och sitt eget arbetsresultat. Dessutom sker viss teoribildning via ett antal tämligen lösligt sammanfogade lån av begrepp och teoretiska fragment från andra discipliner - från psykologi, estetik, konsthistoria o.s.v.

Föregångare inom designteorin var konstnärer och tänkare som John Ruskin och Gottfried Semper, som främst intresserade sig för hur design kan både uttrycka och påverka människors livsstilar. Med William Morris fördes ett socialt moment in i designteorin, genom att han kunde påvisa hur designarbetet och dess produkter både påverkas av och påverkar samhällsutvecklingen i övrigt.

Under 1900-talets början dominerades utvecklingen av funktionalismen. En "maskinestetik" kombinerades med medveten standardisering och anpassning till produktionsapparatens krav. Viktiga föregångare var Peter Behrens, Herman Muthesius och Henry van de Velde. Stora namn inom funktionalismens teoribildning var t. ex. Bauhausskolans Walter Gropius och le Corbusier.

Under 40- och 50-talen inspirerades designteorin i stor utsträckning av teorier som operations- och systemanalys. Under denna epok var det massproduktionens, de långa seriernas och den systematiska standardiseringens villkor som dominerade.

Den dåvarande högkonjunkturen och den stora arbetsvolymen kom att motivera en mängd försök att "rationalisera" designarbetet, genom att införa den "optimala" designprocessen.

Under 70-talet började designteorin utvecklas i empirisk riktning. Man vill numera genom konkreta fallstudier försöka kartlägga designarbetets villkor och uppbyggnad. Framför allt inriktades arbetet på att hitta metoder för hur den snabbt framväxande CAD-tekniken skulle kunna integreras på ett bra sätt i projekteringen.

### 3.2 OM DESIGNTEORIN IDAG

Utformningsfrågorna har en central roll i arkitekternas yrkesutövning. En svårighet för forskningen på området är att det så påtagligt handlar om hur vi hanterar det mångtydigt och komplext unika.

Det finns några viktiga, grundläggande utgångspunkter:

- Arkitekturen är överbestämd. Det finns således alltid en mycket stor mängd sammanfallande skäl, motiv, idéer, som tillsammans föranleder att en byggnad kommer att utformas på ett visst sätt.

Detta gör att teoribildningen måste ta sin utgångspunkt i studier av det unika, mångtydiga och svårbestämda enstaka fallet. En referensram av precedensfall - mönsterfall - måste byggas upp, med analyserade exempel och förebilder, som hämtats direkt ur vår omedelbara samtid. Forskning kring utformnings- och gestaltningsfrågorna gäller egentligen människans förmåga att hantera det unika och det mångtydiga. Det är också ur denna aspekt som forskningen kring arkitekternas arbetsmetoder kan ha intresse för utomstående.

- Människans gestaltningsförmåga är - för närvarande - till största delen oåtkomlig för forskarnas analyser. Det som en designteoretisk forskning om gestaltning och utformning därför i första hand bör inriktas på är att identifiera hinder för kreativiteten i projekteringsprocessen. Man bör studera olika former för samarbete i projekteringen, och hur dessa påverkar kreativitet och gestaltningsförmåga hos aktörerna i processen.

- Designteorins tyngdpunkt bör läggas på analysen av kreativa miljöer och kunskapsbärande organisationer, snarare än på studier av enskilda genier. Den som utövar kreativitet är emellertid alltid en individ. Forskningen bör därför studera samspelet mellan den individ som gestaltar och hennes omgivande kreativa miljö, samt de redskap som hon använder och dessa redskaps eventuella instrumenteffekter.
- Vetenskapens syfte är att bidra till människans kunskapsutveckling i allmänhet. Här kan - på sikt - designteorin ge självständiga bidrag inom områden som rör gestaltning, skapande arbete och kreativa arbetsorganisationer.

### 3.3 UTFORMNINGSPROBLEM

Med formgivning, gestaltning och design menas "att lösa utformningsproblem". Skisser och ritningar fyller därmed två funktioner. De är dels underlag för utformningsbeslut och dels underlag - konkretiseringar - av en problematik.

Lawson (1980) ser utformningsproblemet som uppbyggt av följande moment:

Projektets aktörer och intressenter. Vi talar här om:

- projektörer: arkitekter och bygg- och installationskonstruktörer
- klienter: byggherren, projektledaren / bygglidaren, projektgruppen m.m.
- brukaren, eller brukarens representant (hyresgästföreningen eller facket)
- myndighetsrepresentanter (byggnadsnämnd, yrkesinspektör, specialmyndigheter)

Man har t.ex. följande utformningsproblem att lösa:

- byggtekniskt bestämda problem kring genomförandet av projektet
- hållfasthetsproblem
- hållbarhetsproblem

- funktionella problem kring komponenters underhåll
- funktionella problem kring byggdelaers och komponenters användning
- städning, rengöring, snöröjning m.m.
- verksamhetskrav på byggdelaers och komponenter, ytor och volymer i rummet
- ekonomiska krav
- ekologiska krav
- estetiska problem, t.ex. kring anpassning till byggnads-traditionen, klimat, vegetation m.m.
- estetiska problem, t.ex. kring uttryck för funktioner och strukturer och meningsbärande samband f.ö.

Arkitekten har att med successivt ökande konkretion ta fram förslag till utformning av byggnader och anläggningar. Designarbetet handlar således mycket om att konkretisera utformningsproblemen för sig själv och andra.

Man försöker väga olika kombinationer av faktorer mot varandra till en helhet. Under designarbetet väger man skälen för och mot ett visst alternativ. Man testar dessa skäl mot ett antal kriterier. Utformningsproblem gäller val som träffas på olika grunder. Arkitekten föreslår en av flera möjliga lösningar och motiverar detta med olika skäl, som kan vara tekniska, funktionella och estetiska.

Lawson (1980) har påpekat att utformningsproblem ofta är hierarkiska till sin karaktär. Lösningen av en lägenhetsplan är beroende av hur hela byggnaden utformats och byggnadens utformning är i sin tur beroende av stadsplaneringen. Det är också karakteristiskt för projekteringsarbetet att man ständigt växlar nivå inom projektet, från detalj till övergripande plan och åter till arbetet med detaljernas utformning. Gestaltning förutsätter att man kan fånga detaljens karaktär, utan att tappa greppet om helheten.

Arkitekten har att ta fram förslag till lösning av ett utformningsproblem. Förslaget bör dels avbilda en problemsituation, dels ge en anvisning om hur problemet kan lösas, samt hur man kan "mäta" att problemet verkligen är löst.

### 3.4 ÅTERKOPPLINGENS BETYDELSE

Man testar skälen för eller mot olika alternativ genom att skissa på tänkbara lösningar. Skissen ger underlag för bedömningar; man skall kunna välja och utvärdera föreslagna lösningar.

Återkopplingen är således mycket viktig: Man vill ju kunna bedöma skissförslag, på ett så säkert underlag som möjligt, bl.a. i form av kalkyler och bedömningar som grundats på mängdavgtagningar och preliminära beskrivningar. Detta ger underlag för byggherrens m.fl. beslut, och konkretion åt designerns eget tänkande.

Man gör bedömningar genom att jämföra ett givet förslag med ett antal referenser - precedensfall eller mönsterfall - liknande fall, förebilder, typfall o.s.v. Vår bedömningsförmåga förutsätter att vi kan referera till liknande fall, eller andra typer av måttstockar.

En vanlig bild av problemlösning är att vi "löser" ett visst problem genom att applicera vår kunskap på detta problem, ungefär som man löser en ekvation. Men utformningsproblem löses inte på detta sätt, utan snarare genom att man "vidgar kontexten" kring det, t.ex. genom att jämföra framtagna förslag med ett antal referens- eller mönsterfall.

Det är viktigt att förstå att mönsterfallen i sig är unika. Däremot liknar de varandra på ett sätt som påminner om hur släktingar liknar varandra - de har s.a.s. familjelikhet. Och det är genom att studera likheter och skillnader i dessa mönsterfall, som man lär sig att behärska yrkestraditionens formspråk och lär sig att föra traditionen vidare in i nya problemsituationer. Man "tolkar" s.a.s. in traditionen i de nya problemsituationer som man förväntas kunna hantera under sin yrkesutövning.

### 3.5 TRE TYPISKA PROBLEMLÖSNINGSPROCESSER

Man brukar tala om tre slag av problemlösning:

(i) Optimering, som är att söka den enda, bästa tänkbara, lösningen på ett givet problem.

(ii) Satisfiering, som är att söka en godtagbar lösning, d.v.s. en av flera tänkbara lösningar, som samtliga satisfierar en given mängd kriterier. Man "sliter med frågan" tills man hittat en lösning som är "bra nog", kanske inte den bästa tänkbara - den optimala - men bra nog, d.v.s. satisfierande.

(iii) Inkrementalism, som är ett långsamt sökande i små och tveksamma steg. Man skisserar först en löslig vision (en eller flera bärande idéer) av vad man vill uppnå. Därefter formulerar man de första stegen i en utvecklingsprocess i riktning mot den hägrande visionen. Därefter bör man hejda sig, försöka utvärdera de erfarenheter som gjorts - kanske t.o.m. försöka omformulera ursprungsvisionen.

Enligt nobelpristagaren Herbert Simon är den beslutsfattande människan endast begränsat rationell (Simon 1971):

- fullständig rationalitet förutsätter fullständig kunskap, men i verkligheten är kunskapen alltid fragmentarisk;
- fullständig rationalitet förutsätter ett val mellan alla möjliga alternativ, men i verkligheten undersöker man bara ett fåtal av dessa alternativ.

Människor agerar normalt utifrån en princip om satisfiering, säger Herbert Simon. Man söker inte det objektivt bästa alternativet (d.v.s. det optimala alternativet), utan det alternativ som är godtagbart, utifrån vissa givna värderingar. Vår rationalitet är begränsad, eftersom vår kunskap om problemen och situationen är begränsad.

Men även satisfieringens princip förutsätter en klar åtskillnad mellan mål och medel. Man bör veta vilket mål man vill uppnå, även om man är osäker på hur man skall ta sig dit. I

det fall man är osäker också på själva målet - och detta är ju det typiska för utformningsarbetet - så gäller andra och mer diffusa principer för problemlösandet. Problemlösning i utformningsfrågor innebär någonting helt annat än att hitta fram till rätt medel för att uppnå förutsatta mål.

### 3.6 BÄRANDE IDÉER OCH MODIFIERANDE FAKTORER

Nedanstående tankemodell över "bärande idéer och modifierande faktorer" har sitt värde främst som underlag för en diskussion om den kreativa processens villkor. Denna modell utgår från en tanke om att problemlösning är en inkrementell process. Problemlösning där man eftersträvar optimering eller satisfiering kan ingå i processen, men endast som stöd i delmoment.

Det som bestämmer en byggnad till form, funktion, struktur och kostnad är de inblandade personernas bärande idéer om vad byggnaden står för, hur dess funktioner skall inrymmas m.m. Dessa bärande idéer kan endast i viss mån påverkas av uppkommande s.k. modifierande faktorer, d.v.s. skäl och åsikter och motiv i olika detaljfrågor. Faktorer av det modifierande slaget kan bara påverka den slutliga lösningen i detaljer. Grundidén - den bärande idén - utgör en helhetslösning, som kommer att modifieras, så snart som man börjar ta fram lösningar på delproblemen.

Ur själva utformningsprocessen växer efter hand olika övergripande gestaltningsmotiv fram - projektets bärande idéer - som ger byggnaden dess "egentliga" uttryck (jfr Danielsson & Malmberg 1979). De modifierande faktorerna kan endast i begränsad utsträckning inverka på den slutliga formen. Ibland kan de emellertid tvinga fram en total omprövning av de ursprungliga bärande idéerna.

### 3.7 CAD-TEKNIKENS INVERKAN

Det nuvarande sättet att använda CAD-tekniken medför ofta en projekteringsmetod, där projektören kan tvingas bestämma detaljerna alltför tidigt. På en viss nivå, eller en viss etapp i arbetet, tänker arkitekten i termer av rum och samband mellan rum, men tvingas trots detta att bestämma sig i detaljfrågor som vägg tjocklek, fönsterbredd o.s.v.

Man anger normalt inte den grad av informativ osäkerhet i presentationer via CAD, som man kan få fram i handgjorda skisser, där ju ritmanéret visar på graden av säkerhet i utformningen. Vid CAD-projektering tenderar man istället att få allt att bli måttsatt och preciserat, samtidigt med att informationen läggs in i systemet.

Begrepp som osäkerhet och obestämdhet är oerhört centrala för vår förståelse av det gestaltande och formgivande skissarbetets natur. I CAD-projektering används inte möjligheten till en successivt ökande bestämning av komponenter och element, utan allting bestäms s.a.s. från början. Detta ställer stora krav på projektören. För att kompensera för detta måste CAD-systemet ha goda faciliteter för snabb och detaljerad revidering och redigering av stora datamängder, och bearbetning i efterhand.

Det kanske största hindret för CAD-teknikens utbredning inom byggsektorn är den stelhet och komplexitet i tänkandet kring CAD som "tvingar på" CAD-projektörerna ett alltför disciplinerat arbetssätt. Dagens sätt att använda CAD-teknik är i stora delar dåligt anpassad till de "manuella" arbetssätt som används av merparten av byggprojektörerna.

### 3.8 MODELL, BYGGANDE OCH PROJEKTERING

Objektet för arkitekternas ansträngningar är s.a.s. inte byggnaden i sig, utan modellen av byggnaden. Begreppet modell får här stå för alla tänkbara avbildningar av byggnaden: skisser, ritningar, formler, kartor o.s.v. Projektören testar modell-



en mot ett antal fördefinierade kriterier och justerar sedan modellens egenskaper.

Skissarbete innebär att projektören "ställer frågor" angående byggprojektet till modellen. Denna problemlösande process är inkrementell och iterativ - långsam, trevande och sökande. Modellen av byggprojektet modifieras gradvis, efterhand som olika frågor kommer fram och blir behandlade.

Utvecklingen av CAD syftar numera också mot att få fram alltmer förfinade CAD-modeller, med vilket menas att den totala mängden data angående ett byggprojekt och den representation av byggprojektet som åstadkommes, blir mer och mer preciserad och korrekt.

### 3.9 KRITERIER PÅ EN PROJEKTÖRANPASSAD ARBETSMETOD

I detta FoU-projekt har vi formulerat ett antal krav på en arbetsmetod för ritande, beskrivande, mängdning och kalkyl, som skall passa för arkitektens sätt att arbeta:

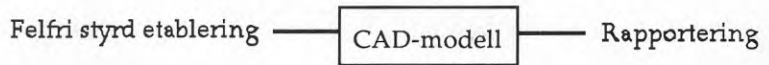
- Det bör vara möjligt att a) börja tidigt med CAD i designprocessen, b) att göra successiva ändringar och preciseringar c) att ta fram beskrivning, mängdning och kalkyl ur CAD-modellen, vid olika tillfällen under denna process.
- Man skall kunna rita och ändra i det som ritats, med CAD-systemets egna ritkommandon, på ett sätt som känns enkelt och naturligt, utan att detta omöjliggör beskrivning, mängdning och kalkyl utifrån CAD-modellen.
- En viktig förutsättning för detta är att CAD-systemet har funktioner som kontrollerar att det som ser riktigt ut för blotta ögat också är riktigt som datamängd betraktat, så att det kan fungera som underlag för beskrivning, mängdning och kalkyl.

Utifrån ett "entreprenörsperspektiv" prioriteras materialmängdningen, vilket innebär att ritandet och ändrandet av det ritade måste göras med speciella program och rutiner, för

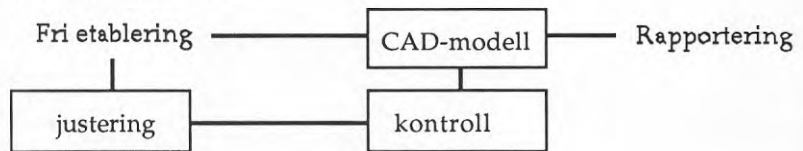
att CAD-modellen hela tiden skall vara upplagd på ett riktigt sätt inför mängdningen. Utifrån ett "projektörsperspektiv" vill man inte lägga sådana restriktioner på ritandet, utan inför istället kravet på en möjlighet att kontrollera och justera CAD-modellen. Vi anser att det är viktigt för en rationell projektering att CAD-systemet inte sätter upp några onödiga gränser eller medför att projekteringsstarten i CAD fördröjs. En aktivitet som "skissning" har - relativt sett - svårare att få utrymme i det "entreprenörsbetonade" perspektivet.

Figur 3.1 visar schematiskt skillnaden mellan hur CAD-modellen etablerats i detta "projektörsinriktade" forskningsprojekt, jämfört med hur det på andra håll kan etableras i ett "entreprenörsinriktat" utvecklingssammanhang<sup>2</sup>:

Entreprenörsperspektivet:



Projektörsperspektivet:



<sup>2</sup> Vi har t.ex. uppfattat de styrande principerna för det s.k. M-CAD-projektet på detta vis.

#### 4. ATT KLASSIFICERA

Man klassificerar för att skapa ordning och struktur i ett annars svåröverskådligt material<sup>1</sup>. Ofta vill man upprätta en struktur, till vilken man sedan successivt fogar olika element, efter hand som dessa kommer fram. Klassifikation innebär att man skapar en indelning av materialet i grupper eller klasser. De objekt som förekommer i materialet, skall hänföras till "rätt", d.v.s. adekvat klass. Termen "klass" används här för att beteckna en bestämd mängd av objekt.

##### 4.1 BEGREPPET KLASSIFIKATION

Det finns olika principer för hur denna klassifikation av objekt bör gå till. En vanlig princip är t.ex. att en viss mängd av objekt, med någon väsentlig egenskap gemensam, hänförs till samma klass. Det är viktigt att man kan avgränsa klassen på ett tydligt och enkelt sätt. Man kan ibland helt enkelt nöja sig med att räkna upp alla objekten i klassen. Klassen av all frukt omfattar t.ex. äpple, apelsin, banan, päron.....o.s.v. Detta är emellertid tidskrävande och krångligt, vilket gör att man hellre vill kunna ange den princip som avgör om ett objekt hör till klassen, eller inte. En sådan princip pekar ut ett kriterium eller kännetecken för objektet. När vi försöker avgöra om ett visst objekt hör till en viss klass, har vi ofta ett flertal rimliga kriterier att välja mellan. Samtliga kriterier behöver givetvis inte stämma in på alla de objekt som hänförs till klassen.

- De objekt som ingår i en klass kallas för klassens medlemmar eller element. Ralph Erskine är således medlem av klassen av alla arkitekter.
- Två klasser sägs utesluta varandra om de inte har någon gemensam medlem. Klassen av alla män och klassen av alla kvinnor utesluter varandra.
- En klass sägs uttömma sin domän, om varje element i domänen är medlem i klassen. Två klasser kan tillsammans uttömma en domän; klassen av alla män och klassen av alla

<sup>1</sup> Texten följer Rosing 1984.

kvinnor uttömmar tillsammans mänsklighetens domän.

- Varje klass kan i sin tur vara medlem av en "högre", överordnad klass. Varje element i klassen kan i sin tur utgöra en subklass, med egna medlemmar. Denna överordning respektive underordning i termer av metaklass, klass och subklass utgör en hierarki.

Det finns några enkla tumregler för klassificering:

- enkla och tydliga klassifikationskriterier
- enhetlig indelningsgrund
- klasserna bör tillsammans uttömma den valda domänen
- klassifikationen bör vara fruktbar; dess syfte bör framgå tydligt och vara relevant i sitt sammanhang
- den hierarki som man valt bör vara tydlig och logiskt uppbyggd

Att klassificera är att indela tingen och företeelserna omkring oss under generella namn. "Äpple", "päron", "plommon", "banan" m.m. bildar tillsammans klassen "frukt". Denna typ av indelning av namngivna företeelser under generella begrepp bildar på detta vis system av begrepp.

Ett klassifikationssystem är ett system av begrepp, som t.ex. klassifikationen av växter eller bibliotekens klassifikation av böcker. De flesta klassifikationssystem är hierarkiskt ordnade i "naturliga" nivåer.

Identifikation kan sägas vara själva kärnan i ett klassifikationssystem. Olika användare skall identifiera samma objekt som tillhörande samma klass.

Huvudsyftet med klassifikation är att underlätta kommunikation. Det avgörande för ett klassifikationssystem är i vilken utsträckning det accepteras inom sitt fackområde och i vilken utsträckning man är överens om hur det skall användas.

En dator kan relativt snabbt söka igenom långa listor av information och t.ex. leta efter textavsnitt med hjälp av ett sökord eller en kombination av sökord. Det är således inte nödvändigt för datorns del att själva "rådata" är hierarkiskt ordnade. Det underlättar dock om inmatning och presentation av

data görs efter något klassifikationssystem som känns naturligt för användaren.

För att effektivisera informationsflödet inom byggprocessen har det utvecklats klassifikationssystem som t.ex. BSAB och SfB. Det viktigaste med sådana system är att de ökar överblicken över den tillgängliga informationen i projektet .

För samordningen är det också viktigt att informationen organiseras så att respektive mottagare av information snabbt kan hitta vad de är intresserade av. För att det skall vara möjligt att dela upp arbetet mellan flera projektörer är det uppenbart att samma "språk" bör användas, så att ett objekt ritas och benämns på ett enhetligt sätt.

Designarbetet omfattar ett viktigt moment av klassifikation. Detta moment förstärks vid användning av CAD. När man ritat ett visst objekt, bör detta klassificeras, få ett namn och fogas in i ett klassifikationssystem. Därefter skall objektet lagras i ett minne på ett sådant sätt att man enkelt kan återfinna det och enkelt kombinera det med andra objekt i olika sammanhang.

Byggnadsprojekteringen syftar till att successivt öka graden av bestämning<sup>2</sup> av ett byggprojekt. Efterhand som projekteringen går framåt, ökar byggprojektets grad av bestämdhet.

De begrepp som kommer till användning i processen får efter hand en ökande bestämdhet, efter ungefär följande mönster:

- "rum"
- "rum, med funktion som vardagsrum"
- "rum, med planmått 300 x 500 och höjden 240, samt med funktion som vardagsrum"
- "rum, med planmått 300 x 500 och höjden 240, samt

<sup>2</sup> Bestämning är ett omfångsrikt och komplicerat begrepp. Det omfattar t.ex. "orsak", "faktor", "skäl" och "motiv". En mängd av bestämmningar "orsakar" att händelsen H inträffar. De utgör de faktorer som tillsammans gör H möjlig. Ibland säger man också att personen NN hade följande skäl till att göra H eller låta H inträffa. Hans motiv var då att han ville att H skulle göras.

Det väsentliga i detta sammanhang är att ett antal bestämmningar tillsammans utgör de nödvändiga och tillräckliga villkoren för H. Vid produktbestämning kan detta formuleras som att bestämmningarna  $d_1 \dots d_n$  utgör "orsaken" eller "skälet" till att produkten P fått egenskaperna  $e_1 \dots e_m$ .

med funktion som vardagsrum och med ekparkett som golvmaterial"

- o.s.v.

För varje gång som man tilldelar rummet en ny egenskap ökar rummets grad av bestämdhet.

Man försöker också etablera en hierarkisk struktur i produktbestämningen, så att högre begrepp hänförs till högre nivåer. Så är t.ex. "rumssamband" ett högre begrepp än "rum". Därför vill man helst lösa problemen kring rumssambanden, innan man börjar ta sig an problemen kring det enstaka rummet.

Relativt ofta upphävs emellertid denna ordning, så att man måste revidera företeelser på "rumssambandens nivå", därför att detta påkallats av företeelser på "rummets nivå". Det måste alltid finnas möjligheter till återkoppling mellan de skilda nivåerna.

Det som konstituerar ett klassifikationssystem som system är systemets regler för sökning av information inom systemet självt. Dessa sökregler utgör samtidigt regler för hur designern definierar de objekt som han vill lägga in i CAD-systemet<sup>3</sup>.

## 4.2 EN SYSTEMSYN PÅ BYGGANDE OCH PROJEKTERING

En systemsyn kan hjälpa oss att se problemets hierarki - att se skillnaden mellan de funktioner och samband som förekom-

<sup>3</sup> Vi kan t.ex. se en given mängd information om ett visst byggprojekt som ett normativt (föreskrivande) system. Ett sådant system har, (enligt Piaget 1972) följande tre systemegenskaper: "En struktur är ... ett system av transformationer ... Utmärkande för en struktur är således de tre egenskaperna totalitet, transformationer och självreglering".

Dag Viktor (1977) har omformulerat detta till något begripligare termer:

"Det som konstituerar systemet som system är vissa systemföreställningar

A. Systemet har en självständig existens (är ett möjligt kunskapsobjekt).

B. Systemet är sammanhängande och konsekvent (analyserbart).

C. Systemet innehåller i princip svar på alla tänkbara frågor (om än svaret må vara att frågan inte är relevant).

För att A. ovan skall gälla, måste det vara möjligt att göra utsagor om systemet som i någon mening är sanna.

För att B. ovan skall gälla, måste det vara möjligt att fatta beslut i enlighet med systemet.

För att C. ovan skall gälla, måste systemet innehålla regler om vad som är systemberoende och systemoberoende, d.v.s. relevant eller inte relevant "

mer på olika nivåer.

Den information som man kan ta fram angående ett byggprojekt kan:

- a) föreskriva lösningar av utformningsproblem;
- b) beskriva projektets förutsättningar.

Projektörernas uppgift är att leverera information om byggprojektet i form av ritningar, beskrivningar, förteckningar och specifikationer. Denna information skall föreskriva och beskriva, bestämma, den blivande byggnaden så utförligt, felfritt och pedagogiskt som möjligt<sup>4</sup>.

- Kravet på utförlighet innebär att man önskar att informationen skall omfatta alla relevanta fakta.
- Kravet på felfrihet innebär att informationen inte får innehålla faktauppgifter som är inbördes oförenliga (en komponent bör ha samma mått på samtliga de ställen där den redovisas; faktauppgifter och verkliga sakförhållanden bör dessutom stämma överens).
- Kravet på en pedagogisk redovisning innebär att informationens omfång skall hållas så litet som möjligt, att den skall vara lättfattlig, och att den skall indelas och struktureras så att den anpassas till mottagarens behov.

Bygghandlingar är inte fullständigt färdigbestämda. Detta beror på att det helt enkelt inte är praktiskt att leverera handlingar som är fullständigt bestämda. Således är det nödvändigt för projektören att kunna etablera en lämplig frihetsgrad i projekteringen. På grund av den ofullständiga bestämningen av bygghandlingarna behövs tolkningsregler för hur bygghandlingarnas information om byggprojektet skall tillämpas.

Projektören lägger upp bygghandlingarna strategiskt. Han kanske inte definierar en viss utformning alltför noggrant, för att på så vis kunna skapa utrymme för förhandlingar senare.

<sup>4</sup> Se Alchourron & Bulygin 1971, sid. 5-17, 44-81, 149, 167-170, von Wright 1971, sid. 13-15, och Bergvall & Lundequist 1985, kap. 3.

#### 4.3 NÅGRA KOGNITIONSPSYKOLOGISKA UTGÅNGSPUNKTER

I detta forskningsprojekt har vi tillämpat några få, ganska enkla, kognitionspsykologiska principer<sup>5</sup>. Dessa har givit oss en viktig utgångspunkt för hur informationsmängder bör indelas och hanteras.

Kognitionspsykologin behandlar mänskligt tänkande och problemlösande - hur man kan kommunicera, lära sig nya saker och lösa problem. Man definierar här tänkande som sökning, lagring och bearbetning av symboler.

Vårt minne är indelat i korttidsminne och långtidsminne. Det som lagrats i vårt långtidsminne kan vi i princip aldrig förlora, däremot kan vi "tappa bort det", så att vi inte återfinner den information som en gång lagrades någonstans i det oändligt stora långtidsminnet. Vi lagrar våra intryck och kunskaper i långtidsminnet genom kodning, d.v.s. genom att ge namn eller på annat sätt tilldela ett igenkänningstecken åt en minnesenhet. Kodningen sker ofta hierarkiskt, så att konkreta begrepp inordnas under mer abstrakta begrepp. Så utgör "äpple", "apelsin", "banan" o.s.v. tillsammans klassen "frukt". Namnet på klassen, "frukt", representerar en högre nivå än klassens enskilda medlemmar, som "äpple", "banan" o.s.v.

Korttidsminnet, däremot, är begränsat - i princip kan det endast hantera  $7 \pm 2$  meningsbärande enheter (s.k. chunkar) åt gången. Man kan emellertid förbättra sitt korttidsminne genom omkodning av minnesenheterna. Vad som utgör en "chunk" kan variera. En chunk kan bestå av en enda perception eller föreställning, men den kan också omfatta en helhet eller gestalt, som inordnar en mängd av föreställningar i ett meningsfullt mönster. Vi uppfattar, d.v.s. varsebliver företeelser i vår omvärld i helheter och mönster. (När vi minns en persons utseende, så är det helheten, inte detaljerna som vi återkallar).

Vi organiserar våra minneskunskaper i strukturer, som t.ex. när vi lär oss att räkna upp årets månader kronologiskt (för-

<sup>5</sup> Se Waern & Waern 1984.



sök istället att räkna upp dem i alfabetisk följd!). En av de mest grundläggande mänskliga egenskaperna är vår tendens att organisera kunskaper och intryck i betydelsebärande nätverk.

Vi vill också organisera våra kunskaper på nivåer av olika komplexitet. De strukturer som vi använder i vårt tänkande på en "högre" nivå, skall vara så generella och abstrakta (obemärlade av detaljer) att vi kan koncentrera oss på de problem som är relevanta på just denna nivå (jfr arkitektarbetets traditionella strukturering efter skala, 1:400, 1:200, 1:100 o.s.v.).

Inför varje handling i verkligheten, måste vi först fatta ett beslut om att utföra denna handling. Detta beslut grundas på ett underlag, som består dels av perceptioner direkt från omvärlden, dels av minnesenheter ("chunkar") ur minnet.

Vår sökning i minnet sker genom att vi aktivt konstruerar den begärda minnesenhetens helhet. I detta arbete utgår vi från de små fragment som först blir tillgängliga - och bygger sedan successivt upp hela minnesenheten.

Herbert Simon har formulerat en teori om hur hög kompetens inom ett visst område, t.ex. konsten att spela schack, är länkad till en förmåga att i långtidsminnet hålla fast vid ett mycket stort antal "mönstervokabulärer", d.v.s. undermedvetet erinrade mönster. En mycket skicklig schackspelare ser och känner igen intressanta och relevanta mönster i pjäsernas ställning på brädet. Beslut om påföljande drag fattas utifrån att den skicklige spelaren vet hur man agerar rationellt vid en viss ställning, d.v.s. när ett visst mönster uppträder.

Det typiska för en skicklig och erfaren yrkesmänniska, inom nästan varje tänkbart område, är en stor vokabulär av typiska mönster som hopsamlats via erfarenheter som utvecklats under en lång rad av år<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Efter Peters & Waterman 1987.

#### 4.4 BSAB-SYSTEMET<sup>7</sup>

Inom byggbranschen finns ett stort behov av ett gemensamt informationssystem. Kunskapsmängden har ökat och det är därför praktiskt att ordna informationen på ett gemensamt vedertaget sätt. Ett gemensamt "språk" behövs, dels som sorterings- och sökbegrepp i databaser, dels för att strukturera handlingar i byggprocessen i på ett enhetligt sätt, oavsett om handlingarna framställts med datorstöd eller inte.

Strax efter andra världskriget växte det första branschgemensamma klassifikationssystemet för byggbranschen fram i Sverige - det s.k. SfB-systemet. År 1950 publicerades systemet i Bygg-AMA med "Råd och anvisningar för byggnadsbeskrivare", som gavs ut av SfB-kommittén (Samarbetskommittén för Byggnadsfrågor). I samband med detta gav Svensk Byggtjänst ut den första upplagan av Svensk Byggekatalog. Alla publikationerna var ordnade enligt SfB-systemet. Det internationella UDK-systemet i kombination med SfB-systemet används för byggbibliotek. SfB-systemet för klassificering rönt stort intresse även internationellt och har slagit igenom i många länder.

Inför utgivningen av AMA 72 förelåg önskemål om att samordnade AMA-publikationer skulle utges för Mark, Hus, VVS, Kyl och El kompletterat med Administrativa Föreskrifter. För att kunna genomföra detta bildades Byggandets Samordning AB, BSAB. Tillsammans med Svensk Byggtjänst och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen kom man fram till att ett nytt system skulle utvecklas på basis av SfB-systemet för att få fram en samordnad AMA.

I Sverige kom BSAB-systemet att ersätta SfB-systemet efter utgivningen av AMA 72, men dock inte för klassificering av varuinformation och uppordning av bibliotek. Som sorteringsystem började BSAB-systemet att ta över först i och med AMA 83.

BSAB-systemet av 1983 är i första hand avsett att strukturera informationsflödet mellan å ena sidan byggherrar och beställ-

<sup>7</sup> Ursprungstexten till avsnitt 4.4 har skrivits av Nita Lorimer. Av utrymmesskal har den emellertid redigerats och nedkortats i efterhand.

are och projektörer och å andra sidan byggare och installatörer. Systemet täcker alltså inte alla klassifikationsbehov som förekommer i byggprocessen.

BSAB-systemet är byggt på ett systemtänkande. Bebyggelseprocessen ses som ett system med en förvandling av energi och resurser i en aktivitet med en produkt som resultat (Karlén 1983).

Systemtänkandet är dock inte helt konsekvent genomfört, något som kanske beror på att systemet har växt fram via en förhandling mellan många olika parter (Bullivant & Giertz 1985). I BSAB-systemet klassifieras i allmänhet byggnadens delar efter deras placering och funktion i den färdiga byggnaden. Detta kan innebära problem, då delens placering och funktion i en byggnad utgör klassifieringsgrund, och inte någon inneboende egenskap hos själva delen (Borup 1983).

BSAB-systemets produktklassifieringstabeller är hjälpmedel för att ordna teknisk och ekonomisk information i dokument och databaser. Systemets generation 1983 innehåller två produktklassificeringstabeller: Produkttabellerna 1 och 2.

Med produkt avses i BSAB-tabellerna det planerade eller redan framställda produktionsresultatet på byggplatsen. Varor som byggs in i en konstruktion eller installation via en aktivitet kallas resurser.

Produkttabell 1 är i huvudsak indelad efter produkternas materiella innehåll och den typ av arbetsinsats som behövs för delarnas tillkomst. Den används för klassificering av konstruktioner, monterade apparater o.d. I tabellen finns plats reserverad på varje grupperingsnivå för projektspecifika behov. Dessa kommer i systemet alltid att ha samma slutsiffra, 9.

Produkttabell 2 har den tekniska funktionen i den färdiga byggnaden som huvudsaklig indelningsgrund. Den är avsedd för klassificering av anläggningsdelar, byggdelar och installationssystem. Tabellen är materialanonym, d.v.s. klassificeringsbegreppen är i princip inte knutna till varuresurser. I

produkttabell 2 finns också en plats för "övrigt" på alla nivåer. Produkttabell 2 har 10 huvudgrupper. Den väsentligaste i detta sammanhang är huvudgrupp 3 (hus). Följande huvudgrupper finns:

0	Sammansatt
1	Markanläggningar
2	(Reserverad)
3	Hus
4	(Reserverad)
5	VVS- och kylsystem
6	Elanläggningar
7	Transportanläggningar
8	Styr- och övervakningssystem
9	(Fri för t ex projektspecifik tillämpning)

figur 4.1 Nedan visas P2-tabellens huvudgrupp 3 (hus).

### 3 HUS

<b>30 Sammansatta husbygdelar</b>	30.0	30.1	30.2	30.3	30.4	30.5	30.6	30.7	30.8	30.9
<b>31 (reserverad)</b>	31.0	31.1	31.2	31.3	31.4	31.5	31.6	31.7	31.8	31.9
<b>32 Husunderbyggnad</b>	32.0 Sammansatta delar	32.1 (vakant)	32.2 Schakt, fyllningar	32.3 Markförstärkningar, påbyggnad m m	32.4 Husgrund	32.5 Kullerter, tunnlar	32.6 (vakant)	32.7 (reserverad)	32.8 Huskompletteringar	32.9 Övrigt
<b>33 Husstomme</b>	33.0 Sammansatta delar	33.1 Stomväggar	33.2 Pelarstommar	33.3 (vakant)	33.4 Stombjälklag, balkstommar	33.5 (vakant)	33.6 Trappstommar, hissachaktsstommar	33.7 Yttertaksstommar	33.8 Huskompletteringar	33.9 Övrigt
<b>34 Yttertak; klimatskiljande delar och kompletteringar</b>	34.0 Sammansatta delar	34.1 Kompletterande bänverk, taklagsintäckningar	34.2 Inre klimatskärm	34.3 Yttre klimatskärm	34.4 Takavslutningar	34.5 Öppningskompletteringar	34.6 (vakant)	34.7 Altaner, terrasstak	34.8 Huskompletteringar	34.9 Övrigt
<b>35 Ytterväggar; klimatskiljande delar och kompletteringar</b>	35.0 Sammansatta delar	35.1 Inre klimatskärm	35.2 (vakant)	35.3 Yttre klimatskärm	35.4 (vakant)	35.5 Öppningskompletteringar	35.6 (vakant)	35.7 (vakant)	35.8 Huskompletteringar	35.9 Övrigt
<b>36 Rumsbildning; stomkompletterande delar</b>	36.0 Sammansatta delar	36.1 (reserverad)	36.2 Undergolv o d	36.3 Innerväggar o d	36.4 Innertak	36.5 Öppningskompletteringar	36.6 Invändiga trappor, trappkompletteringar	36.7 (vakant)	36.8 Huskompletteringar	36.9 Övrigt
<b>37 Invändiga yttskikt och rumskompletteringar</b>	37.0 Sammansatta delar	37.1 (vakant)	37.2 Yttskikt på golv och trappor	37.3 Yttskikt på väggar	37.4 Yttskikt i tak	37.5 (vakant)	37.6 (reserverad)	37.7 (reserverad)	37.8 Rumskompletteringar	37.9 Övrigt
<b>38 (reserverad)</b>	38.0	38.1	38.2	38.3	38.4	38.5	38.6	38.7	38.8	38.9
<b>39 Övriga husbygdelar</b>	39.0	39.1	39.2	39.3	39.4	39.5	39.6	39.7	39.8	39.9

## 5. ATT RITA

Processen, projektering - byggande - förvaltning, innehåller många steg som kan ges datorstöd. Av tradition är processen indelad i klart avskilda moment som hanteras av aktörer med skrämmässigt avgränsade ansvarsområden. Vissa av dessa moment är lättare att datorisera än andra. Vissa aktörer är också mer motiverade och har lyckats väl med att datorisera sin verksamhet.

Datorer används idag inom flera olika moment i byggprocessen: ritarbete, hållfasthets- och mängdberäkningar, kalkylberäkningar, beskrivning, tidplanering, produktionsplanering och produktionsstyrning, samt ekonomisk uppföljning.

En datorisering av processen förutsätter att data kan föras över från ett moment till ett annat. Detta i sin tur kräver en enhetlig grund för klassificering av i projektet ingående data. En sådan grund är t.ex. BSAB-systemet.

Några utmärkande drag för dagens CAD-användning inom byggbranschen kan beskrivas enligt följande:

Nu i slutet av 80-talet domineras marknaden av samma minidatorsystem som vid början av decenniet, men de har förbättrats avsevärt. Numera är minidatorsystemen i det närmaste kompletta projekteringshjälpmedel.

En del mikrodatorbaserade system (PC-system) har utvecklats kraftigt i takt med utvecklingen av själva datortypen. För att klara kopplingar av typen ritning - mängdning - beskrivning - kalkyl finns speciellt framtagna delprogram. De PC-baserade CAD-systemen har dock oftast data om projektet inlagda som en ostrukturerad filmängd, vilket medför stora svårigheter vid kontrollen av konsistens och entydighet vid framtagning av olika handlingar.

CAD-system som för 4 - 5 år sedan kunde beskrivas som typiska minidator- eller mikrodatorsystem, t.ex. GDS eller AutoCad, körs idag mest rationellt på en och samma dator-

nivå, d.v.s. små 32-bitars minidatorer, s.k. arbetsstationer.

I ett normalt byggprojekt utvecklas lösningarna såväl från helhet till detalj som från detalj till helhet. Att använda ett CAD-system under hela projekteringsprocessen är numera fullt möjligt. Det är emellertid sällan som detta sker. Särskilt i de tidiga skedena är det ovanligt att CAD utnyttjas. En orsak är att det kan vara svårt för en projektör att få en god överblick över ett projekt med CAD och att det kan vara svårt att behålla känslan för mått och skala efter ett antal zoomningar mot skärmen. Dessutom är de snabba växlingar mellan olika alternativ som karakteriserar det tidiga skisskedet svåra att följa med dagens CAD-system. Detta bidrar till att insatserna med CAD idag oftast påbörjas först i de skeden av projekteringsprocessen där projektet börjat finna sin form.

När en ritning byggs upp i en dators minne med hjälp av ett CAD-system skall den information som läggs in, klassificeras (d.v.s. definieras, avgränsas och sorteras). Grafisk information bör dessutom skiktas på ett logiskt sätt. På så vis kan ritningsframställningen effektiviseras avsevärt jämfört med "manuella" metoder. Vid byggprojektering har en klassifikation som baseras på byggdelar visat sig ge goda möjligheter till rationell ritningsframställning.

Ett byggprojekt kan - som påpekats - representeras som en modell i ett CAD-system, vilket innebär att det i CAD-systemets minne finns "en modell av byggprojektet", en CAD-modell. Genom att komplettera och förfina denna modell kan den byggas ut till en nära nog fullständig representation av byggprojektet. Ur CAD-modellen kan sedan olika typer av handlingar tas fram, vilket bl.a. ger bättre samordning mellan handlingarna, eftersom de har en och samma källa, nämligen de gemensamma datafilerna. Samarbete och kommunikation med andra konsulter kan förbättras om projekteringsarbetet sker mot en gemensam CAD-modell. Ritat material kan föras över via diskett, tape eller modem. Alternativt kan arbetet ske "on line". Ur CAD-modellen kan man få ut mängdlistor, beskrivningar och underlag för kalkyler.

GDS' CAD-teknik är uppbyggd på hantering av olika s.k. objekt. Ett objekt motsvarar normalt en byggdel eller byggkomponent (som t.ex. en dörr, ett skåp, en mellanvägg, ett badrum m.m.). Objektet utgör en ritsymbol, till vilken man kopplat annan information (som t.ex. antal, typ, storlek, plats).

CAD-projektering med GDS innebär att man manipulerar "sina" objekt, d.v.s. bildelementen på CAD-skärmen. Man flyttar, lägger samman, överlagrar, förstorar, deformerar, roterar, kopierar och spegelvänder dessa objekt. Ett objektuppbyggt CAD-program gör bl.a. att CAD-operatören kan lägga samman enkla objekt till mer komplexa enheter, vilka i sin tur hanteras som objekt o.s.v.

## 5.1 DATORN SOM RITVERKTYG

Inom FFNS har GDS-systemet använts sedan 1980. Redan tidigt insåg man att rätt struktur på objektdata var viktig för bl.a. för samverkan mellan (i) rationell ritningshantering, (ii) teknisk samordning och (iii) mängdning av komponenter. Det behövdes en mall för hur grafiska data kunde grupperas och tilldelas objektsnamn.

Klassificering enligt BSAB-systemets byggdelstabell P2 antogs som grund för en sådan mall. P2-tabellen valdes därför att den utgår från en uppdelning i byggdelar på en nivå som är lämplig för uppdelningen av informationen vid rationellt CAD-ritande. Ett annat skäl till valet var att P2-tabellen är allmänt accepterad som sorteringsgrund för byggdelar i byggbranschen. Utgående från P2-tabellen gjordes en namntabell, efter vilken grafiska data skulle döpas, när en CAD-ritning byggdes upp. Efter hand utvecklades och förfinades tabellen så att stora mängder olika objektsnamn blev överblickbara och lätta att arbeta med.

Ett mål var att en och samma CAD-ritning skulle kunna användas för utplottning av en mängd olika ritningar för olika ändamål under projektets gång. En strukturerad uppbyggnad

av CAD-ritningen ger också möjligheter till bättre teknisk samordning. Om flera konsultfack arbetar med en gemensam datamängd, med respektive facks data inlagda i CAD-ritningarna, är det sedan enkelt att använda dessa CAD-ritningar som ett underlag för teknisk samordning.

Mellan aktörer som normalt inte arbetar mot samma dator måste en fungerande kommunikation etableras. En data-tekniskt ideal situation är att olika konsultfack arbetar mot samma dator och bygger upp en gemensam CAD-modell av byggprojektet. I praktiken är det emellertid sällan som det är möjligt att inom ett byggprojekt samarbeta på detta sätt mellan fristående konsultföretag

I och med att grafiska data namnges efter en byggdelsbaserad princip kommer CAD-ritningen att utgöra ett underlag för mängdavgivning på denna nivå.

Var och en av de tre aspekterna (i) "rationell ritningshantering", (ii) "teknisk samordning" och (iii) "mängdning av komponenter" har påverkat de tabeller som tagits fram för att strukturera data i CAD-ritningarna. I det följande kommer aspekterna att diskuteras var och en för sig.

## 5.2 RATIONELL RITNINGSHANTERING

GDS erbjuder faciliteter för att skicka, döpa och sortera grafiska data i en CAD-ritning. Vid byggprojektering med "manuella" ritmetoder förekommer inte något dokument som ensamt ger en heltäckande bild av projektet. Helhetsbilden finns endast som en "mental modell" hos projektören. Han måste själv samordna "aktuell handling" med övriga handlingar.

GDS gör att man kan representera helhetsbilden av byggprojektet som en CAD-modell. Ur CAD-modellen genereras sedan de olika handlingar som behövs. Projektören arbetar mot CAD-modellen och kan hela tiden se hur olika delar förhåller sig till varandra. Även 2D CAD kan klara detta, förutsatt att



man etablerat procedurer för hur 3D-data skall hanteras i 2D.

I ett 2D-system representeras allt som ritas in i två dimensioner, x och y. Med 3D-system avses system där det som ritas in även får z-dimensionen preciserad.

BSAB-systemet erbjuder här en vettig utgångspunkt för strukturering av grafiska data i en CAD-modell. (BSAB-systemets P2-tabell utgör grund för ritningsnumrering och översiktliga beskrivningar av typen byggdelsbeskrivning. Den mer detaljerade P1-tabellen utgör grund för material- och arbetsbeskrivning, AMA och Byggekatalogen).

Det är viktigt att finna objektsnamn som innebär ett stöd för minnet. Objekt som en gång definierats skall återanvändas på alla de ställen där de förekommer, på samma sätt som i det färdiga projektet. Det skall vara lätt att återkalla vissa objektsnamn för kopiering eller att tolka innebörden av olika objekt-koder.

Genom att använda klartext istället för sifferkod för att namnge en byggdel, t.ex. STOMME:PELARE i stället för 33.2, blir arbetet med CAD enklare och säkrare. Vi bedömer det som viktigt att undvika alla onödiga abstraktioner i arbetet med CAD. Detta innebär att de rutor i P2-tabellen som har en förklarande text som består av flera ord, måste ges ett namn i klartext som så nära som möjligt preciserar innehållet i rutan. Detta gäller t.ex. 33.6 som har texten Trappstommar, hisschaktstomme. I detta fall har vi valt att kalla .6 för :SCHAKT. Även om texten på detta sätt har förenklats jämfört med texten i P2-tabellen, så gäller att t.ex. STOMME:SCHAKT står för allt som enligt BSAB avses med 33:6. STOMME:SCHAKT blir genom detta en "mnemonic" av de byggdelar som finns inom den givna rutan 33.6 i BSAB-systemet. (Med "mnemonics" menas ungefär "minnesteknik"). Vid projektering med GDS stämmer byggdelsnivån från BSAB-systemets P2-tabell mycket väl med den objektnivå som finns för sortering av det som ritas in i CAD-modellen.

GDS-systemet ställer upp ett antal regler för hur ett objektnamn får vara uppställt. Varje objektnamn kan vara uppdelat

i en till sex fasetter åtskilda med kolon. I varje fasett får det finnas högst åtta tecken. Å, Ä och Ö får ej förekomma. Detta innebär att de ord i klartext som väljs, ibland måste förkortas och medvetet felstavas för att kunna skrivas som objektnamn. Således har vi valt att skriva t.ex. 36.5, som normalt förklaras med texten "Rumsbildning; Stomkompletterande delar. Öppningskomplettering", med objektnamnet FASAD: OPPNING.

Vid de tester med beskrivning, mängdning och kalkyl som gjorts i detta projekt, har vi emellertid använt en äldre, vid testtillfället mer inarbetad version av objektsnamn. I denna äldre version förkortas objektsnamn ytterligare. Exempelvis förkortas STOMME:PELARE i den äldre versionen till S:P.

För t.ex. en innerdörr är objektsnamnet enligt principen ovan RUMBILD:OPPNING. För att tala om att det är en dörr och inte ett fönster eller annat, som rymts inom begreppet öppningskomplettering, sätts :DORR i tredje fasetten. I fjärde fasetten sätts den aktuella dörrens littera 10A, för att den skall vara klart definierad. Objektsnamnet blir i sin helhet RUMBILD:OPPNING:DORR:10A.

Planritningar i liten skala brukar bli mer lättlästa utan trösklar inritade. Därför läggs den aktuella dörrens tröskel som ett separat objekt. Detta får lämpligen samma objektsnamn som dörren, med den skillnaden att :DORR byts ut mot :TROSSEL. Objektsnamnet blir RUMBILD:OPPNING:TROSSEL:10A.

Dörrens litterabeteckning på ritningarna skall bara vara med på vissa förfrågnings- och bygghandlingar och läggs som en separat del av objektet.

Objekten i en CAD-ritning bildar ett stort och hierarkiskt uppbyggt "overlay"-system, där olika lager kan hanteras individuellt eller gruppvis.

GDS erbjuder dessutom en möjlighet att lägga flera CAD-ritningar över varandra i ett overlay-system på en högre nivå än objektsnivån. Var och en av dessa CAD-ritningar kan, som

påpekats, objektsorteras individuellt. Information som skall förekomma på flera ritningar vid utplottning, t.ex. ritningsblanketten med stämpel och orienteringsfigur, kan hanteras som en egen CAD-ritning. En ändring i t.ex. ritningsstämpeln behöver bara göras en gång, och blir därmed genomförd överallt där den förekommer.

I GDS kan fasta kombinationer av objektsorterade CAD-ritningar definieras och namnges. En sådan fast kombination kallas för ett "window". De inlämningshandlingar som skall tas fram ur projektet, får t.ex. utgöra ett "window".

Eftersom det endast är kombinationen av utsnitt, objektsnamnfasetter och CAD-ritningar som fastställts, lever varje ny utplottning av ett "window" med i vad som hänt med CAD-modellen.

I CAD-projekten har vi låtit byggnadens planritningar bilda en "modell av byggprojektet". Anledningen är att planritningen är den generella ritning där merparten av data om projektet lagras. Planritningen är dessutom det viktigaste instrumentet för samordning mellan de olika konsultfacken. En stor del av mängdningen av komponenter och material kan göras med utgångspunkt från planritningen. Uppställningsritningar kan, under förutsättning att CAD-modellen är riktigt uppbyggd, genereras ur denna med hjälp av speciella "rapporteringsrutiner", vilket minskar riskerna för fel i samordningen mellan planritning och uppställningsritning.

Olika typer av speciella handlingar definieras genom att man anger vilka kombinationer av data, och vilken utsträckning i plan, som skall omfattas av just den plottningen. Ur en och samma datamängd, som representerar ett våningsplan, kan man t.ex. genom rätt vald kombination av data få fram systemhandling, konsultunderlag, byggnadslovhandling, förfrågningsunderlag och handlingar för entreprenader, uthyrningshandlingar (typ bofaktablad) och relationshandlingar.

En CAD-modell används som källa för utplottningar under en stor del av projekteringsprocessen. Idén med CAD-modell innebär att de grafiska data som avser en given komponent,

bara behöver läggas in en gång, för att sedan utgöra underlag till alla de handlingar där denna komponent är redovisad på något sätt.

Erfarenheten visar att CAD-tekniken påvisar var behov av tidig precisering finns. Detta kan påverka beslutsprocessen, så att vissa beslut tidigareläggs, jämfört med konventionellt ritade projekt. Ofta är det dock i ett tidigt skede av projekteringen nödvändigt att arbeta med en prototyp, som inte är definitivt preciserad. Efter hand som projektets detaljeringsgrad ökar, byts prototypen ut mot en mer preciserad komponent.

Sådana byten av objekt är lätta att genomföra. Ett fönster av en viss typ kan lätt bytas ut mot ett fönster av annan typ. Även om bytet gäller ett stort antal fönster, är det snabbt genomfört.

Ändringar som berör strukturen i byggnaden är svårare att utföra med CAD. Vid en ändring av rumsmåttet utmed en fasad, med därav följande ändring av bärande system, erbjuder CAD knappast någon fördel jämfört med konventionell projektering vad gäller snabbhet i genomförandet. Denna typ av ändring innebär oftast en prövning av en mängd olika villkor i modellen som ej kan "mekaniseras" i dagens CAD-system.

CAD-tekniken bör helst användas under större delen av projekteringen. Detta förutsätter att det material som läggs in tidigt på CAD-ritningarna kan användas även senare. Detta kräver att CAD-projektet ges en homogen objektsnamnstruktur redan från början.

Under det inledande skissarbetet kan det vara nödvändigt att använda helt andra objektclasser än de BSAB-relaterade. Det är troligt att man istället bör använda objekt som omfattar funktioner, plansnitt eller samband. Det innebär att när byggprojektet senare skall preciseras på byggdelnivån, måste grafiken, och därmed objektsnamnen, spjälkas upp på nya objekt.

### 5.3 TEKNISK SAMORDNING

Att arbeta mot en CAD-modell är en lämplig metod för teknisk samordning mellan olika fack. Eftersom CAD-ritningarna utgör en modell av byggnaden, kan inte motsatta uppgifter om samma företeelse förekomma på ritningarna. Därmed är en vanlig orsak till samordningsfel eliminerad.

Dessa möjligheter till teknisk samordning innebär att två fackkonsulter, t.ex. A och K kan arbeta uppkopplade mot samma filer - och att de kontinuerligt kan följa på bildskärmen hur eget material förhåller sig till medkonsultens material.

Detta kan illustreras med en praktisk tillämpning i GDS: A och K arbetar inom respektive ansvarsområden med samma byggprojekt. De har var sin ritningsfil ("drawingfile") i datorn, där de ensamma har rätt att ändra i materialet ("skrivrättigheter"). Allt som förekommer en gång i det färdiga huset redovisas bara en gång i CAD-modellen. K har allt som berör stommen i sin ritningsfil, och A har återstoden - stomkomplettering, rumskomplettering m.m.

Med stöd av P2-tabellen kan även gränserna mellan olika konsulter ansvarsområden definieras.

A och K kan enkelt få upp önskade delar av medkonsultens material på sin bildskärm. Genom att både A och K namnger och avgränsar sina objekt efter samma principer - typ BSAB's P2-tabell, kan intressanta delar av medkonsultens CAD-ritningar tas fram, och läggas som delar i de fasta objektkombinationer som man använder sig av (s.k. "windows") för att definiera utplottningar.

A kan etablera fasta kombinationer, "windows", som innehåller de delar av K-ritningarna som är av intresse för A-ritningarna. Om K flyttar en pelare på sin ritning, flyttas den även på arkitektens ritning. Detta sätt att arbeta mot en delvis gemensam CAD-modell ställer nya krav på de inblandade. Om A vill genomföra en ändring som berör stommen, måste han komma överens med K, som sedan konkret utför ändringen. På samma sätt finns t.ex. en utfackningsfasad enbart på A-rit-

ningen och utgör där en byggdel som styr bjälklagskantens läge på K-ritningen.

Man tar således ett ansvar även för medkonsultens ritning, eftersom den är beroende av den egna ritningen. Det är viktigt att överenskomna revideringar genomförs i rätt tid av alla CAD-projektörer i projektet. De objektsnamn som är av intresse för medkonsulten måste hanteras med noggrannhet och större krav ställs på en riktigt utförd klassificering. På samma sätt kan hela konsultgruppen arbeta med sammankopplade ritningsfiler i datorn.

Detta sätt att arbeta med delvis gemensam CAD-modell ställer stora krav på de inblandade att följa gemensamma riktlinjer i form av tidplaner, objektstrukturer, ritningsnumrering m.m. Även om två eller flera av fackkonsulterna arbetar mot samma dator, kan det vara viktigt att man tar kopior av varandras material, samt att man inte är beroende av det utseende som medkonsultens CAD-ritningar har för stunden.

I regel sätts konsultgrupper samman efter andra premisser än om de råkar förfoga över ett gemensamt datasystem, något som gör att den beskrivna situationen med flera fackkonsulter uppkopplade mot en och samma dator i praktiken ofta är svår att förverkliga.

Om de olika konsultfacken arbetar mot olika datorer, bör istället varje fackkonsults CAD-ritningar skickas via modem, tape eller annat datamedia, för att ge underlag till de andra konsulternas CAD-ritningar. Detta kan fungera även om avsändare och mottagare använder olika CAD-program. Dataöverföringen kräver då en konvertering, som ser till att grafik och datastruktur bevaras i sin ursprungliga form efter inläsningen i det mottagande CAD-systemet.

figur 5.1

## Objektsdöpnig BSAB-P2 klassifikationstermer.

A-APPLIKATION	.0	.1	2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
3 2	UBYGG: SAMMAN:		SCHAKT:	MARK:	GRUND:	KULVERT:			KOMPL:	OVRIGHT:
3 3	STOMME: SAMMAN:	VEGG:	PELARE:		BJELKLAG:		SCHAKT:	YTTERTAK:	KOMPL:	OVRIGHT:
3 4	YTTERTAK: SAMMAN:	BERVERK:	IKLIMAT:	YKLIMAT:	AVSLUT:	OPPNING:		TERRASS:	KOMPL:	OVRIGHT:
3 5	FASAD: SAMMAN:	IKLIMAT:		YKLIMAT:		OPPNING:			KOMPL:	OVRIGHT:
3 6	RUMBILD: SAMMAN:		UGOLV:	VEGG:	INNERTAK:	OPPNING:	TRAPPA:		KOMPL:	OVRIGHT:
3 7	RUMKOMPL: SAMMAN:		GOLVYTA:	VEGGYTA:	TAKYTA:				KOMPL:	OVRIGHT:

## ÖPPNINGSKOMPLETTERING

3:e faseten

FONSTER:
FONSDÖRR:
DÖRR:
BRANDDÖRR:
PARTI:
TREPARTI:
METPARTI:
PORT:
LUCKA:

I stället för Å Ä och Ö användes A, E och O. Sifferkoder läggs som property-data på varje klass. Menyn förses naturligtvis med normalstavad klartext tillsammans med klasstermerna, objektskoden, för snabbare inläring.

N.B. diskrepansen i matrisen för koderna 33.1 och 36.3 resp. 34.2 och 35.1!

BSAB P2 "Nära klartext-mnemonics".

Lättidentifierbar objektskod framförallt nödvändig för återvinning av bortglömd information och samordning mellan olika användare.

En sådan överföring kan organiseras genom att en gemensam CAD-modell upprättas med de delar av CAD-ritningarna som är gemensamma för flera fack. Den som ansvarar för t.ex. stommen skall då se till att CAD-modellen alltid innehåller en aktuell version av de delar av stommen som är intressanta för medkonsulterna. Övriga användare går regelmässigt till CAD-modellen och hämtar nytt material därifrån.



## 6. ATT BESKRIVA

En av delfrågorna i forskningsprojektet gällde hur en strukturerad ritningsfil bör byggas upp, för att bli ett användbart underlag för beskrivningar.

En viktig utgångspunkt är att man skall kunna ta fram beskrivningen, samtidigt som projektet ritas. Beskrivningen kan då bidra till utformningsarbetet, genom att tillsammans med ritningarna utgöra beslutsunderlag i tidiga skeden. Ett konkret exempel är användningen av byggdelsbeskrivningen som underlag för tidig kalkyl, som sedan i sin tur utgör underlag för beslut i utformningsfrågorna.

### 6.1 BAKGRUND

En test genomfördes för att studera hur beskrivningstext kan genereras ur en CAD-modell. Vissa delfrågor diskuterades under studiens gång:

- Kan ritningsfilen/CAD-modellen struktureras så att en beskrivning eller prototyp till beskrivning kan tas fram automatiskt ur denna? Vilka typer av beskrivningar lämpar sig för att tas fram på detta sätt?
- Vilka är fördelar och nackdelar med detta arbetsätt? Är det risk att ritprocessen blir tyngre och mer krävande?
- Ett välkänt problem vid CAD-projektering är svårigheten att få överblick över det som lagts in. Kan byggdelsbeskrivningen bidra till att avhjälpa detta problem? Blir en byggdelsbeskrivning uppställd efter byggdelstabell 2 ett värdefullt dokument i CAD-processen över vad som lagts in?

Tekniska beskrivningar görs i olika skeden av byggprocessen och har olika ändamål<sup>1</sup>. I tidiga skeden av byggprocessen

<sup>1</sup> Vi följer här fr.a. anvisningarna i BSAB-systemet. Svensk Byggtjänst Rekommendationer nr 6. Jfr BSAB-systemet, tabeller och tillämpningar, AB Svensk Byggtjänst, 1987.

görs översiktliga beskrivningar av projektets tekniska funktioner och upp- byggnad. Innehållet i sådana beskrivningar ordnas med hjälp av BSAB-systemets Produkttabell 2.

Översiktliga tekniska beskrivningar används också ibland vid anbudsfrågan för s.k. tidig upphandling. Vanligast är dock att man använder de översiktliga beskrivningarna som underlag för tidiga kalkyler och alternativstudier, som underlag för detaljprojektering, samt som dokumentation vid kontakter med byggmyndigheter, långgivare, lokalbrukare m.fl. Använt på detta sätt kan en översiktlig teknisk beskrivning ge ett bra beslutsunderlag inför den fortsatta produktbestämningen.

I detaljprojekteringsskedet upprättas tekniska beskrivningar över hur projektets olika delar skall utföras och vilka bygg- och installationsvaror som skall användas. Innehållet i sådana beskrivningar ordnas antingen enligt BSAB-systemets Produkttabell 1 eller enligt Produkttabell 1 och 2 i kombination. Detaljerade tekniska beskrivningar används vid anbudsfrågan, entreprenadupphandling och byggproduktion. Denna typ av beskrivningar brukar upprättas i anslutning till AMA. Här kan man med fördel använda datorstöd.

Tekniska beskrivningar ingår även i relationshandlingar och i drift- och underhållsinstruktioner. Innehållet i dessa beskrivningar bör ordnas enligt BSAB-systemets Produkttabell 2 eller Produkttabell 1 och 2 i kombination.

Handlingarna till ett projekt kompletterar varandra. De tekniska beskrivningarna brukar ha en central roll bland kontrakts- handlingarna för entreprenadarbeten<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Handlingarnas rangordning framgår av AB 72 kapitel 1 par 4.

## 6.2 OLIKA TYPER AV BESKRIVNINGAR MED EN CAD-MODELL SOM UNDERLAG

Vi har analyserat tre olika typer av beskrivningar och hur de kan tas fram ur en CAD-modell.

### 1) Byggdelsbeskrivning.

Byggdelsbeskrivningen är en översiktlig beskrivning av projektets tekniska funktioner och uppbyggnad. En byggdelsbeskrivning ställs normalt upp efter BSAB-systemets Produkttabell 2. Denna typ av beskrivning brukar göras i projektets tidiga skeden. Det förekommer dock relativt ofta att man hoppar över detta arbete. Byggdelsbeskrivningens funktion är fr.a. att tillsammans med ritningar utgöra ett underlag för tidig kalkyl. I Byggnadsstyrelsens anvisningar för systemhandlingar utpekas den som ett viktigt dokument.

En byggdelsbeskrivning kan tas fram ur en CAD-modell i GDS. Enligt vår erfarenhet är det en fördel om denna har en objektstruktur uppbyggd efter P2-tabellen. Objekten bör vara kompletterade med "property-data" som innehåller beskrivningstext eller refererar till listor med beskrivningstext. Med hjälp av ett Basic-program kan CAD-modellen "scannas" (=avläsas) och en grov byggdelsbeskrivning erhållas.

### 2) Rumsbeskrivning.

Ur en ritningsfil med planritningar i GDS kan en rumsbeskrivning tas fram, om specifikationstexten för golv, socklar etc läggs in på ett speciellt objekt som innehåller rumsnamnet (rumsnumret) på ritningen - som egenskaper ("properties"). Med hjälp av GDS' rapportfunktioner erhålls sedan en rumsbeskrivning som ordnats efter rumsnummer. Genomförda tester visade att denna metod kan användas för att få fram en komplett rumsbeskrivning med CAD. Här finns emellertid ingen automatisk koppling mellan ritning och beskrivning. Metoden har inga nämvärda fördelar jämfört med att ta fram en rumsbeskrivning helt separat från CAD-modellen.

Ett annat sätt är att lägga specifikationstexten på respektive byggdel, så att texten läggs som "properties" på objekt som representerar golv, socklar, väggar, tak och utrustning. Vissa av dessa objekt är överflödiga för ritningsredovisningen (t.ex. socklarna) och läggs in enbart för att bära den text som behövs för att beskriva socklarna. Genom att rita in särskilda rumsomslutande objekt kan dessa utgöra gräns vid en avsökning efter de objekt som finns i varje rum. Rumsbeskrivningen genereras sedan ur specifikationstexten för de byggdelar som befunnits tillhöra rummet. Något test av denna typ av rumsbeskrivning gjordes inte under detta FoU-projekt. SKANSKA har tagit fram en liknande metodik, som en applikation till CAD-systemet Medusa.

Detta arbetssätt ger en bra samordning mellan CAD-modellens grafik och rumsbeskrivningen. Uppbyggd på detta sätt utgör grafiken med viss överarbetning även ett bra underlag för mängdavgivning. Arbetssättet kan emellertid antas betunga ritprocessen avsevärt, speciellt i relativt tidiga skeden av projekteringsprocessen.

Det som tynger processen är följande:

- En revidering av rumsgrafiken måste utföras med hjälp av samordnade rutiner som ser till att de rumsomslutande objekten följer sina nya begränsningar.
- Övriga, för grafiken "överflödiga", men till rummet relaterade objekt måste också flyttas med speciella rutiner.
- All beskrivningstext måste redigeras inom CAD-systemet, vilket detta är dåligt lämpat för i dagens läge.

### 3) Material- och arbetsbeskrivning.

Det innebär ett mycket omfattande arbete att lägga in all beskrivningstext på grafiken i en CAD-modell för att sedan få ut en komplett material- och arbetsbeskrivning ur denna. Arbetssättet ställer stora krav på CAD-projektören som måste kunna beskriva. Dessutom betungas ritprocessen avsevärt jämfört med ett "vanligt" CAD-ritande. Nedan skisseras hur ett sådant system skulle kunna arbeta:

AMA-koder lägges som "properties" på CAD-modellens objekt. Dessa koder utgör nycklar till beskrivningstexter i ett beskrivningsprogram. Material- och arbetsbeskrivningen kan sedan definieras i sina huvuddrag i GDS och färdigställas i ett beskrivningsprogram.

### 6.3 FALLSTUDIE

Fallstudien innebar att en CAD-modell i GDS byggdes upp på sådant sätt att den gav underlag för en automatisk framtagning av en byggdelsbeskrivning. GDS-systemets "objectcodes" byggdes upp efter BSAB's Produkttabell 2 och "properties" med beskrivningstext lades på systemets "objects". Genom "scanning" av valda delar av CAD-modellen fick vi fram en prototyp till byggdelsbeskrivning.

Målet var att finna en metod där projektören kan lägga in beskrivningstext i CAD-modellen samtidigt som han ritar projektets planritningar med CAD. Under hand som byggprojektet preciseras allt mer, skall allt mer detaljerade uppgifter kunna läggas in i CAD-modellen. CAD-systemet bör dessutom hjälpa projektören att inte av misstag lägga olika beskrivningstext på byggdelar som är identiska. Systemet bör hjälpa projektören att få överblick över vilka texter som blivit inlagda, och på vilken nivå byggdelarna beskrivits.

Ett Basic-program togs fram. Med hjälp av detta program lades beskrivningstext in som "properties" på "objects" ur CAD-modellen.

Inom byggdelsbeskrivningen skall normalt allt som sägs i en beskrivningstext på en högre nivå, t.ex. "stomme"-nivån, gälla även för alla begrepp på lägre nivåer - d.v.s. alla de begrepp som sorterar under det överordnade begreppet. Under "stomme" sorterar t.ex. "pelare", "balk" etc. I GDS innebär detta att "properties" lagda på "object" STOMME: också gäller som "properties" för "object" STOMME:PELARE, såvida man inte lagt in en annan och avvikande beskrivningstext direkt på den lägre nivån.

Det som läggs in som "properties" fungerar som anteckningar som förs in efter hand som projekteringen framskrider. De påverkar inte grafiken. Programmet lägger "properties" på "objects" som namngivits enligt en objektnamnlista, vilket gör det möjligt att hålla ordning och knyta ihop uppgifter på olika nivåer inom objektshierarkin. Objektnamnlistan är en tabell i GDS som visar hur olika objektnamn förhåller sig till varandra, oavsett om de representeras grafiskt på någon CAD-ritning eller ej.

I ett byggprojekt kan uppgifter om material, stomsystem o.s.v. finnas framme i ett tidigt skede. Dessa uppgifter kan läggas in som beskrivningstext högt upp i objektstrukturen t.ex. på det tomma objektet STOMME: för stommen eller på objektet STOMME:PELARE för alla pelare som ingår i stommen.

Sådan beskrivningstext på högre nivå i strukturen hamnar således på grafiklösa objekt ur objektnamnlistan och inte på givna grafiska objekt i CAD-modellen. Projektören skriver då objektnamn istället för att peka på objekt. På den mest preciserade nivån läggs beskrivningstexten direkt på de objekt som är ritade på CAD-ritningarna.

Programmet ser till att alla objekt med ett visst namn t.ex. STOMME:PELARE:500x200:LIMTRE alltid har samma uppsättning egenskaper - "properties". Om ett objekt i projektet ges en egenskap, så tilldelas alla andra "objects" med samma namn samma egenskaper. Objekt med avvikande egenskaper måste följaktligen ges nya namnlittera.

När egenskaper läggs in på en lägre nivå läggs automatiskt refererande text in på högre nivå i objektstrukturen, så att förekomsten av en avvikelse kan avläsas. Hela kedjan av objekt uppåt i namnlistan berörs. Saknas något objekt i kedjan, så skapas ett "tomt objekt" av programmet. När ett objekt på lägre nivå förses med beskrivningstext, förses således alla objekt på högre nivåer med en varning för att avvikande uppgifter förekommer på lägre nivå.

Den beskrivningstext som gäller för ett objekt kan man få fram, genom att peka på objektet eller genom att ställa samman objektnamn till en objektsökfil. Två standardsökfiler finns.

- Objektsökfilen "BSAB 1" medför en avsökning av den beskrivningstext som gäller generellt för projektet på BSAB-systemets högsta nivå (STOMME, FASAD, YTTERTAK o.s.v.).
- Sökfilen "BSAB 2" medför avsökning på BSAB-systemets två första nivåer.

Man kan även referera till egna objektsnamnsfiler eller till objektfiler som genererats av något avsökningsprogram. (Vid avsökning på en viss nivå kommer de objektsnamn på närmast lägre nivå, som också försetts med beskrivningstext, att redovisas som underlittera under rubriken SUB-OCD DEF).

Vid avsökning av någon av sökfilererna redovisas objektens beskrivningstext, ordnad enligt objektshierarkin. Programmet skriver således ut den text som gäller för varje efterfrågat objekt. Dessutom sker utskrift av den text som gäller för objektet på samtliga överordnade nivåer.

Som testprojekt<sup>3</sup> valdes bostadsprojektet Jarlaberg 2. I projektet användes en ritningsfil som representerade ett trapphusblock i 7 plan med anslutande lägenheter. Beskrivningsprogrammet användes för att lägga in beskrivningstext som "properties" på objekt på olika nivåer i CAD-modellen.

Med hjälp av filerna BSAB 1 och BSAB 2 kunde en utskrift av den inlagda beskrivningstexten relaterad till byggdelarna tas fram.

#### 6.4 KOMMENTARER

I detta delprojekt testades möjligheterna att bygga upp en CAD-modell för ritningsproduktion på sådant sätt att den

<sup>3</sup> Ritat av FFNS i Stockholm Studio nr 2 åt Skarnes 1986-1988.

även kan utgöra underlag för byggdelsbeskrivning. Valet av byggdelsbeskrivning framför andra typer av beskrivningar, berodde på att den ansågs vara ett värdefullt dokument för beskrivning av ett projekt i ett relativt tidigt skede av utformningsprocessen. Byggdelsbeskrivningen är dessutom ett värdefullt dokument som underlag för tidig kalkyl.

Den metod som testades var att med hjälp av ett Basicprogram lägga in beskrivningstext ända ned på byggdelsnivå i en CAD-modell. Metoden testades endast i liten skala och i ett husprojekt där CAD-ritningarna redan var färdiga. Trots dessa begränsningar visade testet att beskrivningstext enkelt och när som helst kan läggas in på valfri nivå i ett projekt. På byggdelsnivå lades texten in direkt kopplad till den grafik som representerar respektive byggdel. Beskrivningstexten kunde sedan skrivas ut kopplad till byggdelarna, och uppställd efter BSAB-systemets principer.

Fördelarna med att koppla beskrivningen till CAD-modellen är att samordningen mellan ritning och beskrivning förbättras, eftersom samma person gör båda dessa insatser. I hårt tidspressade lägen kan detta emellertid vara en nackdel, då byggprojektet i sin helhet kan tas fram snabbare om flera personer kopplas in för att utföra olika moment.

Testet visar att en byggdelsbeskrivning framtagna enligt ovan bidrar till ordningen och överblicken i ett CAD-projekt både för CAD-projektören och för avnämaren.



figur 6.1 Exempel på beskrivningsunderlag

```

PROJECT: <FFNS>FFN>#22.0085>JARLAB.FGB
DATE:    05 OCT 88-11.26.30
=====
Objects from file '*>LISTOBJ'
'!' implies a selected OCD.      ( ) implies a generated OCD.
=====
(RB:/O)
SUB-OCDS DEF.  :OP :IV :
DEFINITION     RUMSBILDNING: Stomkompletterande delar.
BSAB KOD       36
TYPUTFÖRÄNDE  GIPS PÅ STALREGELSTOMME
               LINOLEUM OCH PARKETT PÅ GOLV
UTF.STANDARD   NORMAL BOSTADSSTANDARD
-----
(RB:OP/O)
SUB-OCDS DEF.  :TD :
DEFINITION     ÖPPNINGSKOMPL. I RUMSBILDANDE BYGGDEL
BSAB KOD       36.5
-----
! RB:OP:D:09A:V/O..Explicit properties not yet assigned.
-----
! RB:OP:D:09B:H/O
OBJEKTHÖJD I MM  2110
-----
! RB:OP:D:09B:V/O..Explicit properties not yet assigned.
-----
! RB:OP:D:09Z:H/O
OBJEKTHÖJD I MM  2110
-----
! RB:OP:D:09Z:V/O..Explicit properties not yet assigned.
-----
(RB:OP:TD/O)
SUB-OCDS DEF.  :10A :
-----
(RB:OP:TD:10A/O)
SUB-OCDS DEF.  :H :
-----
! RB:OP:TD:10A:H/O
DEFINITION     ENTREDÖRR TILL LAGENHET
BRANDKLASS     B15
OBJEKTHÖJD I MM  2100
-----
FILE '*>PTRBOP'

```

figur 6.2 Exempel på beskrivningsunderlag

PROJECT: <FFNS>FFN>#22.0085>JARLAB.FGB  
 DATE: 06 OCT 88-14.58.40

=====  
 Objects from file '\*>ORBIVS'

'!' implies a selected OCD. ( ) implies a generated OCD.  
 =====

-----  
 (RB:/0)

SUB-OCDS DEF.	:OP :IV :
DEFINITION	RUMSBILDNING: Stomkompletterande delar.
BSAB KOD	36
TYPUTFÖRÄNDE	GIPS PÅ STÅLREGLSTOMME LINOLEUM OCH PARKETT PÅ GOLV
UTF.STANDARD	NORMAL BOSTADSSTANDARD

-----  
 (RB: IV/0)

SUB-OCDS DEF.	:02A :02C :03 :07 :
DEFINITION	INNERVÄGGAR:
BSAB KOD	36.3
TYPUTFÖRÄNDE	MURAD LÄTTBETONG GIPSSKIVA PÅ STÅLREGLAR

-----  
 ! RB: IV:02A/0

DEFINITION	SCHAKTVÄGG OCH INKLÄDNAD
BRANDKLASS	A30
MATERIAL	13mm GIPSSKIVA 45mm STÅLREGL

-----  
 ! RB: IV:02C/0

DEFINITION	SCHAKTVÄGG OCH INKLÄDNAD
BRANDKLASS	A15
MATERIAL	13mm GIPSSKIVA 45mm STÅLREGL

-----  
 ! RB: IV:03/0

DEFINITION	RUMSSKILJANDE I LAGENHET
MATERIAL	13mm GIPSSKIVA 45mm STÅLREGL

-----  
 ! RB: IV:07/0

DEFINITION	GIPSVÄGG MED PLATS FÖR ELDRAGNING
MATERIAL	13mm GIPSSKIVA 95mm STÅLREGL

-----  
 ! RB: IV:20/0

DEFINITION	VÄGG MELLAN KLK & KÖK
MATERIAL	13mm GIPSSKIVA 70mm STÅLREGLAR

-----  
 (S:/0)

SUB-OCDS DEF.	:P :V :
DEFINITION	HUSSTOMME: BÄrande och stabil. delar.
BSAB KOD	33

figur 6.3 Exempel på beskrivningsunderlag

PROJECT: &lt;FFNS&gt;FFN&gt;#22.0085&gt;JARLAB.FGB

DATE: 05 OCT 88-11.28.30

Objects from file 'FFN&gt;BSAB1'

"! " implies a selected OCD. ( ) implies a generated OCD.

! HU:/0

DEFINITION	HUSUNDERBYGGNAD:
BSAB KOD	32
TYPUTFÖRÄNDE	GRUNDSULA UNDER KÄLLARE
	TEKNIKGRUND MED BALK PÅ PLINT
HANTERING	GRUNDLÄGGNING PÅ BERG
	PLANSPRÄNGNING ERFORDERLIG
MATERIAL	250mm BETONG

! I:/0

SUB-OCDS DEF.	:SA :
DEFINITION	INSTALLATIONER:
BSAB KOD	52
UTF.STANDARD	NORMAL BOSTADSSTANDARD

! O:/0

DEFINITION	ÖVRIGA HUSBYGGDELAR
BSAB KOD	39

! RB:/0

SUB-OCDS DEF.	:OP :IV :
DEFINITION	RUMSBILDNING: Stomkompletterande delar.
BSAB KOD	36
TYPUTFÖRÄNDE	GIPS PÅ STÅLREGELSTOMME
	LINOLEUM OCH PARKETT PÅ GOLV
UTF.STANDARD	NORMAL BOSTADSSTANDARD

! RK:/0

SUB-OCDS DEF.	:AB :YG :YV :YT :RU :KO :KS :
DEFINITION	INVÄNDIGA YTSKIKT OCH RUMSKOMPLETTERINGAR
BSAB KOD	37
UTF.STANDARD	NORMAL BOSTADSSTANDARD

! S:/0

SUB-OCDS DEF.	:P :V :
DEFINITION	HUSSTOMME: BÄrande och stabil. delar.
BSAB KOD	33
TYPUTFÖRÄNDE	BETONGELEMENT
BRANDKLASS	A120
LJUDABSORPT.	45dB

! TA:/0

DEFINITION	YTERTAK: Klimatskiljande delar och kompl.
BSAB KOD	34



## 7. ATT MÄNGDA

En av delfrågorna i detta forskningsprojekt är: Hur skall CAD-modellen byggas upp för att möjliggöra att den kan användas som underlag för mängdning.

I ett typiskt byggprojekt behöver man vid olika tillfällen ta reda på vilka mängder av olika byggdelar som ingår i projektet. I de tidiga skedena av byggprojektet behövs en grov uppskattning av mängderna som underlag för kalkyl, när projektets utformning och därmed dess kostnader fortfarande går att påverka. I senare skeden av byggprojektet behövs en mer detaljerad mängdning för att ge underlag för anbudsgivning och upphandling. Under produktionsskedet behövs styckemängder av komponenter samt ytor och volymer av de olika material som ingår i projektet. Här är kravet på precision i mängdningen stort. Dessutom kan man behöva dela upp mängderna efter etappindelningen av byggproduktionen.

### 7.1 ARKITEKTENS PERSPEKTIV PÅ MÄNGDNING

En övergripande målsättning för hela detta forskningsprojekt har varit att all analys och utveckling av datorbaserade arbetsmetoder och redskap skall utgå från arkitektens speciella sätt att arbeta. En utgångspunkt har således varit att utveckla metoder för mängdning som ger information och beslutsunderlag redan ganska tidigt i projekteringsprocessen. Den mängdning som avses bör därmed fr.a. ge underlag för tidiga kalkyler på byggnivån, t.ex. för ekonomisk utvärdering av olika utformningsförslag. Denna typ av mängdning utvecklas och redovisas under kapitel 8 "Att kalkylera".

Vi har också gjort några test av mängdning på en betydligt mer detaljerad nivå, något som redovisas i detta kapitel. Avsikten var att undersöka om en strukturerad ritningsfil/CAD-modell i GDS kan byggas upp så, att den dels kan tjäna den tidiga projekterings behov, dels ändå utgöra underlag för en detaljerad mängdning - som ju bör vara så detaljerad att en

entreprenör kan använda den för upphandling och produktion.

## 7.2 FALLSTUDIEN: KOPPLINGEN RITNINGSDATABAS - MÄNGDNING

För att man skall kunna göra en mängdning via en CAD modell, måste varje mängd vara redovisad i ritningsfilen av någon "bärare".

Ett exempel: på den konventionella planritningen redovisas t.ex. inte vägg ovan dörr eller fönster. För att dessa väggytor skall kunna mängdas, måste de på något sätt vara representerade i CAD-modellen. Detta kan t.ex. åstadkommas genom att väggen ovanför dörren eller fönstret ritas in i ritningsfilen som ett objekt som inte syns vid utplottning. Dörrar och fönster kan ges "property data" som anger väggmängderna, eller också kan ett program generera väggar enligt vissa antaganden.

I GDS är objektnamnet nyckeln till mängdningen. Om man t.ex. vill mängda olika typer av mellanväggar, så måste dessa ha ritats med separata objektnamn.

### 7.2.1 Fallstudien: Val av arbetsmetod

Mängdning av antal hanteras rutinmässigt av CAD-systemet. För granskning av "inmatningsfel" och för sammanställning av mängdningsprotokoll valdes invändiga dörrar och glaspartier som testobjekt.

Materialmängdning testades på invändiga väggar. Denna byggnadsdel förändras ofta under projekterings gång, såväl till typ som utsträckning. Mängdning av volym i detta sammanhang innebär att det är volymen av de i varje väggtyp ingående materialen som mäts. Vid denna typ av mängdning uppmärksammas också problem rörande redovisning av de

byggdelar som normalt ej är representerade på en normal planritning, som t.ex. fönsterbröstningar och överstycken.

Mängdning av areor och "volymer" av olika byggdelars utbredning utfördes på för testet speciellt inlagda objekt då det i projektet inte fanns några lämpliga byggdelar inritade.

Till ett objekt med ett objektsnamn, kan man knyta data av ickegrafisk karaktär, "property data". De kan exempelvis ange ett objekts utsträckning i tredje dimensionen eller vilka material objektet består av. För att kunna tilldela varje objekt rätt egenskaper måste objektsindelningen, d.v.s. namngivningen, följa vissa principer.

I första hand följer objektsdefinitionen indelningen i byggdelar efter BSAB-systemets P2-tabell. Därefter följer en finare detaljering på byggdelsnivån. Slutligen görs en sortering efter speciella egenskaper hos varje byggdel.

Exempel:

Invändiga väggar definieras av ett eget objektsnamn, "RUMBILD:VEGG" (Rumsbildning:Väggar).

Varje vägg som i fråga om egenskaper som ingående material, egen höjd eller tjocklek skiljer sig från övriga väggtyper definieras som en egen väggtyp med hjälp av en unik tredje fasett i objektsnamnet, "RUMBILD:VEGG:05".

Skillnader i krav på brandklass och ljudisolering genererar också unika typer, "RUMBILD:VEGG:06".

Väggar räknas i allmänhet sträcka över hela den höjd som representeras av "plansnittet" (från golv till tak) men förekommer en vägg med avvikande höjd innebär också detta en ny väggtyp, "RUMBILD:VEGG:05:A".

För varje väggtyp, eller objektsnamn, lägger man in uppgifter (property data) om vilka material som ingår "gipsskiva, mineralull", vilken materialtjocklek det gäller "13 mm resp. 70 mm" och en relativ mängdangivelse av typen " $2\text{m}^2/\text{m}^2$  vägg,

resp.  $0,5 \text{ m}^2/\text{m}^2$  vägg " för varje materialsort.

Med "relativ" avses här att materialmängden står i ett visst fast förhållande till objektets utsträckning. Objektets utsträckning beräknas som en konstant gånger objektgrafikens linjelängd. Konstanten kompenserar för att en vägg är ritad med dubbla linjer. I förekommande fall tillfogas numeriska uppgifter om höjd, brandklass och ljudisolering eller andra karakteristika.

### 7.2.2 Fallstudien: Val av testprojekt

Test och utvärdering av mängdningsrutiner genomfördes som en fallstudie. Som testobjekt valdes ett av FFNS' projekt i Stockholm, ett kontorshus i sju plan beläget i Mörby Centrum, Östra Klingsta (se figur 7.1).

Projektet kan kortfattat beskrivas som följer. Planformen är kvadratisk med kontorslokaler i U-form runt en gård. De två nedersta planen, i och under marknivå, används för parkering och tekniska utrymmen och bygger under den överglasade gården. I översta planet finns fläktrum. Taket är brutet och takplanen förskjutna i höjddled vilket ger en förändring i form för varje plan trots en generell likhet inom fastigheten.

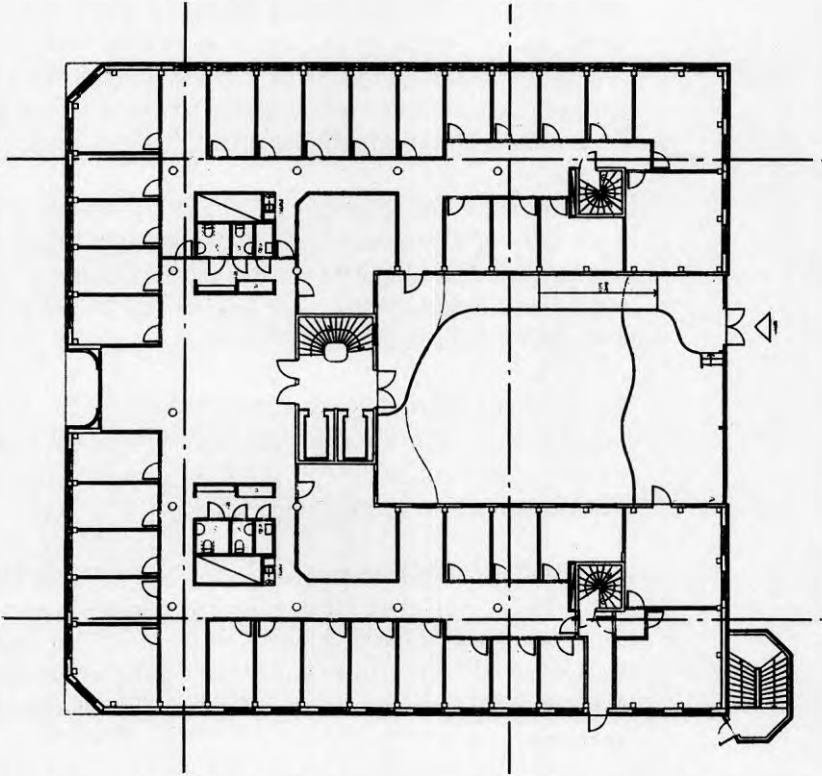
Stomkonstruktionen är pelardäck av betong. Fasaderna mot gatan är av tegel på utfackningspartier. Mot gården används puts. Invändiga väggar består av gipsskivor på stålregelstomme. Undertak och installationer ligger i "korridorstråk" i varje plan.

Konstruktionen medger flexibilitet i planlösningen vilket utnyttjats för brukaranpassning ända in i projektets slutskede.



figur 7.1

Plan, kontorshus i sju plan beläget i Mörby Centrum, Östra Klingsta



### 7.2.3 Fallstudien: Behov av kompletterande programvara

Oberoende av vilket CAD-system som används, finns det ett par CAD-specifika problem som måste uppmärksammas:

Ett CAD-system ger möjlighet att hantera stora mängder grafik i ett sammanhang. Hanteringen är snabb och exakt, vilket paradoxalt nog kan få icke önskvärda konsekvenser. Likadana objekt kan av misstag råka kopieras ovanpå varandra. De är sedan inte möjliga att särskilja visuellt. Programvara för kontroll av CAD-modellen måste därför tas fram, för att garantera att antalsmängdningen blir korrekt.

På samma sätt kan linjedelar i ett objekt gömmas under andra linjer eller under andra objekt av samma typ, vilket påverkar mängdningen av material, då denna mängdning relaterar till objektens linjelängd. Program behövs för kontroll av CAD-modellen i detta avseende.

För att få fram ett riktigt urval av byggdelar för mängdning krävs program som söker av aktuella ritningar på efterfrågade objektklasser. Vidare behövs program som sorterar och listar objekten till läsbar och överblickbar form.

Antalsmängdning behöver ofta utföras över flera plan och i sammanställning med flera olika byggdelar. Man vill dessutom ofta göra en sortering efter ett flertal villkor i databasen. Därför tog vi fram ett speciellt program för antalsmängdning, trots att CAD-systemet tillhandahåller en generell rapportgenerator.

Materialmängdning av längder och ytor ställer primärt samma krav som antalsmängdning.

För beräkningen av objektslängder krävs dessutom att programmet kan läsa av CAD-modellen och för varje plan summera linjelängden inom varje objektstyp. I de fall höjduppgifter för ytberäkningen saknas, måste uppgiften hämtas från annat håll. Rapportgeneratoren måste därför också ange varifrån programmet hämtat sina uppgifter samt presentera såväl

"sortlösa" resultat gällande grafikens utsträckning som utförliga materialmängder för en eventuell manuell rimlighetskontroll i efterhand.

Materialmängdning av areor och volymer innebär dessutom att ett program ska kunna definiera de ytor som omsluts av objektgrafik. I de fall grafiken ej sluter ytor måste programmet anta slutande räta linjer. I de fall ytor omsluts av grafik med korsande linjer ska programmet dela upp ytorna i delytor. Programmet måste också i likhet med ovanstående utförligt rapportera resultat, approximeringar och antaganden så att resultatet kan kontrolleras och rimlighetsbedömas i efterhand.

För att tillgodose dessa krav måste objektsökning och sortering kunna ske dels med avseende på varje enskilt objekt, dels med avseende på objektstyp. För t.ex. materialmängdningsrapporten krävs redovisning typvis, medan beräkningarna måste utföras på varje enskild byggdel. Program som kan söka, sortera och lista objekt efter objektsnamn, respektive "property data" behövs.

CAD-systemet tillhandahåller snabba rutiner för redigering av grafik och objektsnamn. Redigeringen av "property data" är dock alltför generell för att tillåta en snabb hantering av de objekttegenskaper som är nödvändiga för mängdningen. Program med speciella funktioner för kopiering och sammanläggning av vissa projektspecifika "properties" togs därför fram. Dessa program redovisas inte i denna rapport<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Den kompletterande programvaran fungerar som följer:

- Kontroll av dubbla objekt.

Varje objekt eller byggdel finns utplacerad i plan på en CAD-ritning i CAD-systemet. De CAD-ritningar man önskar mängda eller kontrollera läggs upp i en särskild lista över CAD-ritningar. Programmet av-söker CAD-ritning för CAD-ritning enligt listan efter vissa objektstyper. För varje objekt avsökts den yta objektet täcker efter kopior och om någon befinner sig tillräckligt nära originalet avrapporteras objektet som dubbelt. Programmet kan radera dubbelterna automatiskt, eller på uppmaning vid varje funnet dubbelobjekt.

- Kontroll av dubbla linjer.

Programmet avsökter en CAD-ritning efter vissa objektstyper. Inom objekt avsökts linje för linje för att utrona om någon linje blivit dubbel vid inritandet. Varje funnen dubbellinje rapporteras och markeras för åtgärd.

- Listningsprogram. Avsökning.

Scanningprogrammet söker efter förekomster av objektsnamn i ritningsfilen. Sökningen sker i delar omfattande en CAD-ritning eller ett "window" (en del av en CAD-ritning) i taget. Vilka CAD-ritningar som skall avsökas kan hämtas från CAD-ritningslistan för återkommande avsökningar.

Ett objektsnamn består av upp till sju namnfasetter. Sökta objektsnamn kan anges genom att fasetter i

## 7.2.4 Fallstudien: Presentationsform

Mängdningsresultaten lagras som direkt läsbara listor (ASCII-filer) i datorn och kan sändas till en printer för utskrift i den form de ligger.

objektsnamnen kan ersättas med "\*". Programmet söker då efter alla objekt där de namngivna fasetterna överensstämmer.

Programmet kan också fås att jämföra "property data" hos ett antal objekt, för att sortera fram alla objekt med vissa egenskaper.

De framtagna objekten läggs i en "objektlista" i datorn. Listan omfattar endast olika objektsnamn och anger ej antal förekomster. Listan används bl. a. av mängdningsprogrammen som bas för urvalet av objekt att mängda.

- Listningsprogram. Sortering av objekt.

Sorteringsprogrammet sorterar objektlistan i bokstavs- och nummerordning inom varje i objektsnamnet ingående fasett. Programmet gör att det inte är nödvändigt med lika långa objektnamnsfasetter för alla objektsnamn för att sorteringen skall bli riktigt utförd.

- Listningsprogram. Jämförelse mellan olika plan.

Matchningsprogrammet jämför objekt från en avsökning av en CAD-ritning med de objekt som finns i objektlistan. Objektlistan presenteras sedan uppdelad i två delar efter vilka objekt som förekommer resp. saknas på CAD-ritningen. Programmet kan användas för att korta ned söktiden och eliminera onödiga nollrapporter.

- Mängdningsprogram. Antalsmängdning.

Programmet utgår från listan över CAD-ritningar att avsöka och listan över framsorterade objekt. Objektlistan hanteras i programmet till att endast omfatta olika objektstyper. För varje objektstyp avsöks alla plan i listan och antalet förekomster av ett objekt summeras och läggs ut som en fil för objektstypen. Rapportdelen av programmet läser av antal och "property data" om karakteristika och tillverkar en rapportlista för utskrift.

- Mängdningsprogram. Längd och ytmängdning.

Programmet utgår från objektlistan och koncentrerar denna till en intern objekttyplista. Sedan avsöks listan över CAD-ritningar efter objektversioner inom varje objektstyp. För varje ny version uppmäts längden på de anvisade linjestilarna och förs in som "property data"

Vid en förnyad avsökning avläses "property data" om höjd och längd varur objektsytan beräknas. Summan av måtetalet för resp. mängdenhet (antal, längd och yta) beräknas för varje förekomst av objektstypen och resultaten läggs ut på en fil.

Materialmängder som volymer, ytor, längder eller antal beräknas ur "property data" efter den mängdenhet som varje material relaterar till. Exempel på mängdenhetsrelationer är:  $m^2/m^2$ ,  $kr/st$ ,  $m^3/m$ .

Programmet beräknar och redovisar ej materialmängder som relaterar till volymsenheter, ex.vis  $st/m^3$  då objektvolymen ej är definierad.

Saknas uppgift om relationsenhet beräknas materialmängden i samtliga mängdenheter för senare utvärdering. I detta fall beräknas volymen material grundat på "property data" om materialets tjocklek.

Programmets rapportdel tillverkar en lista där materialmängderna redovisas för varje objektstyp för sig, summerade över samtliga CAD-ritningar. Samtidigt redovisas objekttypens materialberoende mängd-data.

- Mängdningsprogram. Areor och volymer.

Programmet är en variant av programmet för mängdning av längder och ytor. I stället för att beräkna objektversionens längd beräknas dess av grafiken omslutna area. För att beräkningarna skall bli korrekta måste vissa konventioner följas:

Arean beräknas inom de delar av ett objekt som existerar som sammanhängande figurer. Linjer inom en figur får ej korsas, då detta innebär negativa delvärden. Figurerna bör vara slutna. I annat fall slutes figurerna av programmet med en rät linje, vilket kan innebära olikheter jämfört med figurens avsedda form.

Rapportdelen fungerar efter samma principer som vid längd- och ytmängdning. Materialmängder som relaterar till objektlängd beräknas ej. Volymsrelaterade materialmängder beräknas.

Varje rapport består av två delar. I den första meddelas vilka CAD-ritningar som avsökts och vilken sektionshöjd dessa representerar, samt om höjden är antagen eller explicit angiven.

Den andra delen rapporterar för varje objektstyp om typens namn, dess antal eller totala utsträckning och ev. anmärkningar om läge och beräkningsmässiga antaganden. Därefter kan upplysningar om objekttypens karakteristika finnas inlagda, om detta begärts vid mängdningstillfället. Sedan följer en uppräknig av varje i objekttypen ingående material med tjocklek och relationsenheter angivna. För varje material presenteras den totalmängd som ingår i objektstypen uttryckt i relationstalets enheter. Om relationsenhet saknas presenteras materialets samtliga beräknade totalmängder (löpmeter, yta, volym).

Ur mängdningsrapporten kan man sedan lätt hämta och sammanställa manuellt de mängder som behövs för en slutsummering över hela projektet.

De data som samlats i resultatfilen kan användas i kalkyl- och beskrivningsrutiner. På samma sätt som beskrivits ovan kan de kompletteras med en manuell utvärdering innan de läggs till grund för respektive följdprogram.

Att automatisera denna del av mängdningen är relativt enkelt men kräver total disciplin vid inmatningen av materialdata för att inte trivialiteter av typ stavfel och ordval skall kullkasta resultatet. Det är väsentligt att man endast behöver följa ett fåtal regler för att behandla mängdningsdata varför automatiseringen utelämnats.

Det är önskvärt att vara oprecis i tidiga skeden av projekteringen, vad gäller de materialuppgifter som läggs in. Man skall kunna ange alternativa materialval. Även gruppbenämningar skall kunna anges fritt. En generell kodning av alla egenskaper blir alltför ohanterlig och krävande. Unik egenskapsbestämning i klartext är en uppenbar nödvändighet.

En total och standardiserad precisering skall tillgripas först då arbetsinsatsen klart kan motiveras av lönsamhetsskäl.

#### 7.2.5 Fallstudien: Genomförande av test

Från "Östra Klingsta"-projektet valdes ett representativt snitt (plan 3). Objekten försågs där med de "property data" som efterhand ansågs nödvändiga.

Vid tiden för inläggningen av projektet i CAD-systemet tillämpades normalt ej en strikt objektsnamngivning enligt BSAB-systemets P2-tabell. Därför var det nödvändigt att döpa om en del objekt för att testet skulle bli relevant för FoU-projektets syften.

Uppdelningen i byggdelar överensstämde i hög utsträckning med BSAB-indelningen och det var aldrig aktuellt med att rita om någonting av denna anledning. Det förhöll sig istället så att objekten i CAD-modellen oftast representerade en kategori ytterligare något mer preciserad i BSAB-hierarkin. Den omdöpning som förekom var av sådan art att objekten fördes samman till större huvudgrupper typ YTTERTAK, FASAD.

Kopiering, omdöpning och komplettering resp. förändring av grafiken utfördes med GDS-systemets standardkommandon. Kopplingen mellan "properties" och objekt gjordes också i GDS-standard, medan inläggningen av "property data" utfördes med Basic-rutiner. Vissa "property data" är nämligen länkade till varandra, vilket är en facilitet som ej erbjuds av CAD-systemet. Så är det t.ex. önskvärt att egenskaper som tjocklek och relationsmängd är länkade till resp. material inom varje objekt eftersom de lättast hanteras i ett sammanhang vid inmatningen.

Ex: 70mm      Mineralull      0.5m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.  
           tjocklek      material      relationsmängd

Efter kopieringen av plan 3 och omdöpning av objekt gjordes alltså en tilldelning av egenskaper till de valda byggdelarna.

Invändiga dörrar och glaspartier kontrollerades med avseende på objektsnamn. I objektsnamnet ingår litterat som en fasett. För att mängdningssystemen skall rapportera rätt antal av respektive littera måste alltså objektsnamnen vara rätt satta. Denna kontroll måste utföras manuellt genom att CAD-operatören själv bedömer om respektive littera är korrekt.

Innerväggarnas objektsklasser kontrollerades på samma sätt som dörrar och glaspartier. Objekt med gemensamma första namnfasetter bildar i detta sammanhang en objektsklass. (Ex.: Av objekten "RUMBILD:VEGG:05", "RUMBILD:VEGG:06" och "RUMBILD:TRAPPA:06" tillhör alla objektsklassen "RUMBILD:". Två st. tillhör klassen "RUMBILD:VEGG:", medan ":06" inte utgör någon egen klass. (Inom CAD-systemet finns inte denna restriktion). I detta fall var avsikten att mängda väggars innehåll av olika material, som m<sup>2</sup> gips-skiva och andra skivmaterial, m<sup>2</sup> mineralullsisolering, löp-meter regler samt antal tilluftsdon.

Respektive objektsklass försågs med "property data" med uppgifter om mängden ingående material per längdmeter vägg. Vidare lades "property data" in för egenskaper, som brandklass, förhållandet objektlängd - linjelängd m.m.

För den del av väggen som låg ovanför dörr var "property data" identiska med den omgivande väggens med undantag av höjden, som här, givetvis, utgjordes av vägghöjden minus dörrhöjden. Objektsklassen "dörröverstycken" blev också bärrare av uppgiften om ingående tilluftsdon.

För att åstadkomma mängdning av golv- och undertaksytor följdes rumskonturerna av med linjer. Även här ingick litterat i objektsnamnet. Denna typ av grafik behövdes ej för att illustrera något på utplottade ritningar. Den lades in enbart för att möjliggöra ytmängdningen. Det måste framhållas att golv och undertak inte alltid är bundna till att följa väggar eller andra rumsbegränsande objekt. Det är inte heller givet att ett "rum" är entydigt avgränsat av "rumsbildande" byggdelar. Det är således inte alltid möjligt att automatiskt generera ovan-

stående ytor.

Som en del av testet, kördes kontrollprogrammen som söker dubbla objekt och dubbla linjer inom ett objekt, mot de aktuella objekten på testritningen (plan 3 Klingsta).

Mängdning av invändiga dörrar utfördes med hjälp av det framtagna programmet. Mängdningen rapporterades som en tabell över objektnamn med kort beskrivande text, samt antal.

Mängdning utfördes även av invändiga skivväggar. Här rapporterades varje vägglittera med sitt objektsnamn. Totala mängden av ingående material redovisades i m, m<sup>2</sup> och m<sup>3</sup>.

Mängdning av undertak utfördes på de omslutande grafiska block som lagts in för att redovisa respektive takytas yttre begränsningar. Här rapporterades varje undertaks totalarea (indelad efter littera), samt ingående materials mängder i st, m<sup>2</sup> och m<sup>3</sup>.

### 7.3 SLUTSATSER

Det genomförda testet visar att det är fullt möjligt att göra detaljerade mängdningar med hjälp av CAD, men att det krävs en avsevärd överarbetning av CAD-modellen, jämfört med vad som krävs för enbart ritningsframställning. I detta FoU-projekt har vi strävat efter att finna arbetsmetoder för detaljerade mängdningar som inte hämmar projekteringsprocessen (se kap. 3, avsnittet "Kriterier för en projektörsanpassad arbetsmetod").

I det test som genomförts, drevs överarbetningen av CAD-modellen till en "rimlig" nivå, för att inte låsa in projektören i rigida och hämmande ritregler. Detta har åstadkommit bl.a. genom att man lade in en kontrollfunktion före mängdning. Denna kontrollfunktion gör att projektören kan arbeta någorlunda fritt med GDS' grundkommandon, förutsatt att han följer vissa principer för döpning av objekt. Före mängdning



kontrolleras och eventuellt justeras CAD-modellen, för att rätta till eventuella fel som kunnat uppstå p.g. av det fria arbetssättet. Klart är emellertid att även detta sätt att arbeta kräver avsevärt mer arbete än om enbart ritningar skall produceras.

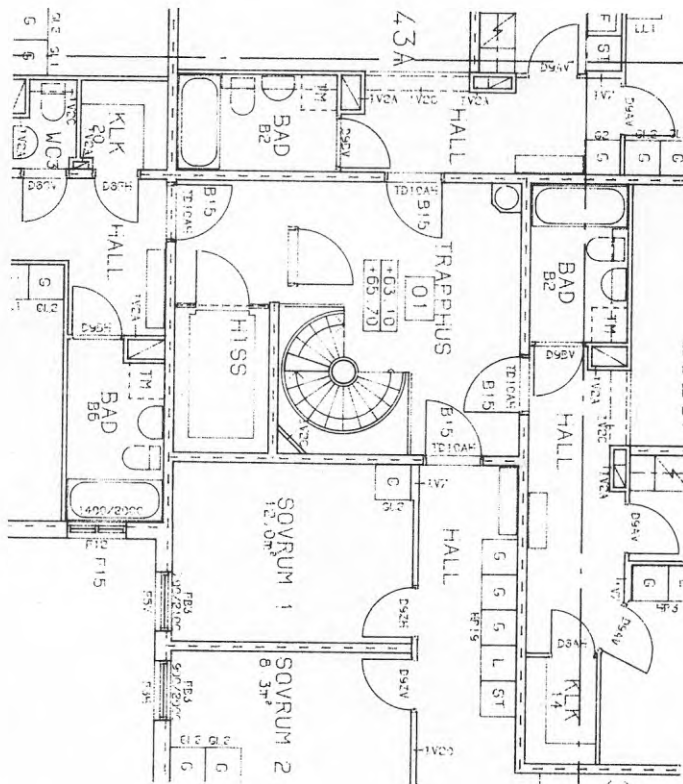
En mer översiktlig mängdning som underlag för tidig kalkyl har visat sig vara betydligt enklare att ta fram. En sådan mängdning ställer också relativt små krav på överarbetning av CAD-modellen (se kap. 8 "Att kalkylera").

figur 7.2.a Olika skikt av en CAD-ritning, som illustrerar vad som mängdades vid mängdningstesten. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.

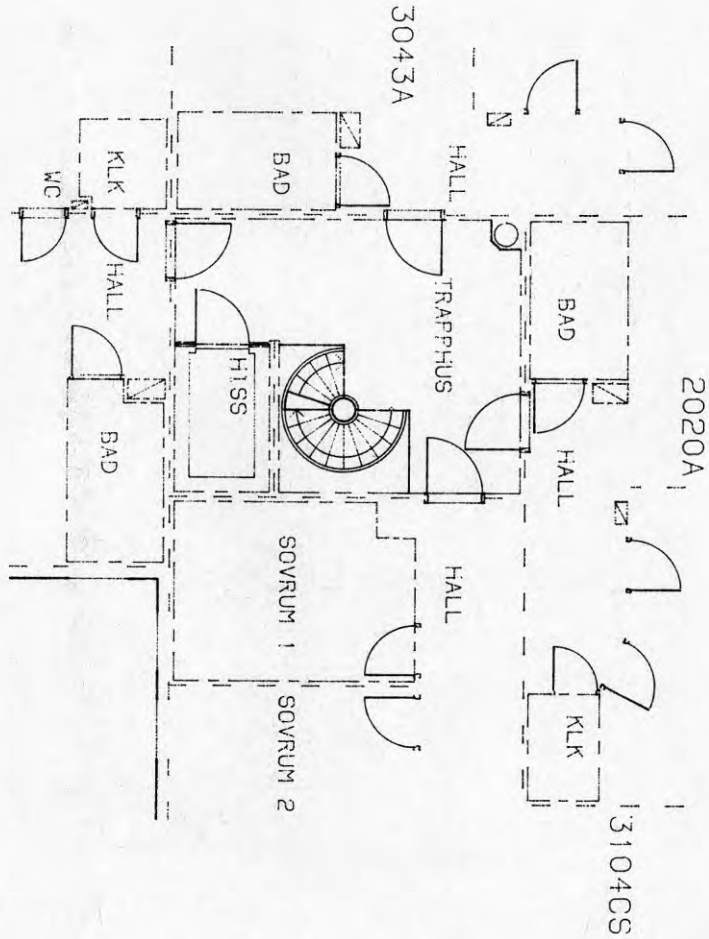
ATHUS (WS1). (File KLATHUS) -HFA

GDS

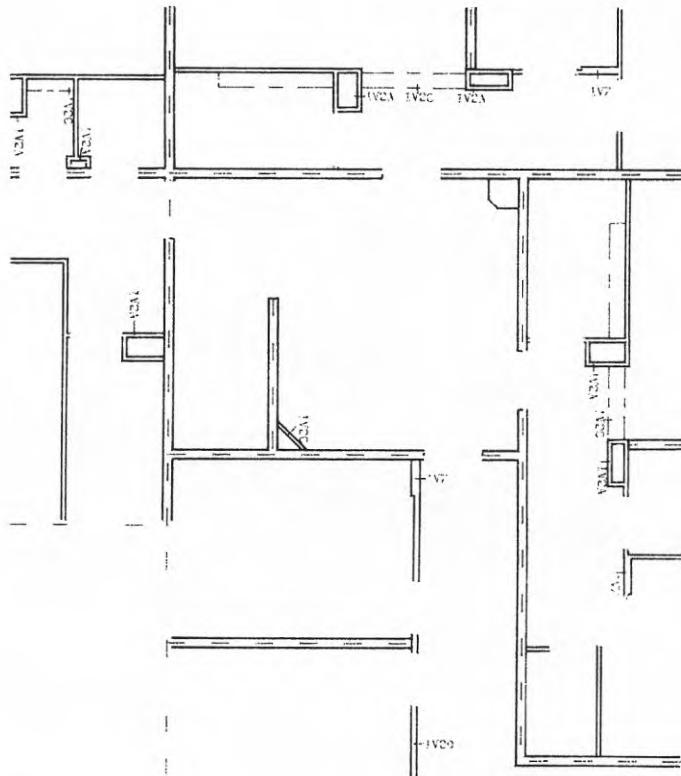
DEF: ATHUS Gen: FFNS at 03 OCT 99 17.42.20: Windows THUS ATHUS (WS1).



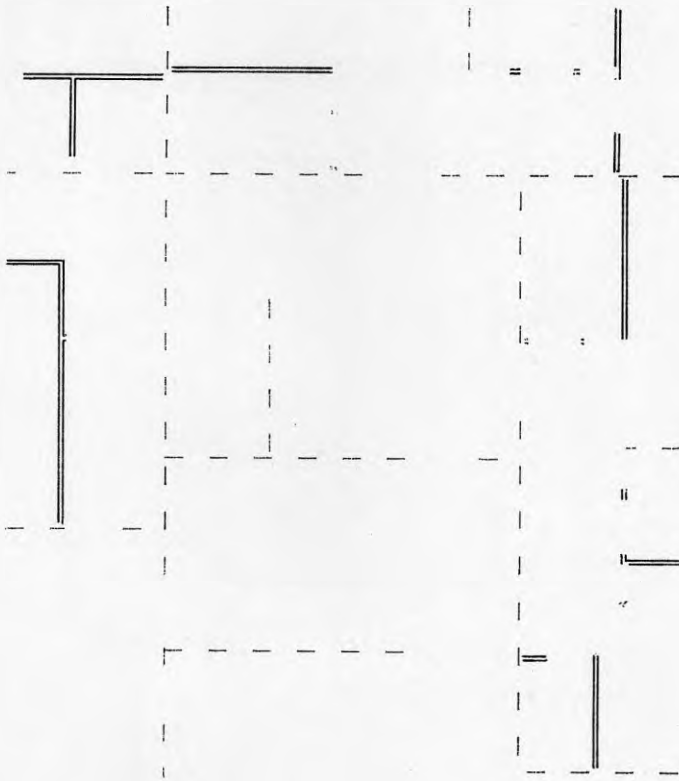
figur 7.2.b Skikt av en CAD-ritning, som illustrerar vad som mändades vid mändningstesten. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.



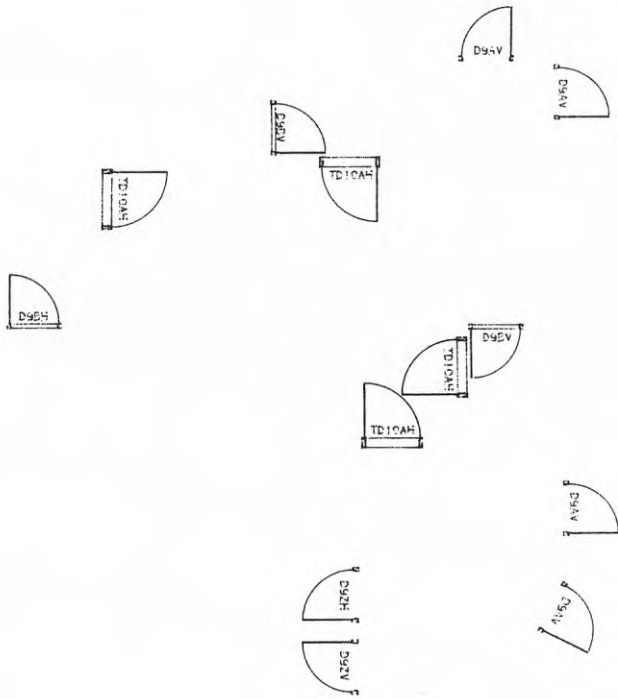
figur 7.2.c Skikt av en CAD-ritning, som illustrerar vad som mængdades vid mængdningstesten. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.



figur 7.2.d Skikt av en CAD-ritning, som illustrerar vad som mængdades vid mængdningstesten. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.



figur 7.2.e Skikt av en CAD-ritning, som illustrerar vad som mängdades vid mängdningstesten. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.



figur 7.3 Längdmängdning: exempel.

```

=====
SCANNED DRAWINGS
=====

PLAN9013  2.400m Free hi. : <FFNS>FFN>#22.0085>JARLAB.FGB
=====

OBJECT          (Lin/Len)  Obj-length  Obj-area  ( )
(Properties...)
Optional obj.materials & mtrl-masses
-----

RB:IV:02A      (2 )      11.4 m      27.3 m2      ***
(SCHAKTVÄGG OCH INKLADNAD
BRANDKLASS   : A30)
  13 mm GIPSSKIVA (2 M2/M2)      54.7 M2
  45 mm STÅLREGEL (1.67 M/M2)    45.7 M

--Obj.--      (Lin/Len)  Obj-length  Obj-area  ( )
RB:IV:02C      (2 )      6.3 m      15.1 m2      ***
(SCHAKTVÄGG OCH INKLADNAD
BRANDKLASS   : A15)
  13 mm GIPSSKIVA (1 M2/M2)      15.1 M2
  45 mm STÅLREGEL (1.67 M/M2)    25.2 M

--Obj.--      (Lin/Len)  Obj-length  Obj-area  ( )
RB:IV:03      (2 )      20.1 m     48.4 m2      ***
(RUMSSKILJANDE I LÅGENHET)
  13 mm GIPSSKIVA (2 M2/M2)      96.7 M2
  45 mm STÅLREGEL (1.67 M/M2)    80.7 M

--Obj.--      (Lin/Len)  Obj-length  Obj-area  ( )
RB:IV:07      (2 )      1.9 m      4.5 m2      ***
(GIPSVÄGG MED PLATS FÖR ELDRAGNING)
  13 mm GIPSSKIVA (2 M2/M2)      9.0 M2
  95 mm STÅLREGEL (1.67 M/M2)    7.5 M

--Obj.--      (Lin/Len)  Obj-length  Obj-area  ( )
RB:IV:20      (2 )      3.0 m      7.1 m2      ***
(VÄGG MELLAN KLK & KÖK)
  13 mm GIPSSKIVA (2 M2/M2)      14.3 M2
  70 mm STÅLREGLAR (1.6 M/M2)    11.4 M

--Obj.--      (Lin/Len)  Obj-length  Obj-area  ( )
S:V:160      (2 )      41.4 m     99.4 m2      ***
(BÄRANDE INNERVÄGG
BRANDKLASS   : A60
LJUDABSORPT. : 44dB)
  160 mm BETONG (1)              41.4 m      99.4 m2      15.9 m3

--Obj.--      (Lin/Len)  Obj-length  Obj-area  ( )

```

figur 7.4 Ytmängdning: exempel.

```

=====
SCANNED DRAWINGS
=====
PLAN9013          ***      2.4 M FREE HEIGHT      ***
=====

```

OBJECT	MTRL	(LIN/LEN)	OBJ-AREA	MTRL-MASS	( )
AREA:RUM:BAD:B2:2020A			4.4 M2	10.6 M3	***
- AREA:RUM:BAD:B2:3043A			4.4 M2	10.6 M3	***
- AREA:RUM:BAD:B6:4140A			4.8 M2	11.4 M3	***
- AREA:RUM:KLG:14:2020A			2.2 M2	5.2 M3	***
- AREA:RUM:KLG:20:4140A			2.2 M2	5.3 M3	***
- AREA:RUM:SOV:1:3104CS			12.0 M2	28.8 M3	***
- AREA:RUM:TH01N			18.1 M2	43.5 M3	***
- AREA:SCH:HISS			4.0 M2	9.6 M3	***
- AREA:SCH:ITR:01N			4.2 M2	10.1 M3	***
- AREA:SCH:VENT			0.8 M2	1.9 M3	***
-					

```

=====

```



figur 7.5 Areamängdning: exempel.

```
=====
SCANNED DRAWINGS
-----
```

```
PLAN9013   from file: <FFNS>FFN>#22.0085>JARLAB.FGB
=====
```

```
OBJECT:                NUMBER of Objects
(Properties ...)
```

```
-----
RB:OP:D:09A:V          4 st.
~~~~~
( 4 st.  RB:OP:D:09A:** )
-----
RB:OP:D:09B:H          1 st.      2.11 m high
~~~~~
RB:OP:D:09B:V          2 st.
~~~~~
( 3 st.  RB:OP:D:09B:** )
-----
RB:OP:D:09Z:H          1 st.      2.11 m high
~~~~~
RB:OP:D:09Z:V          1 st.
~~~~~
( 2 st.  RB:OP:D:09Z:** )
( 9 st.  RB:OP:D:** )
-----
RB:OP:TD:10A:H         4 st.      2.10 m high
(ENTREDÖRR TILL LÅGENHET
BRANDKLASS            B15
~~~~~
( 4 st.  RB:OP:TD:10A:** )
( 4 st.  RB:OP:TD:** )
( 13 st. RB:OP:** )
( 13 st. RB:** )
-----
```

figur 7.6 Antalsmängdning: exempel.

```

=====
SCANNED DRAWINGS
-----
PLAN9013   from file: <FFNS>FFN>#22.0085>JARLAB.FGB
=====

OBJECT:                NUMBER of Objects
-----

RB:OP:D:09A:V          4 st.
~~~~~
( 4 st.  RB:OP:D:09A:** )

-----

RB:OP:D:09B:H          1 st.
~~~~~
RB:OP:D:09B:V          2 st.
~~~~~
( 3 st.  RB:OP:D:09B:** )

-----

RB:OP:D:09Z:H          1 st.
~~~~~
RB:OP:D:09Z:V          1 st.
~~~~~
( 2 st.  RB:OP:D:09Z:** )
( 9 st.  RB:OP:D:** )

-----

RB:OP:TD:10A:H         4 st.
~~~~~
( 4 st.  RB:OP:TD:10A:** )
( 4 st.  RB:OP:TD:** )
( 13 st. RB:OP:** )
( 13 st. RB:** )
-----

```

## 8. ATT KALKYLERA

Ett fungerande kalkylunderlag förutsätter att data om byggprojektet är systematiskt sorterat - t.ex. enligt BSAB-systemet - så som föreslås i detta FoU-projekt. Det är viktigt att man klassificerar byggdelar och komponenter på ett enhetligt och sammanhållet vis. Tack vare BSAB-systemet kan man bygga upp en kalkyl med indelning och klassifikation av ingående element, så att kalkylunderlaget (=ritningar och beskrivningar) och kalkylen når full överensstämmelse (Wermelin 1986). Kalkylelement motsvaras av byggdelar, indelade efter BSAB-systemet.

Wermelin (1986) skiljer mellan aktiv och passiv kostnadskalkylering. Med "passiv kalkylering" menas att kalkylatorn inväntar ett komplett kalkyleringsunderlag, innan han upprättar en kalkyl. En sådan kalkyl kan av naturliga skäl inte inverka på projekteringsarbetet, varken dess genomförande eller dess resultat.

Om kalkyleringen skall kunna ingå som en integrerad del av projekteringen (produkt- eller egenskapsbestämningen, d.v.s. designarbetet), måste kalkylatorn medverka aktivt i framtagningen av beslutsunderlag, kontinuerligt och till varje beslutstillfälle under projekteringsprocessens gång. Detta kallar Wermelin för aktiv kostnadskalkylering. Nedanstående punkter är direktcitat ur Wermelin (1968):

"Målsättning för kostnadsstyrning under projektering är bl.a.:

- att ge tillförlitliga uppgifter om projektkostnaden på tidigast möjliga projekteringsstadium
- att anpassa byggherrens krav och önskemål till tillgängliga ekonomiska resurser
- att sätta en övre gräns för kostnaderna (kostnadsram)

Ovanstående punkter innebär att man sätter en ramkostnad. Detta har inom byggbranschen fått benämningen sätta ram.

Målsättningen för kostnadsstyrning är vidare:

- att kontinuerligt följa upp och styra projekteringen så att kostnadsramen hålls
- att se till att byggherrens krav och mest angelägna önskemål uppfylls, samtidigt som kostnadsramen hålls

De två sistnämnda punkterna innebär att man försöker hålla ramkostnaden. Detta har inom byggbranschen fått benämningen hålla ram.

Kostnadsstyrning innebär vidare:

- att ge kontinuerlig information till projektledare och byggherre om kostnadsutfall för avvikelser som görs i olika projekteringsskeden
- att ge ökad kunskap om byggkostnader för olika tekniska lösningar samt om kostnadskonsekvenser för olika krav och önskemål
- att ge ökad medvetenhet om byggkostnader hos projektörer

Begreppet kostnadsstyrning innebär enligt målsättningen inte ensidig styrning av projektkostnaden, utan styrning av projektets utformning för att uppnå det bästa förhållandet mellan värde och kostnad. Man försöker att tillgodose byggherrens funktionskrav på bästa sätt med hänsyn till de tillgängliga ekonomiska resurserna."

Wermelins sätt att definiera begreppet aktiv kalkylering sammanfaller påtagligt med det "designteoretiska" perspektiv som tillämpats i detta FoU-projekt. I själva verket har Wermelins tankegångar varit en viktig teoretisk bas och inspirationskälla för detta FoU-projekt.

## 8.1 KOPPLINGEN CAD-MODELL - KALKYL

Mängder och beskrivning utgör normala indata vid kalkylering. För att mängder och beskrivningar i kombination skall kunna användas för ett givet kalkylsystem måste de vara uppställda i de sorter som kalkylsystemet efterfrågar. De test som utförts i detta FoU-projekt angående klassificering och mängdning visar att ur en ritningsfil i GDS-systemet kan erhållas både en översiktlig byggdelsbeskrivning och vissa mängder.

## 8.2 FALLSTUDIE

Som testprojekt valdes ett flerbostadshus ur projektet Jarlaberg 2. Huset var vid testtillfället färdigprojekterat och den befintliga ritningsfilen användes för testet.

### 8.2.1 Fallstudie: Val av kalkylsystem

Den arbetsmetod som testades innebar att ur CAD-modellen framtagna mängder av byggdelar matades in i ett kalkylsystem. Kalkylen utfördes med FFNS' Byggrådgivares kalkylsystem, som är avsett för inmatning av mängduppgifter som är framtagna manuellt från ritning.

Kalkylprogrammet utgörs av en matris, ett "spreadsheet", som är en vidareutveckling av programmet "Symphony". Kalkylprogrammet används under tidiga skeden för kostnadsberäkning av byggprojekt. Indata utgörs av m<sup>2</sup> areor av olika lokalkategorier i projektet. Genom att multiplicera olika areor med erfarenhetsmässigt framräknade vägningstal får man m<sup>2</sup> areor på olika byggdelar. Den indelning i byggdelar som tillämpas liknar BSAB-systemet men överensstämmer inte helt. Den utgår från den information som är tillgänglig i projektens tidigare skeden och från de behov som skall tillgodoses.

Vid tillämpning av kalkylprogrammet används material från andra, tidigare kostnadsberäknade projekt som lagrats i CAD-modellen. De projektspecifika värdena justeras, så att de stämmer med det aktuella projektet.

Vägningstalet justeras helt enkelt med utgångspunkt från en "snabbtitt" på planritningarna.

Kalkylprogrammets indata är bruksareor BRA uttryckt i m<sup>2</sup>. Areorna är normalt uppdelade på bostäder, garage, närservice, daghem, butiker, hyresgästlokaler och kontor. Vidare matas uppgifter in om tomtarea, trafikarea, fri tomtarea, antal lägenheter, antal bilplatser, samt k-värde.

Genom att multiplicera rätt area med ett erfarenhetsmässigt vägningstal får man arean på ingående byggdelar. Byggdelarna är uppdelade i husunderbyggnad, yttervägg källare, innervägg, bärande innervägg, bjälklag, terrass, balkong och tak.

Respektive byggdel delas därefter upp i mängd material och arbete med å priser. Kostnaderna förs upp och summeras.

Utrustning, vissa ytskikt m.m. som inte fångas upp i byggdelarna förs in separat. Exempel på detta är köksutrustning, garderober, parkett m.m.

### 8.2.2. Fallstudie: Underlag för kalkyl

Det i testet använda kalkylprogrammet efterfrågar byggdelsmängder i kategorier som liknar, men inte stämmer helt med BSAB-systemets P2-tabell. I testen fick ur CAD-modellen beräknade mängder ersätta de erfarenhetsbaserade vägningstalen i kalkylprogrammet. Mängder av efterfrågade byggdelarna togs fram enligt nedan:

- Mängden husunderbyggnad togs fram som en totalyta av huset i markplanet. Detta gjordes med särskilda Basic-program för areaberäkning. Detta program mätte då ytan

av ett speciellt för ändamålet inlagt objekt "AR:BTA".

- Mängden vägg i källare togs fram som totala vertikala ytan av källarväggen. Denna areaberäkning gjordes med hjälp av ett Basicprogram som summerar linjelängden av efterfrågat objekt "STOMME:STOMVEGG" (Husstomme: Stomväggar) dividerat med 2 (eftersom källarväggen redovisas med två linjer - inlagt som "object-property") och multiplicerar med höjden 2.6 m, som ligger som "property" på respektive CAD-ritning. I en 2D-modell motsvarar varje CAD-ritning alla byggdelar inom en viss sektionshöjd. Antalet dörrar och fönster i yttervägg styckemängdades.
- Mängden yttervägg togs fram som totala vertikala ytterväggsytan inklusive fönster och dörrar. Mängdning gjordes med ett Basicprogram, som mäter totala linjelängden av efterfrågat objekt "FASAD:YKLIMAT:KONTUR" (detta objekt omfattar endast ytterkonturen av ytterväggen) och multiplicerar med våningshöjden 2.6 m, avläst som "property" från CAD-ritningen.
- Mängdning av icke bärande innerväggar samt bärande innerväggar utfördes på samma sätt som yttervägg i källare enligt ovan.
- Mängdning av bjälklag utfördes som summan av totala BTA-ytan av varje våningsplan. Detta utfördes med samma Basicprogram som för husunderbyggnaden. Mängdningen utfördes på objekten inom typlägenheten "ARK:KONT:" som omfattade hela typlägenhetens BTA-yta.
- Antal balkongplattor mängdades genom styckemängdning av objekt. Varje balkongplatta var ritad som eget objekt.

Som underlag för mängdning av "komplettering" enligt FFNS' Byggrådgivares system levererades antalet lägenheter av olika typ. Med hjälp av denna uppgift kunde den som utförde kalkylen få fram t.ex. mängden hatthyllor, diskbankar och övrigt under rubriken Komplettering.

### 8.2.3 Fallstudie: Genomförande av kalkyl

De framtagna mängduppgifterna sammanställdes i en fil och skrevs ut. Denna utskrift lades som underlag för en kalkyl med FFNS' Byggrådgivares kalkylsystem.

Från mängdningsfilen plockades uppgifter i form av areor och antal av olika byggdelar. Uppgifterna lades in i kalkylsystemet. I vissa fall måste skattningar göras. De inlagda värdena bearbetades på vanligt sätt av systemet, som genererade en kalkylerad entreprenadkostnad som slutprodukt.

## 8.3 SLUTSATSER

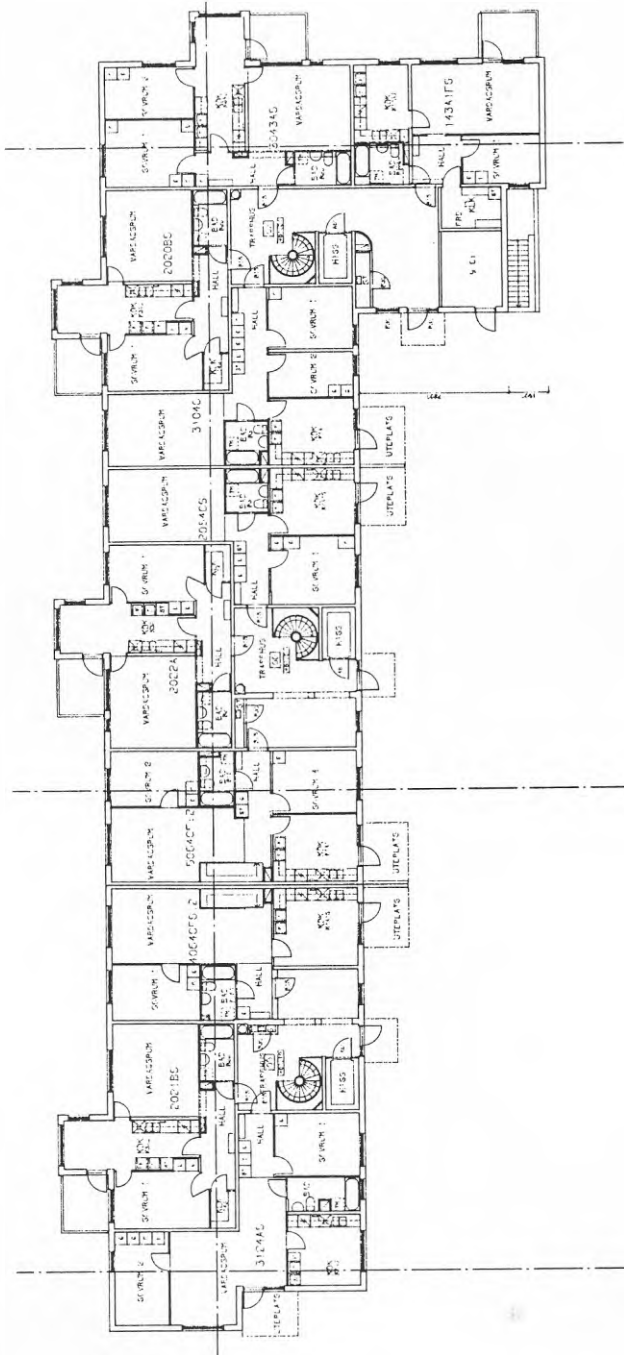
Det genomförda testet visade att det var ganska enkelt att få fram indata åt kalkylprogrammet ur ritningsfilen. Trots att kalkylprogrammet inte begärde byggdelar som sorterats strikt efter BSAB-systemets P2-tabell, kunde man ta fram relevanta mängdposter ur ritningsfilen. Det gick att göra inmatningen i kalkylsystemet och att genomföra själva kalkylen, utan att ens behöva se på ritningar över projektet. Att inte ha tillgång till ritningen medför självfallet en sämre säkerhet i kalkylen, då man inte kan göra en avvägning av hur komplicerande faktorer spelar in.

Kalkylen i testet gjordes utifrån en långt detaljerad "färdig" CAD-modell. Men denna typ av kalkyler har störst värde i projekterings tidiga skeden, d.v.s. innan CAD-modellen har hunnit uppnå denna detaljeringsgrad. I de tidiga skedena är således objekten ofta mindre väl definierade, d.v.s. de har objektsnamn på en högre nivå i BSAB-systemet. För kalkylprogrammet räcker emellertid denna nivå mycket väl. Man kan t.ex. mycket väl låta mellanväggar, dörrar, fönster etc vara olittrerade. Det viktiga är att totalmängden mellanväggar, dörrar, fönster etc kan tas fram.

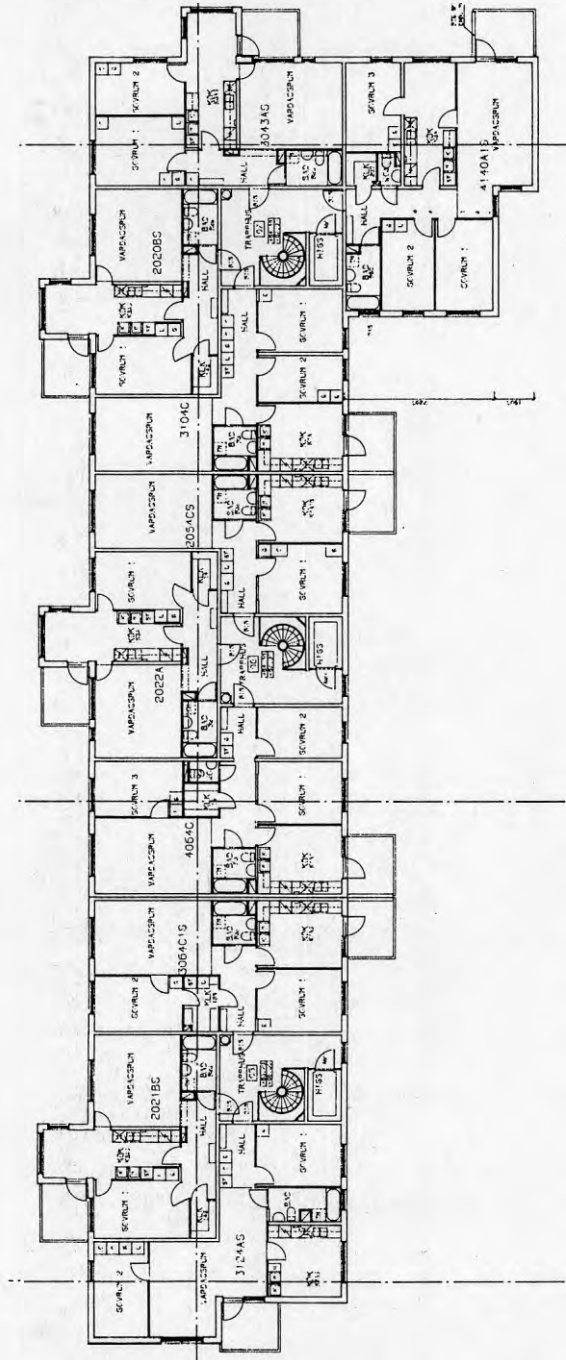


I ett ännu tidigare skede av projekteringen kan totalmängder av olika ytor ge tillräcklig information för en godtagbar kalkyl. Den arbetsmetodik som testats här, bör således kunna fungera bra, även i tidiga skeden av projekteringsprocessen.

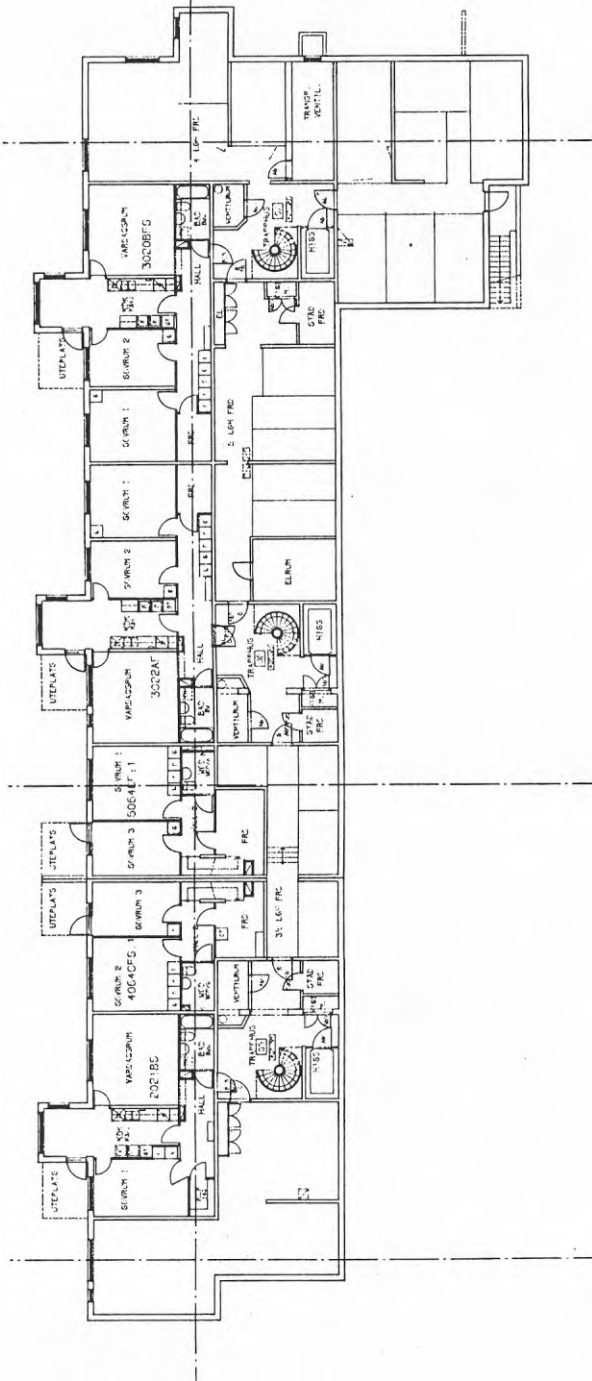
figur 8.1 Plan ur kalkylunderlaget. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.



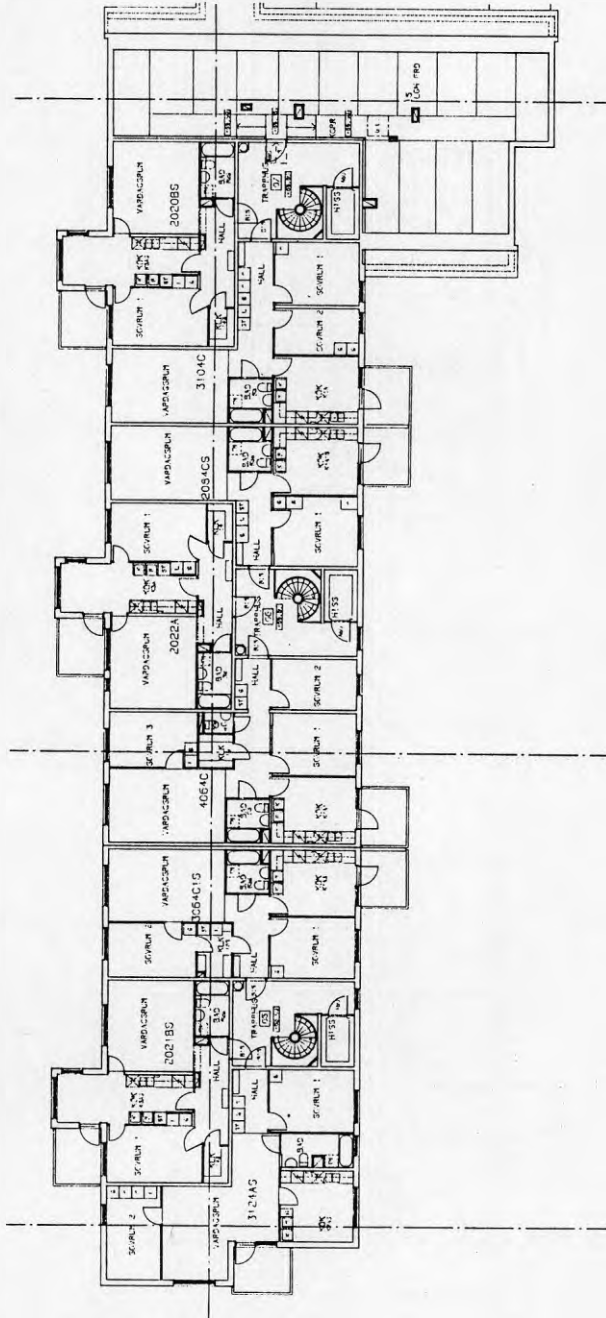
figur 8.2 Plan ur kalkylunderlaget. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.



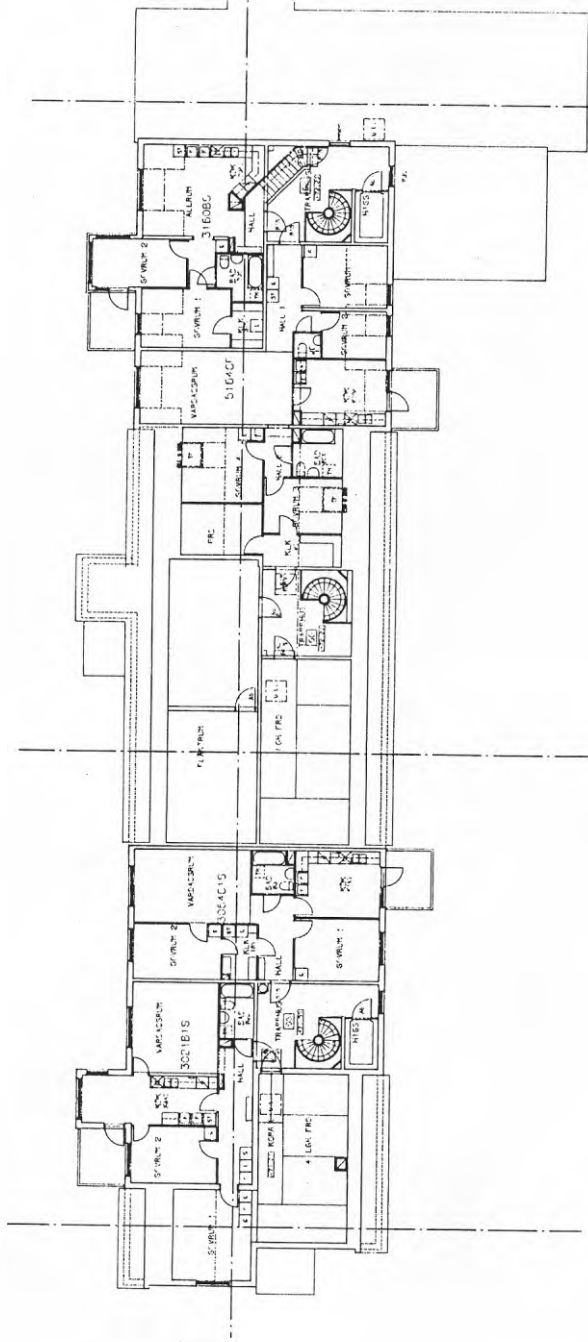
figur 8.3 Plan ur kalkylunderlaget. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.



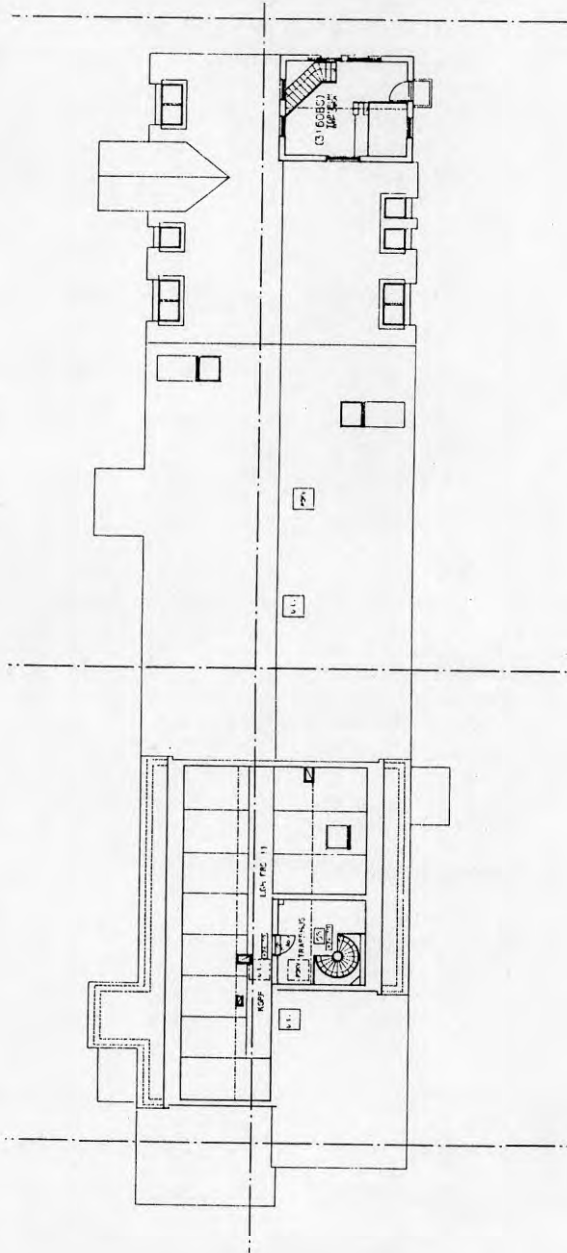
figur 8.4 Plan ur kalkylunderlaget. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.



figur 8.5 Plan ur kalkylunderlaget. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.



figur 8.6 Plan ur kalkylunderlaget. Bostadshus i Jarlaberg, Nacka.



UNDERLAG: MÅNGDER FRÅN CADFIL  
KOSTNADSBERÄKNING

figur 8.7

BTA LGH BTA GEM(		HUB	FASAD KALLARVÄGG		IVG	BJG	LGH ST	
3711	1 410						44	
BTA TOT INKL GEM					ICKE BÄR		TAK	
5121		0,17	0,47	0,05	0,86	1,00	0,17	
S:A FÖRE GEM					BÄR	TERRASS	BALKONG	
5121					0,47	0,00	0,007	
BYGGDEL		MÅNGD	KOMPONENT	MÅNGD/ENH	MTL/UE	ARB	S:A	
MARKARBETEN		0						
HUSUNDERBYGGNAD	883		BERGSCHAKT M3	0,50	250,00		110 386	
			ATERFYLLNING M3	0,30	100,00		26 488	
			DRÄNERINGSLAGER M2	1,00	30,00	0,10	40 173	
			DRÄN. LEDN LM	0,20	50,00	0,30	17 041	
			ISOL RW389-00,100MM M2	0,25	85,00		18 762	
			FORM M2	0,20	50,00	1,00	36 200	
			ARMERING KG	12,50	4,00	0,03	95 467	
			BETONG K25 M3	0,25	475,00	0,30	115 112	
			AVJÄMNING BTG M2	1,00	10,00	0,10	22 515	482 124
YTTERVÄGG I KALLARE	235		FORM M2	2,00	50,00	0,30	45 394	
			ARMERING KG	13,00	4,00	0,03	26 448	
			BETONG K25 M3	0,26	475,00	1,00	38 526	
			ISOL RW389-00,100MM M2	1,00	85,00	0,20	27 283	
			BEHANDLING BTG M2	1,00	5,00	0,05	2 999	140 650
YTTERVÄGG	2398	FASADELEMENT "SANDWICH" M2	1,00	650,00	1,00	1 930	632	
		100+60 MM BTG+120 MM MU						
		DÖRRAR TILLÄGG ST	0,02	3 000,00	3,50	194	838	
		FÖNSTER TILLÄGG ST	0,10	2 500,00	3,00	741	250	2 866 719
ICKE BÄRANDE INNERVÄGGAR	4420	LÄTTBETONG 150 MM M2	0,01	125,00	0,80	11	330	
		SCHAKTVÄGG GIPS A30 M2	0,16	70,00	0,80	136	421	
		SCHAKTVÄGG GIPS A60 M2	0,001	90,00	1,00		858	
		SCHAKTVÄGG GIPS A15 M2	0,07	50,00	1,00	61	972	
		RUMSSKILJANDE I LGH M2	0,64	70,00	0,80	546	517	
		RUMSSKILJANDE I ALLM UTR M2	0,03	95,00	1,00	28	100	
		VÄGG MOT ALLM UTR 52 DB	0,03	150,00	1,50	44	064	
		GIPSVÄGG MED ELDORÄN M2	0,03	70,00	0,80	25	569	
		GIPSVÄGG VID ELSCHAKT M2	0,002	50,00	1,00	1	497	
		GIPSVÄGG E 70/70 A60 M2	0,01	80,00	1,00	9	941	
		GIPSVÄGG E 95/70 A60 M2	0,01	85,00	1,00	5	688	
		GIPSVÄGG E 95/70 A120 M2	0,003	175,00	1,70	5	306	
		LÄGENHETSÄGG MOT KALLF M2	0,001	160,00	1,60	2	203	
		VÄGG MELLAN KLK O KÖK M2	0,02	70,00	0,80	13	192	
		ELSKÅPSFRONT M2	0,01	350,00	1,00	15	049	
		VÄGG MELLAN LGHFÖRRÄD M2	0,04	100,00	1,00	44	982	
		Ö TILLÄGG ST	0,01	3 000,00	3,00	221	760	
		D TILLÄGG ST	0,06	600,00	1,50	217	263	
		INKL SDPVENT M2	0,002	200,00	2,00	3	672	1 335 401
BÄRANDE INNERVÄGGAR	2381	FORM M2	2,00	50,00	0,20	385	771	
		ARMERING KG	5,32	4,00	0,03	109	583	
		BETONG K25 M3	0,15	475,00	0,80	216	813	



		BEHANDLING BTG M2	2,00	5,00	0,05	60 723	
		OPPNINGAR M2	0,05	1 200,00	2,50	189 016	961 905
BJÄLKLAG	5121	FORM M2	1,00	60,00	0,40	624 762	
		ARMERING KG	13,30	4,00	0,03	589 145	
		BETONG M25 M3	0,19	475,00	0,50	537 577	
		SPACKLING M2	1,00	40,00		204 840	1 956 324
TAK	883	UPPSTOLPNING M2	2,00	50,00	0,10	115 664	
		RÄSPONT M2	1,00	40,00	0,25	69 531	
		U-PAPP M2	1,00	25,00	0,10	35 759	
		FÄLSAD PLÅT M2	1,00	325,00		286 953	
		RW 1367-00+RW 1539-00 295MM	1,00	75,00	0,15	86 748	
		KOMPLETTERING M2	1,00	50,00	0,20	71 517	666 171
BALKONER	37	BALKONPLÅTTA INKL. RÄCKE M2	1,00	7 500,00	5,00	306 175	306 175
KOMPLETTERING	1	SDPVÄXLARE ST	3	12 000,00	5,00	38 325	
		TRAPPLÖP 1/2 ST	38	5 000,00	5,00	219 450	
		YTTERDÖRRAR ST	44	3 500,00	3,00	174 460	
		FÖRRÄDSINREDNING M2	352	400,00	0,50	168 080	
		SOCKEL MM LM	5280	10,00	0,10	134 640	
		SKÅP ST	704	550,00	1,00	496 320	
		KLK LGH	44	300,00	1,00	20 020	
		SKIVOR LGH	44	600,00	1,00	33 220	
		BESLAG LGH	44	300,00	2,00	26 840	
		HATTHYLLA LGH	44	300,00	0,50	16 610	
		SPIS LGH	44	3 000,00	1,00	138 820	
		KYL/FRYS LGH	44	3 500,00	1,00	160 820	
		DISKBANK ST	44	1 200,00	1,00	59 620	
		SPISKÅPA LGH	44	750,00	1,00	39 820	1 727 045
YTSIKT	5121	PLÅST/LIN M2	0,60	90,00		276 534	
		PARKETT M2	0,30	250,00		384 075	
		KLINKER M2	0,10	450,00		230 445	
		KÄKEL INKL. FUKTSPÄRR M2	0,10	250,00		128 025	1 019 079
MÅLNING	5121	INKL. VÄV/TAPET M2	1,00	225		1 152 225	1 152 225
BYF	5121	BYGG FÖR INST M2	1,00	20,00	0,10	181 796	181 796
S:A							12 855 615
OMKÖSTNADER	25%						3 213 904
S:A EXKL. ARVODE							16 069 518
ARVODE	8%						1 285 561
SUMMA BYGG							17 355 080
INSTALLATIONER:							
ELINSTALLATION	5121	PER M2 BTA	1,00	250		1 280 250	
VÄRMEINSTALLATION	5121	PER M2 BTA	1,00	200		1 024 200	
SANITETSINSTALLATION	5121	PER M2 BTA	1,00	200		1 024 200	

LUFTBEHANDLING	5121	PER M2 BTA	1,00	300	1 536 300	
HISSINSTALLATION ST	3	PER ST	1,00	210000	630 000	5 494 950
DMKOSTNADER	12X					659 394
S:A EXKL ARVODE						6 154 344
ARVODE	6X					369 261
SUMMA INSTALLATIONER						6 523 605
SUMMA ENTREPRENAD						23 878 644
=====						

## 9. SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

Detta arbete kan ses som en förenklad form av konceptuell modellering av ett byggnadsverk. Med detta begrepp menas följande:

De beskrivningar, kalkyler, ritningar, CAD-ritningar m.m. som tas fram under en projektering bildar tillsammans en s.k. produktmodell av den blivande byggnaden. Med "produktmodell" menas således samtliga tillgängliga data om projektet. Denna produktmodell bör lagras i CAD-systemets minnesfunktion, på ett sådant sätt att man enkelt kan ta ut information om byggnaden i form av projektioner av modellen. Dessa projektioner kan representeras på olika sätt, som listor, ritningar, beskrivningstext m.m.

Inom en nära framtid kommer idén med konceptuell modellering bli konkret verklighet i projekteringsarbetet, men med dagens CAD-teknik är det i praktiken knappast möjligt att komma så mycket längre, än vad som gjorts i detta forskningsprojekt.

Det GDS-system som använts här, och merparten av övriga CAD-system, kan inte erbjuda några reella databasfunktioner, utan lagrar informationen i CAD-filer.

I framtiden kommer CAD-systemen att byggas upp kring "relationsdatabaser" - med vilket menas ett "nätverk" av datamängder som kopplats till varandra med olika typer av relationer. För CAD innebär detta att varje objekt kan försees med ett antal relationer som klart anger var, när och på vilket sätt objektet förekommer i CAD-modellen. Man lagrar då definierade byggdelar eller komponenter m.m. som objekt i en databas. Till objekten kan kopplas objektegenskaper, och man kan definiera de relationer som gäller mellan de olika objekten.

En utgångspunkt för detta forskningsprojekt har därför varit att hitta metoder för gradvis anpassning av projekteringsmetodiken till de möjligheter som teknologin kring relations-

databaserna kommer att erbjuda i framtiden.

BSAB's P2-tabell har således framför allt använts som ett medel för utplacering och avgränsning av komponenter och byggdelar. Man kan sedan i princip koppla dessa objekt till en databas bredvid det ritade.

Inom GDS-sfären finns f.n. en relationsdatabas, "ORACLE", som s.a.s. ligger bredvid GDS' CAD-system. Däremot finns det inte ännu någon relationsdatabas för grafik.

För att man skall kunna använda relationsdatabasen, bör objekten klassificeras som tillhörande ett flertal olika strukturer (= nät av relationer mellan objekt). I princip är en struktur ett sorteringsbegrepp, där ett antal objekt 'a, b, c ...n' relateras till varandra, i ett mönster. Principen bygger på att samma objekt skall kunna ingå i ett stort antal strukturer. Ibland används begreppet 'klass' istället - och man vill då ha sagt att varje objekt kan tänkas tillhöra olika klasser. Man använder ett kod-system för att dels representera strukturen, dels kunna söka i databasen.

Med ett generellt klassifikationssystem kan man på ett generellt och standardiserat sätt avgränsa och definiera sina objekt. BSAB-systemets tabeller har genomgående visat sig vara relativt enkla att tillämpa, samtidigt som de har givit informationshanteringen i projekteringen en välbehövlig stadga.

Klassifikationen av objekt bör följa en princip. Denna princip skall dels vara så enkel att den inte utgör en onödig restriktion för CAD-projektörerna, dels skall den innebära att klassifikationen omfattar byggnadens samtliga delar, komponenter och funktioner.

## 9.1 DESIGNTEORETISKA UTGÅNGSPUNKTER

Med "designteori" menas här olika teorier och begrepp som tillämpas vid forskning om utformnings- eller gestaltungsprocessen ("designprocessen"). Man kan knappast forska om

gestaltning som någonting "i sig", utan snarare måste man försöka se gestaltungsfrågorna som invävda i arkitekturfrågorna överhuvudtaget. Vi når således kunskap om byggnadsgestaltningen endast indirekt, via forskning och utvecklingsarbete kring byggprojekteringens redskap, roller och organisationsformer.

Man bör ta ett helhetsgrepp på projekteringen och via CAD se till att integrera sekvensen Rita - Mängda - Beskriva - Räkna - med en gradvis ökande bestämning av byggprojektets utformning. Ett problem för dagens CAD-teknik är att vid ett visst läge blir det svårt att föra på ny information. Människa-maskin-systemet blir för tungt och trögörsligt; man kan helt enkelt inte hålla på och lägga in tillräckligt mycket information på alla tillämpliga ställen i modellen tillräckligt fort.

Ett centralt moment i projekteringsarbetet är den gemensamma bedömningen av de framtagna utformningsalternativen. Återkopplingen är således mycket viktig för att man skall kunna bedöma förslag på ett säkert underlag i form av kalkyler och bedömningar som grundats på mängdavgtagningar och preliminära beskrivningar.

En medveten begränsning har varit att inte behandla projekteringsprocessen i dess helhet. Projektet har avgränsats till att gälla det känsliga skede i processen där systemhandlingarna snart är färdiga och en del av produktionshandlingarna har börjat komma fram. Just i detta läge är det viktigt att kunna stämna av byggprojektet ekonomiskt, via kalkyler som grundats på relativt detaljerade, men inte fullständiga ritningar och beskrivningar. Den mängdavgtagning som görs här, håller sig på byggnadsnivån.

Produktmodellen" av byggnaden omfattar summan av framtagna projektdata. Projektörer m.fl. utvärderar modellen kontinuerligt och justerar dess egenskaper, om det behövs. Modellen av byggprojektet preciseras gradvis, efterhand som olika frågor behandlas.

## 9.2 FORSKNINGSPROJEKTETS PROBLEMATIK

Detta forskningsprojekt har utgått från några grundläggande frågor: - I vilka strukturer bör man lägga in data, för att CAD-systemet skall kunna utnyttjas rationellt som projekteringshjälpmedel? Hur bör grafisk eller alfanumerisk information om byggprojekt lämpligen indelas och klassificeras, i samband med att man lägger in, bearbetar, flyttar, lagrar och kommunicerar information i ett CAD-system? Vilka är de minsta möjliga bitar information som man kan hantera på ett rationellt sätt?

BSAB har fungerat som en länk mellan FoU-projektets grundfråga och de konkreta tester och undersökningar som gjorts. En utgångspunkt för detta har varit följande:

- Principer för indelning och sortering av information måste baseras på etablerad praxis inom byggsektorn. En lämplig utgångspunkt bör därför vara de etablerade systemen för klassifikation och kodning av information inom byggandet, som t.ex. BSAB-systemet. Den stora fördelen är att man får samma indelningsgrund för projektbunden (ritningar, beskrivningar m.m.), projektrelaterad (fr.a. AMA) och allmän information (handböcker, forskningsrapporter m.m.). Designprocessen bör präglas av en systematisk växelverkan och återkoppling mellan ritande, beskrivningsarbete, mängdning och kalkyl.

Man bör undvika att använda CAD som löpande band för ritproduktion. Designprocessen är inte linjär, utan beroende av ständiga återkopplingar och växlingar mellan olika abstraktionsnivåer och skeden i utformningsprocessen. Därför är det viktigt att hitta fram till metoder som kontinuerligt ger något slag av mått på olika alternativ, vid olika grad av precisering, och vid olika skeden i processen.

Frågorna om indelning och klassifikation av information bör - som påpekats - länkas till frågorna om hur en CAD-projektör "egentligen" tänker, söker information, löser problem, samt representerar och redovisar problem och lösningar. Som underlag för gjorda tester och försök med CAD analyserades och beskrevs fyra typiska arbetssituationer:

- att rita med CAD
- att beskriva med CAD
- att ta av mängder med CAD
- att kalkylera med CAD

Detta forskningsprojekt har således haft två huvudsyften:

- att definiera förnuftiga sorteringsprinciper för inmatning och lagring av data kring ett byggprojekt i ett CAD-systems datafiler;
- att få fram rationella principer för kombination och sammanställning av dessa projektdata till användbara informationselement.

De flesta av de CAD-användande företagen råkar ut för ungefär samma typ av problem, vilket gör att problematiken kan generaliseras, till viss del. Däremot blir svaren ofta speciella och relaterade till den unika situationen.

Projektet har således behandlat fyra typer av problem:

- överförandet av information mellan projekterings olika skeden;
- utveckling av metoder för framtagning av underlag för mängdning;
- analys av metodik för byggherrens kostnadsstyrning;
- koppling av "ritning" till "beskrivning".

Mot denna bakgrund kan en huvudfråga formuleras:

- Efter vilka principer bör en CAD-modell i ett CAD-system byggas upp.

Vi har också behandlat vissa kognitionspsykologiska aspekter på CAD, som till exempel vilka minsta "informationsbitar" en CAD-projektör bör kunna hantera.

Den kognitionspsykologiska forskningen av idag visar på en lång rad faktorer som borde få vara av betydelse för hur man utformar respektive använder CAD-system. Ett vanligt fel är att man lastar på CAD-operatören alltför många arbetsuppgifter och allt för mycket information att hantera samtidigt och i ett sammanhang. Kognitionspsykologerna har numera visat

att en människa knappast klarar av att hantera mer än  $7 \pm 2$  "bitar" information åt gången, något som gör att det framstår som olämpligt att ålägga CAD-projektören att arbeta med alltför uppdelade och snävt avgränsade "informationsbitar".

Man bör så långt som möjligt satsa på människans perceptions- förmåga (d.v.s. förmågan att se och uppleva omvärlden i mönster och helheter), snarare än på en minnesfunktion som är relativt bristfällig och opålitlig vad gäller koder och nummerserier.

En viktig del av arkitekt- och projektörsarbetet består i att göra bedömningar av utformningsalternativ. Dessa bedömningar görs oftast intuitivt, på grundval av olika skönsregler (t.ex. referenser till typfall).

De mycket stora informationsmängder som behandlas i projekteringsprocessen kan hjälpligt hanteras, tack vare att arkitekter och andra byggprojektörer tränats i konsten att se och uppfatta mönster och helheter i den relevanta informationen. Yrkeskunnandet visar sig i en förmåga till en mönsterigenkänning, d.v.s. i förmågan att bedöma en omfångsrik och komplicerad mängd information. Det vore därför olyckligt om man börjar använda CAD-tekniken på ett sådant sätt att projekteringsprocessen fragmentariseras, t.ex. genom att man utformar CAD-systemen så att användaren inte kan använda sig av sin "egentliga" yrkeskompetens - förmågan till helhet och överblick. Det är därför viktigt att man så mycket som möjligt använder sig av information i grafisk form, samt att man inte ålägger CAD-projektören att arbeta med alltför små "informationsbitar".

Vid projektering med GDS väljer CAD-projektören på vilken detaljeringsnivå han vill lägga informationen. En tänkbar uppdelning i fyra nivåer framgår nedan:

"nivå 4".....byggnad, byggnadsdel, rumssamband,  
omgivning o.s.v.  
"nivå 3".....rum, trappa, korridor, yttervägg...  
"nivå 2".....väggar, fönster, dörrar...  
"nivå 1".....linjer, punkter, ytor...



I detta forskningsprojekt har vi valt att lägga in informationen på byggnadsnivå enligt BSAB-systemets P2-tabell, vilket motsvarar nivå 2 enligt ovan. Om CAD-projektören samtidigt vill hålla informationen sorterad efter den ena eller båda av de övre nivåerna, måste han själv addera uppgifter om detta.

Detta är ett generellt problem. Den nuvarande CAD-tekniken, oavsett system, innebär en projekteringsmetod, där projektören tvingas bestämma detaljerna tidigt.

CAD-projektering innebär till stor del att projektören måste sortera in de viktigaste arkitekturbegreppen med hjälp av följande sorteringsbegrepp: tid, nivå och plats. Begreppet "vägg" kommer t.ex. in på en viss tidpunkt i projekteringsprocessen, och på en viss detaljeringsnivå i dokumentationen, samt på en viss plats i byggnaden (som anges av dokumenten).

Kalkylarbetets nivåer är intressanta här, eftersom man ju då skissar på projektets kostnader, med osäkerheter inlagda. Detta sätt att arbeta motsvarar arkitektens skissarbete, men med en annan typ av etapp- och momentindelning.

Huvudfrågorna har delats upp i ett antal delfrågor:

- Hur bör CAD-modellen byggas upp för rationell ritningshantering under projekteringsarbetet?
- Hur bör CAD-modellen byggas upp för mängdning av komponenter som dörrar, fönster och olika ytor?
- Hur bör CAD-modellen byggas upp för att användas som underlag för beskrivningar, t.ex. byggnadsbeskrivning?
- Hur bör CAD-modellen byggas upp för kostnads kalkylering?
- Vilka negativa eller positiva effekter på projekteringsarbetet har en överarbetning för mängdning, kalkyl och beskrivning?

### 9.3 ATT RITA

Den traditionella projekteringsprocessen förutsätter en kontinuerligt ökande grad av bestämning. En projektering i CAD måste ofta i tidiga skeden arbeta med en prototyp, som inte är definitivt preciserad. Under hand som projektets detaljeringsgrad ökar, byts prototypen ut mot en mer preciserad komponent.

Det finns ingen "informativ osäkerhet" i presentationer via CAD, som i handgjorda skisser, där ritmanéret visar på graden av säkerhet i utformningen. Vid CAD-projektering tenderar allting att bli måttsatt och färdigbestämt, i och med att informationen läggs in i systemet. Detta ställer stora krav på CAD-systemets faciliteter för revidering och bearbetning i efterhand.

Ett viktigt moment i CAD-arbetet är definierandet av "objekt". Det är viktigt att alla som medverkar i ett projekt utgår från samma indelningssystem, eftersom man använder varandras ritningar som underlag för sitt eget arbete.

En arbetsmetod för ritande, beskrivande, mängdning och kalkyl, via CAD, bör stå i överensstämmelse med följande punkter, för att passa för arkitektens sätt att arbeta:

- Det bör vara möjligt att börja tidigt med CAD i designprocessen, att göra successiva ändringar och preciseringar och att ta fram beskrivning, mängdning och kalkyl ur ritningsdatabasen när det behövs.
- Det bör vara möjligt att rita och ändra i det som ritats, med CAD-systemets egna ritkommandon, utan att detta omöjliggör beskrivning, mängdning och kalkyl med stöd av CAD-modellen.
- CAD-systemet bör medge en växling mellan olika grader av bestämdhet. Exempelvis: Begreppet "dörr" är ganska obestämt, men t.ex. "ytterdörr av teak" är närmare idealet "fullständigt bestämt". Ju fler egenskaper man lägger till objektet "dörr",

desto mer ökar graden av bestämning av slutprodukten.

- Säkraste sättet att lyckas "bra" med ett CAD-system, är att arbeta med element som varit givna från början. Om man t.ex. låser bostäders utformning ganska tidigt i processen, är detta en fördel ur kopieringssynpunkt. Å andra sidan är detta att låta CAD-tekniken ta överhand på ett olyckligt sätt, eftersom det från utformningssynpunkt oftast är bäst om man undviker att låsa upp elementen alltför tidigt.
- BSAB's indelning låser i viss mån projektören till en detaljnivå. Det belastar CAD-projektörens minne om han hela tiden måste hålla kopplingen till byggdelsnivån, även om man för tillfället hellre vill arbeta och tänka på en högre nivå. Det visar sig emellertid att P2-tabellens indelning trots allt ligger ganska nära projekteringsarbetets indelning. Det har visat sig möjligt att använda också när projektören studerar rumsfunktioner, även om en funktionsvis indelning vore lämpligare i detta skede.
- BSAB-systemet erbjuder en vettig utgångspunkt för strukturering av grafiska data i en CAD-modell. Över huvud taget är det ganska givet att en branschgemensam systematik måste användas i ett branschgemensamt produktionsflöde. I en process där många deltar, bör man ha ett etablerat, gemensamt system.
- Ett påtagligt problem med BSAB-systemet är emellertid att det inte omfattar den kanske viktigaste delen av design- eller utformningsskedet, d.v.s. bestämningen av relationer och samband mellan "verksamheter" och "lokaler". En viktig framtida extension av BSAB bör därför gälla olika former av utrymmesklassifikation.

Det är önskvärt att en sådan utrymmesklassifikation kan kopplas till byggdelsklassifikationen enligt BSAB-systemets P2-tabell. Detta möjliggör en projekteringsprocess där objekten tidigt definieras som rum eller funktioner, vilket underlättar skissning med hjälp av CAD. När projektet börjar bli mer definierat, skulle en övergång kunna ske till byggdelsdefinierade objekt, utan att CAD-modellen behöver göras om.

- Interaktionen mellan människa och maskin är viktig. Det skall vara lätt att använda CAD. Förklaringen till att BSAB-tabellen kan fungera bra som en ordnande princip för CAD-projekteringen, är att den följer människans "naturliga" sätt att tänka. Dessutom måste system BSAB 83 oavsett allting annat ändå läras in av projektörerna, eftersom systemet går igen i ritningsnumrering, mängdning m.m.
- CAD upplevs av många som ett abstrakt medium. Man bör därför använda ett grafikorienterat "interface" (den programvara och de redskap som ger användaren en möjlighet att styra och kommunicera med CAD-systemet) så långt som möjligt. Ur ett kognitionspsykologiskt perspektiv framstår det som inte helt lämpligt att CAD-systemet bygger på koder och namn, eftersom det då blir svårt att använda. I och för sig bör man bygga systemet så långt som möjligt på människans förmåga till perception och hennes förmåga att tolka sina egna minnesbilder, men samtidigt är det så, att om man har arbetat länge med CAD, bygger man upp en erfarenhetsbank, och då är det bekvämt att använda en kod.

#### 9.4 ATT BESKRIVA

En byggdelsbeskrivning enligt P2-tabellen kan tas fram ur en CAD-modell med hjälp av ett Basicprogram. Objektstrukturen, som i sig är uppbyggd efter P2-tabellen, måste kompletteras med "property-data", som innehåller beskrivningstext eller refererar till listor med beskrivningstext.

Om beskrivningar kan tas fram, samtidigt som projektet ritas, kan de bidra till det egentliga utformningsarbetet, genom att tillsammans med ritningarna utgöra beslutsunderlag i tidiga skeden. Ett konkret exempel är en byggdelsbeskrivning som underlag för tidig kalkyl, som i sin tur utgör underlag för beslut i designprocessen. Fördelarna med att koppla beskrivningen till CAD-modellen är att samordningen mellan ritning och beskrivning förbättras.

Projektören har oftast en mängd idéer och intentioner som inte syns på ritning och som i nuläget inte kan läggas in i CAD-systemet. I framtiden kan "beskrivningsdelen" av ett CAD-system fungera som ett "annotationssystem" (något slags kontinuerlig arbetsbok / dagbok / minnesstöd), för minnesanteckningar, uppslag och referenser, typ lösa minneslappar. Denna typ av beskrivning bör framför allt användas under projekteringen, innan man fryser projektet i en given form.

Vi gjorde inte några konkreta tester av arbete med rumsbeskrivning. I stället försökte vi analysera hur en rumsbeskrivning skulle kunna tas fram ur en CAD-modell. En metod är att lägga in specifikationstext på respektive byggdel och sedan, med hjälp av speciellt framtagna program, avsöka modellen rumsvis efter specifikationstexterna.

Detta arbetssätt ger en bra samordning mellan CAD-modellens grafik och rumsbeskrivningen. Uppbyggd på detta sätt utgör grafiken också ett bra underlag för mängdavgivning. Arbetssättet kan emellertid betunga ritprocessen avsevärt, speciellt i tidiga skeden av processen:

- En revidering av rumsgrafiken måste utföras med hjälp av samordnade rutiner som ser till att rumsobjekt följer sina nya begränsningar.
- Övriga, för grafiken "överflödiga" men till rummet relaterade objekt måste också flyttas med speciella rutiner.
- All beskrivningstext måste redigeras inom CAD-systemet, vilket detta är dåligt lämpat för i dagens läge.

Vi gjorde inte några konkreta tester av arbete med material- och arbetsbeskrivning. Däremot har vi försökt analysera vad ett sådant moment i projekteringsskedet skulle innebära: AMA-koder lägges som "properties" på CAD-modellens objekt. Dessa koder utgör sedan nycklar till beskrivningstexter i ett beskrivningsprogram. Material- och arbetsbeskrivningen kan sedan definieras i sina huvuddrag i GDS och färdigställas i ett beskrivningsprogram.

Den metod som testades var att med hjälp av ett Basic-program lägga in beskrivningstext ända ner på byggdelsnivå i en CAD-modell. Metoden testades endast i liten skala och i ett husprojekt där CAD-ritningarna redan var färdiga. Trots dessa begränsningar visade testet att beskrivningstext enkelt och vid valfri tidpunkt kan läggas in på den relevanta nivån i ett projekt. På byggdelsnivån lades texten in direkt kopplad till den grafik som representerar respektive byggdel. Beskrivningstexten kunde sedan skrivas ut kopplad till byggdelarna, uppställd efter BSAB-systemets principer.

Testet visar att en byggdelsbeskrivning som tagits fram på detta sätt, bidrar till ordningen och överblicken i ett CAD-projekt, både för CAD-projektören och för avnämaren.

## 9.5 ATT MÄNGDA

Det genomförda testet visar att det är fullt möjligt att göra detaljerade mängdningar med hjälp av CAD, men att detta kräver en avsevärd överarbetning av CAD-modellen, jämfört med vad som krävs för enbart ritningsframställning. Vi har strävat efter att finna arbetsmetoder för detaljerad mängdning som inte hämmar projekteringsprocessen.

Precisionen i mängdningen är beroende av hur detaljerat man gör beskrivningen. Men det blir alltid en viss grad av felaktigheter vid denna typ av mängdning. Man kan nog inte komma upp i mer än uppskattningsvis 95 % sannolikhet för korrekt mängd. Det är inte värt besväret att kontrollera hela filen, så att man får ut helt korrekta mängder. Däremot är det i princip möjligt att göra, om det visar sig uppkomma behov av detta.

En mängdning som kan göras med 95 % säkerhet är fullt tillräcklig som återkoppling under projekteringen. Det är först under anbuds- och produktionsskedet som man behöver en ökad precision och detaljeringsgrad.

I det test som genomförts, drevs överarbetningen av CAD-modellen till en "rimlig" nivå, för att inte låsa in projektören i rigida och hämmande ritregler. Projektören kan arbeta någorlunda fritt med GDS grundkommandon, förutsatt att han följer vissa principer för döpning av objekt.

En kontrollfunktion lades in före mängdningen, varvid CAD-modellen justerades och eventuella fel som kunnat uppstå p.g.a. det fria arbetssättet rättades till. Även detta sätt att arbeta kräver dock mer arbete än om enbart ritningar skall produceras.

Den "automatiska" kontrollen fungerar endast om ett objekt är rätt inmatat. Kontrollfunktionen måste därför kompletteras med mänsklig kontroll av materialet. Den "automatiska" kontrollen ser endast de mest "sannolika" felaktigheterna. Undantagsfelen slinker lätt igenom.

Oberoende av vilket CAD-system som används, finns det ett par CAD-specifika problem som måste uppmärksammas:

- Ett CAD-system ger möjlighet att hantera stora mängder grafik i ett sammanhang. Hanteringen är snabb och exakt, vilket, paradoxalt nog, kan få icke önskvärda konsekvenser. Likadana objekt kan av misstag kopieras ovanpå varandra. De är sedan inte möjliga att särskilja visuellt.
- På samma sätt kan linjedelar i ett objekt gömmas under andra linjer eller under andra objekt av samma typ, vilket påverkar mängdningen av material, då denna mängdning relaterar till objektens linjelängd.

För att få fram ett riktigt urval av byggdelar för mängdning krävs program som söker av aktuella ritningar på efterfrågade objektklasser. Vidare behövs program som sorterar och listar objekten till läsbar och överblickbar form.

Antalsmängdning behöver ofta utföras över flera plan och i sammanställning med flera olika byggdelar. Man vill dessutom ofta göra en sortering efter ett flertal villkor i CAD-modellen. Därför tog vi fram en speciell rapportgenerator för

antalsmängdning, trots att CAD-systemet tillhandahåller en generell sådan.

Materialmängdning av längder och ytor ställer samma krav som antalsmängdning.

För beräkningen av objektlängder krävs dessutom att programmet kan läsa av CAD-modellen och för varje plan summera linjelängden inom varje objektstyp. I de fall höjduppgifter för ytberäkningen saknas, måste uppgiften hämtas från annat håll. Rapportgeneratoren måste därför också ange varifrån programmet hämtat sina uppgifter samt presentera såväl "sortlösa" resultat gällande grafikens utsträckning som utförliga materialmängder för kontrollen efteråt.

Materialmängdning av areor och volymer innebär att ett program ska kunna definiera de ytor som omsluts av objektgrafik. I de fall grafiken ej sluter ytor måste programmet anta slutande räta linjer. I de fall ytor omsluts av grafik med korsande linjer ska programmet dela upp ytorna i delytor. Programmet måste också rapportera resultat, approximeringar och antaganden så att resultatet kan kontrolleras och rimlighetsbedömas i efterhand.

För att tillgodose dessa krav måste objektsökning och sortering kunna ske dels med avseende på varje enskilt objekt, dels med avseende på objektstyp. För t.ex. materialmängdningsrapporten krävs redovisning typvis, medan beräkningarna måste utföras på varje enskild byggdel. Program som kan söka, sortera och lista objekt efter objektsnamn, respektive "property data" behövs.

CAD-systemet tillhandahåller snabba rutiner för redigering av grafik och objektsnamn. Redigeringen av "property data" är dock alltför generell för att tillåta en snabb hantering av de objekttegenskaper som är nödvändiga för mängdningen. Program med speciella funktioner för kopiering och sammanläggning av vissa projektspecifika "properties" togs därför fram inom forskningsprojektets ram.



En mer översiktlig mängdning som underlag för tidig kalkyl har visat sig vara relativt enkel att ta fram. En sådan mängdning ställer också relativt små krav på överarbetning av CAD-modellen.

## 9.6 ATT KALKYLERA

Det genomförda testet visade att det var relativt enkelt att få fram indata åt kalkylprogrammet ur ritningsfilen. Trots att kalkylprogrammet inte begärde byggdelar som sorterats strikt efter BSAB-systemets P2-tabell, kunde man ta fram relevanta mängdposter ur ritningsfilen. Den person som utförde kalkylen, kunde göra inmatningen av mängdfilen och själva kalkylarbetet, utan att ens se ritningarna över projektet. Att inte ha tillgång till ritningar medför självfallet en sämre säkerhet i kalkylen, då man inte kan göra en avvägning av hur komplicerande faktorer spelar in. Ritningen är ett nödvändigt komplement till mängdfilen.

En viktig fråga är om det är en nackdel att kalkylens indata inte följer BSAB-tabellen? Men erfarenheten från testet är att man relativt enkelt kan sortera om data, så att det passar kalkylprogrammets indelning. Det väsentliga är att CAD-projektören får besked från kalkylatorn om hur han vill ha sina mängder fördelade. Även om detta innebär att man i viss mån överger BSAB's indelning, är det en styrka att ha en fast struktur på materialet från början, vilket gör det enkelt att snabbt sortera om, utifrån nya krav.

Kalkylen i testet gjordes utifrån en långt detaljerad "färdig" CAD-modell. Men denna typ av kalkyler har störst värde i projekterings tidiga skeden, d.v.s. innan CAD-modellen har hunnit uppnå denna detaljeringsgrad. I de tidiga skedena är objekten ofta mindre väl definierade, d.v.s. de har objektsnamn på en högre nivå i BSAB-systemet. För tidiga kalkyler räcker emellertid denna nivå mycket väl. Man kan t.ex. låta mellanväggar, dörrar, fönster etc vara olittrerade. Det viktiga är att totalmängden mellanväggar, dörrar, fönster etc kan tas fram.

I ett ännu tidigare skede av projekteringen kan totalmängder av olika ytor ge tillräcklig information för en godtagbar kalkyl. Den arbetsmetodik som testats här, bör således kunna fungera bra, även i tidiga skeden av projekteringsprocessen.

De CAD-system som finns på marknaden idag erbjuder vissa möjligheter och utesluter i princip andra möjligheter till mängdning. Ett syfte med detta forskningsprojekt har således varit att hitta och identifiera brister och "luckor" i mängdningsfaciliteterna. För den som använder CAD är det en nödvändig kunskap att veta hur och vad CAD-systemet kan mäta.

Just i de tidiga skedena vill man inte ha in "automatiska" korrigeringar, eftersom det innebär att man tappar kontrollfunktionen vad gäller mängdposternas kvalitet. De nödvändiga korrigeringarna gör man därför lämpligen senare i processen. Entreprenörens mängdning och kalkyl inför anbud och produktionsplanering förutsätter en helt annan organisation och andra resurser, som man i och för sig kanske klarar i konsultledet, men som knappast behövs för den egentliga produktutformningens behov.

För kalkyler i tidiga skeden vill man kunna tillämpa en 20-80 % regel för materialets precision och täckning. I tidiga skeden gäller det framför allt att hitta helheten och att kunna hålla ordning på mängdposter m.m. information med hjälp av geometrin, d.v.s. den grafiska informationen. Det väsentliga ur kalkylatorns perspektiv är här att man får med alla relevanta poster - inte att allt är precist! Det snabbaste sättet är att göra överslag direkt från ritning, för mycket preliminära översikter. Precisionen i kalkylen behöver inte nödvändigtvis växa med mängden variabler. Däremot riskerar man att i onödan få mera jobb.

En komplettering av BSAB-systemet, i form av en utrymmesklassifikation (se bl.a. kap 9.3 Att rita), skulle vara ett värdefullt verktyg för tidig kalkyl. En CAD-modell, uppbyggd efter en utrymmesrelaterad objektstruktur, borde kunna generera mängdfiler som är lämpliga för tidiga kalkyler.

## Bil. 1 GDS INOM FFNS

Den CAD-utrustning som använts i detta FoU-projekt är GDS. Anskaffningen och tillämpningen av detta CAD-system har givetvis styrts av användarorganisationens behov och uppbyggnad. Det bör därför vara av ett visst intresse med en kort beskrivning av den organisatoriska ramen kring det GDS-system som använts för de experiment som utförts inom detta forskningsprojekt.

1958 startades FFNS (Falck, Fogelvik, Nordström, Smas). FFNS har nu vuxit till ca 450 anställda hösten 1988 och med 22 platskontor. Stockholmskontoret är den största lokala enheten med ca 200 anställda, som är uppdelade i fyra studios. Varje studio består av ca 30 arkitekter och ingenjörer. Kring varje projekt bildas en projektgrupp under ledning av den projektansvarige.

1980 beslöt FFNS att börja använda CAD. Efter en utvärdering valdes det tvådimensionella CAD-systemet GDS från ARC i Cambridge, England.

Under den tid detta FoU-projekt pågått, har FFNS i Stockholm kört GDS från fyra grafiska arbetsstationer av märket Teletronix. På arkitektkontoret fanns en Calcomp pennplotter, och på FFNS-företaget Arkimedia AB fanns en Calcomp elektrostatplotter.

Från och med hösten 1988 kör FFNS GDS på egna arbetsstationer (VAX Station 2000) - som sammanlänkats -"klustrats"- via ett nät -"Ethernet"- med en MicroVAX 3600 som styrdator (d.v.s. som "bootnode" eller "fileserver").

De som arbetar med CAD skall sitta tillsammans med de övriga i projektgruppen. Därför bör arbetsstationerna vara små och lättflyttade, samt kunna placeras på ett vanligt ritbord.

I framtiden hoppas man att CAD-användandet skall bli mer integrerat i projekten. Det är därför viktigt med utbildning av fler medarbetare i CAD. Problemet är emellertid att CAD-

kompetensen måste vidmakthållas genom att man mer eller mindre kontinuerligt arbetar med systemet, samt att man alltid måste prioritera byggprojektets krav och villkor, som ju kan påkalla att man arbetar utanför CAD-systemet så länge att CAD-kunskaperna förloras.

Med början under 1986 har GDS kompletterats med ett antal arbetsstationer för Autocad. Avsikten är att Autocad och GDS skall komplettera varandra. Autocad passar väl till mindre projekt - eller till större projekt med enkel struktur och måttligt stora ritningar. GDS är genom sin uppbyggnad bättre lämpat för stora och komplexa projekt än Autocad. De möjligheter som GDS erbjuder att strukturera informationen i CAD-ritningarna, har varit en förutsättning för de tester som genomförts i detta forskningsprojekt.

## Bil. 2 ORDLISTA<sup>1</sup>

ADB Administrativ DataBehandling. Redovisning, styrning och kontroll av verksamheten inom en organisation.

Automatisk DataBehandling. Databehandling som huvudsakligen utföres med datorer.

alfanumeriska data. Data som representeras med bokstäver och siffror, inklusive specialtecken.

adress. Ett eller flera tecken som identifierar ett register, en viss del av ett minne eller någon annan källa eller något annat mål för data.

adresskatalog. Förteckning över identifierare och referenser till motsvarande dataelement. Synonym: directory.

aktivitet. Förekomst av viss verksamhet under givet tidsintervall.

aktualisera. Synonymer: uppdatera, dataunderhåll.

aktuell bild. Del av ritning under arbete.

alfanumerisk terminal. Terminal för att visa text och siffror.

algoritm. Uppsättning av väldefinierade regler för lösning av ett problem i ett ändligt antal steg.

analog. Avser representation av data med fysiska storheter som betraktas som kontinuerligt föränderliga. Ett exempel kan vara temperaturangivelse med termometer. Jfr digital.

användarens modell. En begreppslig modell, som avbildar användarens föreställningar och kunskaper (hans begreppsapparat), t.ex. vad gäller ett CAD-systems sätt att fungera.

användarsnitt. användargränssnitt. Den programvara och de faciliteter som möjliggör interaktion mellan användare och system. Synonym: User Interface.

applikationsprogramvara. Programvara för specifika tillämpningar, som t.ex. ordbehandling.

arbetsminne. Del av minne som används av ett datorprogram för snabb hantering av data.

arbetsstation. En dator för en användare, med så mycket datakraft att den ger möjligheter till decentraliserad, snabb och interaktiv databearbetning.

<sup>1</sup> Denna ordlista är avsedd att vara ett komplement för den som behöver få vissa begrepp i rapporten förklarade. Även begrepp som inte tas upp i rapporten finns medtagna, men ordlistan gör inte anspråk på att vara fullständig. Med undantag av vissa smärre kompletteringar följer denna lista motsvarande ordlista i Kjeldahl & Lundequist 1986.

arbetsätt. Engelska: processing mode.

assembler. Program som översätter från assemblerspråk till maskinkod. Assemblerspråk är ett datorinriktat språk där instruktionerna vanligen entydigt motsvarar datorinstruktioner, men även kan vara makroinstruktioner. Assemblerspråk skrivs med mnemotekniska förkortningar.

automatisering. Ändring av en procedur, en process eller en utrustning till att fungera automatiskt, d.v.s. att under vissa villkor fungera utan mänskligt ingripande.

avbildning. Mängd av storheter eller värden som vart och ett motsvaras av storheter eller värden i en annan mängd.

avsökare. Synonym: scanner.

backup-kopia. (Engelska: Backup Copy). Kopia av fil eller annan datamängd, som sparas för att användas om originalet blir förstört. Synonym: reservkopia.

bandstation. Enhet bestående av bandaggregat, magnethuvuden, styrorgan, och magnetminne, där data lagras genom magnetisk registrering på ytan av ett band som löper i sin längdriktning, d.v.s. magnetbandsminne (arkivminne), ett antal bandspelare för lagring av program och data.

batch. Sekventiell bearbetning av program, utan dialog med användaren. Mängd av data som samlats för att behandlas som en enhet.

baud. Måttenhet för överföringshastighet av data mellan dator och kringutrustning (bitar / sek).

bestämningar. De faktorer (skäl, motiv, tolkningar av fakta m.m.) som tillsammans "orsakar" a) att en viss händelse inträffar, b) alt. en viss process får ett visst förlopp, c) alt. en viss artefakt får en viss, specifik utformning o.s.v. (jfr produkt- eller egenskapsbestämning, design).

bildelement. Grundläggande grafiskt element som används för att bygga upp en skärmbild, t.ex. en punkt, en linje, en cirkelbåge.

bildpunkt. Den minsta del (pixel) av en dataskärm vars färg eller ljusenhet kan varieras.

bildskärm. Dataskärm som visar data i form av bilder. Synonym: grafisk dataskärm.

binär. Anger att ett val kan resultera i ett av två tillstånd.

bit = binär siffra. (Engelska: "Binary Digit"). Siffran 0 eller 1 använd i det binära talsystemet, som motsvarar strömimpulser typ "av" och "på".

bitkarta. Skärmbilden lagras i primärminnet och varje pixel svarar direkt mot bitar i minnet (Engelska: Bit Map).

byte = bitgrupp. En grupp av (oftast åtta) bitar, som behandlas som en enhet. Inom systemet skall ett byte motsvara ett alfa-numeriskt tecken, d.v.s. en bokstav eller en siffra.

CAD Computer Aided Design. Datorstött produktbestämning. Ett interaktivt datasystem för design och lagring av egenskapsdefinierade data om ett projekt eller en produkt.

CAE Computer Aided Engineering. Datorstött ingenjörsarbete, d.v.s. program för integration av olika typer av programvara, t.ex. för CAD, CAM och MPS.

CAM Computer Aided Manufacturing. Datorstött tillverkning, speciellt för helt automatiserade processer, t.ex. för numerisk styrning av maskiner. Termen används, något oegentligt, inom byggsektorn för att beteckna datorstöd till produktionsskedet.

CAD-modell. Annat namn för strukturerad ritningsdatafil. Den totala mängden data angående ett byggprojekt och den representation av byggprojektet som åstadkommes. Ur CAD-modellen kan olika typer av handlingar tas fram (mängdlistor, beskrivningar, kalkyler). Idén med CAD-modell innebär att de grafiska data som avser en given komponent endast behöver läggas in en gång, för att sedan utgöra underlag till alla de handlingar där denna komponent finns redovisad på något sätt.

CAD-ritning. Den mängd data som i CAD-modellen representerar en avgränsad del av projektet t.ex. ett våningsplan.

CPU Central Processing Unit. Centralprocessor / centralenhet. Uppdelas i styrenhet, logisk enhet och primärminne. I dator ingående enhet som kan tolka och utföra instruktioner.

cursor. Synonymer: kursor, markör.

data. Representation av fakta, begrepp eller instruktioner i en form som är lämpad för överföring, tolkning eller bearbetning som är utförd av människor eller av automatiska hjälpmedel.

databas. Mängd av data som består av minst en fil och som är tillräcklig för ett visst ändamål eller för ett visst databehandlingssystem och som kan utgöra del av en annan mängd av data, lagras systematiskt med inbördes logiska kopplingar, för att underlätta sökning efter specifika data.

databashanteringssystem. Programsystem som underlättar

upprättande och underhåll av en databas samt exekvering av datorprogram, som utnyttjar databasen.

datাবেহানđing. Exekvering av systematisk serie operationer på givna data.

datagrafi. Metoder och tekniker för att presentera data med bilder och för att i dialog mellan dator och användare modifiera bilderna. Synonymer: datorgrafi, grafisk datাবেহানđing. Engelska: Computer Graphics.

datalogi. Vetenskapsgrén som avser metoder och teknik i samband med automatisk datাবেহানđing.

datanät. Utrustning som möjliggör dataförbindelse mellan olika datorer och olika terminaler.

dataskärm. Utenhet som visar en icke permanent bild av data.

dataterminal. Funktionsenhet i datastation som fungerar antingen som datakälla eller som datamottagare och som kan kommunicera.

dataunderhåll. Synonymer: uppdatera, aktualisera.

datorkraft. Bearbetningskapacitet i datorsystem med tillhörande programvara, som är tillgänglig för ett flertal användare och tillämpningar.

datormognad. De inom en yrkeskår dominerande föreställningarna om datortekniken.

datorsystem. Dator jämte styransluten maskinvara.

design. Konsten att utforma ting, föremål, rum, organisationer, maskiner, byggnader och hela miljöer. Produktbestämning av abstrakta eller konkreta artefakter. Gestaltning, formgivning, konstruktion, organisationsutveckling, systemutveckling, projektering, utformning, egenskapsbestämning, produktbestämning. Design är konsten att lösa utformningsproblem.

designteori. Teorier om formgivning. Det medvetna reflektandet över designerns (arkitektens, formgivarens m.fl.) yrlespraxis. Se ovan.

dialog. (Engelska: Conversational Mode, Interactive Mode). Arbetssätt i datাবেহানđingssystem vid vilket en fölđ av frågor och svar mellan användare och system förekommer växelvis på sätt som liknar en dialog. Synonym: interaktivt arbetsätt.

digital. Data representeras med diskreta storheter (exempelvis: tryckt text). Digitala data består av en samling tecken som valts ur en ändlig teckenmängd, t.ex. alfabetet. Jfr analog.



digitizer. digitaliseringsbord. Skiva som kan känna av position för ett s.k. pekdon (penna eller rätta o.s.v.) och sända koordinaterna till datorn. Kan t.ex. användas för inmatning av en ritning. Synonym: tablett

directory. Synonym: adresskatalog.

direktminne. Direktåtkomstminne. Minne med möjlighet till direktåtkomst av data. Jfr sekventiellt minne.

DSP Datorstödd projektering. Tillämpning av datorstöd i delar av projekteringsprocessen.

elektrostatisk plotter. En kurvskrivare av rastertyp.

emulator. En kombination av maskin- och programvara och som tillåter att ett datorsystem exekverar datorprogram framställda för ett annat datorsystem. Emulering innebär således att man imiterar ett system med ett annat, huvudsakligen med maskinvara, så att det imiterade systemet tar emot samma data, exekverar samma program och når samma resultat som det imiterade systemet.

exekvera. Verkställa en process där ett program utförs av dator.

fil. Mängd av samhörande poster som behandlas som en enhet. Filhantering är att organisera, katalogisera, lagra och söka filer. En fil är således en bestämd mängd av data, som lagrats på något minnesmedium (magnetband, skivor m.m.).

floppydisc. Böjlig magnetskiva innesluten i skyddande hölje (8" och 3"), som framför allt används till bordsdatorer. Synonymer: flexskiva, diskett, kassettskiva.

funktionstangent. Tangent som initierar, modifierar eller avbryter en styroperation.

fönster. Del av virtuellt rum, avgränsad för att dess innehåll skall visas i ruta (d.v.s. en del av bildytan som tillfälligt avgränsats för visning av separat bild). Det virtuella rummet definieras av ett koordinatsystem som inte är beroende av bild-enheten. Jfr ruta. Jfr virtuellt rum.

GDS General Design System. Det CAD-system som använts i detta FoU-projekt.

grafisk databehandling. Synonym: datagrafi.

grafisk dataskärm. Synonym: bildskärm.

grafisk terminal. Skärmförsedd terminal som kan visa grafiska bilder.

gränssnitt. Gränsområde mellan enheter, som specificeras av

gemensamma fysiska egenskaper för anslutningspunkterna, signalernas utformning samt funktionella egenskaper hos anslutningsdon.

hard copy. Ger kopior av det som i ett visst ögonblick visas på skärmen.

heuristisk metod. Problemlösning med hjälp av olika "tumregler" till ett godtagbart resultat.

hårkors. En särskild typ av markör i form av ett rörligt kors på bildskärmen som kan styras med pekdon. Jfr markör.

högnivåspråk. Programspråk som inte är anpassat till en viss dator eller klass av datorer (Basic, Algol, Pascal o.s.v.).

informatik. Vetenskapsgren som avser information i allmänhet samt dess kommunikation och behandling.

inkrementalism. Ett sökande efter en lösning, som sker i små, tvekansteg, i riktning mot ett avlägset, vagt antytt mål.

integrerad databehandling. Databehandling där datainsamling och övriga moment av databehandling är samordnade, bl.a. genom att gemensamma dataformat används i hela systemet.

integrerat datorstöd. Ger stöd åt samordning och koordination i en projektorganisation.

intelligent terminal. Terminal med viss lokal datakraft.

interaktion. Dialog mellan användare och datasystem.

interaktivt arbetssätt. Synonym: dialog.

interface. Den programvara och de redskap som ger användaren en möjlighet att styra och kommunicera med CAD-systemet. Inom datalogin talar man också om interface mellan olika delsystem inom datasystemet.

interpretator. Datorprogram som utan översättning till maskinkod tolkar satser / kommandon i ett programspråk.

in-utenhet. in-ut-organ. Kringutrustning för kommunikation med datorn. I datorsystem ingående anordning som möjliggör att data förs in eller ut ur systemet.

joystick. Synonym: styrspak.

Kb kilobyte. Ett kilobyte = 1024 byte. En A4 maskinskriven text motsvarar ca 2 Kb.

kod. Uppsättning av entydiga regler för att representera data i digital form.

koda. Att vid databehandling representera data eller datorprogram i en symbolisk form som kan accepteras av en databehandlingsapparat.

kodad bild. Bildrepresentation som är avsedd för lagring och bearbetning i dator.

kombination. En samling olika ting, där den inbördes ordningen saknar betydelse.

kombinatorik. Att räkna fram antalet likvärdiga alternativ.

kommandospråk. De kommandon eller operationer som kan användas i systemet.

kompatibel. Överensstämmelse mellan datorer i vilka datorprogram kan köras utan nämvärda förändringar. Utrustning som passar ihop, t.ex. program som utvecklats på ett fabrikat av datorer och som kan köras på ett annat fabrikat.

kompilator. Datorprogram som används för att översätta program i högnivåspråk till maskinorienterat språk.

konvertera. Ändra representationen av data från en form till en annan, utan att ändra deras innebörd, t.ex. att konvertera analoga data till digitala data.

kravspecifikation. Specifikation av användarkrav på hur nytt system skall tillgodose uppställda mål. Jfr strukturering.

kringutrustning. Yttre enheter. I datorsystem ingående utrustning för datalagring, extern kommunikation eller andra uppgifter. Centralenheten undantages. All hårdvara som kan anslutas till centralenheten, som t.ex. terminal, plotter, skrivare m.m. Kallas ibland periferiutrustning.

kurvritare. Utenhet som ritar bilder som kan sparas på papper eller film. Synonymer: plotter, kurvskrivare.

kursor. Synonymer: cursor, markör.

kurvskrivare. Synonymer: plotter, kurvritare.

lager. En möjlighet att dela upp informationen på olika nivåer (lager), så att dessa nivåer (lager) vid utplottning kan kombineras samman till fr.a. en ritning

lagerteknik. En möjlighet att fritt dela upp och kombinera information.

ljuspenna. Pennformat, ljuskänsligt pekdon.

logga. Registrera data, vanligen kronologiskt, om händelser och fysiska tillstånd som uppträder i databehandlingssystem.

lågnivåspråk. Programspråk som är anpassat till en dator eller till en klass av datorer.

mainframe. Stordator som kräver t.ex. egen datorhall.

manual. Instruktionsbok till datasystem eller del av datorsystem.

markör. Flyttbar grafisk symbol som markerar den aktiva po-

sitionen på en skärmyta, d.v.s. anger plats där nästa operation utföres. Synonymer: cursor, kursor.

maskinspråk. Maskinnära språk som direkt kan exekveras i datorn.

maskinvara. Hårdvara. Fysisk utrustning som används inom databehandling.

massminne. Minne med mycket stor minneskapacitet.

Mb megabyte. Ett megabyte = 1024 kilobyte.

mental modell. En inlärld förebild, som avbildar någon viktig företeelse. Modellen består av begrepp och regler för hur begreppen relateras till varandra. Synonym: kognitiv karta.

meny. En uppsättning av kommandon, som visas på skärm eller spänns fast på en tablett. Operatören väljer adekvat kommando genom pekning med pekdon.

metaspråk. Språk som används för att specificera ett eller flera språk.

mikrodator. Persondator, hemdator, bordsdator, arbetsstation m.m. Jfr smådator.

minidator. Störe än smådator och mindre än stordator. Jfr

smådator. Jfr mainframe.

minne. Enhet i vilken data kan placeras och förvaras och sökas.

minneskapacitet. Den mängd data som ryms i ett minne, angivet i bitar, bitgrupper, tecken, ord eller andra enheter.

mjukvara. Synonym: programvara.

mneumonics. ung. minnesteknik.

modell av användaren. En begreppslik modell som omfattar de centrala begreppen och deras inbördes relationer (d.v.s. kompetensen) hos CAD-systemets tilltänkte användare.

modem. Enhet som modulerar och demodulerar signaler, t.ex. datorsystemets signaler till signaler som accepteras av telenätet och vice versa.

multibearbetning. Parallell exekvering av flera program i en multiprocessor.

mus. Synonym: råtta.

mönsterigenkänning. (Engelska: Pattern Recognition). Identifiering av mönster av skilda slag genom automatiskt förfarande.

objekt. En ritsymbol till vilken annan information kan knytas. Ett objekt motsvarar normalt en byggdel eller byggkompo-

nent. Det lagras normalt i ett bibliotek inom systemet.

objektsnamnlista. En tabell inom GDS som visar hur olika objektsnamn förhåller sig till varandra, oavsett om de representeras grafiskt på någon CAD-ritning eller ej.

off-line. Bearbetning av data sker vid terminalen utan direkt koppling till den centrala datorn.

on-line. Bearbetning av data sker vid terminalen med direkt koppling till den centrala datorn (s.k. realtidsbearbetning). Bearbetning där maskinvaran styrs av dator kontinuerligt.

operativsystem. Den centrala programvara som administrerar och styr datorns arbete.

operation. Definierad åtgärd som, utförd på en tillåten kombination av storheter, resulterar i en ny storhet. En "operand" är således den storhet på vilken en operation utförs. En "operator" är den symbol som representerar den åtgärd som skall vidtagas vid en operation.

optimering. Att söka den bästa tänkbara lösningen. (jfr satisfiering).

optisk scanner. Avsökare som granskar på optisk väg. Optisk avläsare. Kan läsa text eller bild via fotocell för lagring i data-system. Jfr scanner.

ord. Teckensträng som för viss användning betraktas som en enhet.

ordbehandlare. Synonymer: composer, skrivautomat.

ordbehandling. Framställning av dokument genom författande, redigering och utskrift med växlande grad av automatik.

parameter. Variabel som har ett visst konstant värde vid en viss tillämpning.

PC Personal Computer. I princip alla smådatorer som liknar IBM PC.

pekdon. Inenhet med vilken man pekar ut bildelement eller bildsegment, t.ex. ljuspenna.

pekmarkör. Markör som flyttas med pekdon.

penna. Pekdon som tillhör en tablett.

pennplotter. Kurvritare som ritar med kulspets, filtspenna eller tuschpenna på film eller papper.

pixel. Synonym: bildpunkt.

plankurvritare. flatbäddspotter. Kurvritare som ritar på medium som är fäst på en plan yta.

plotter. Synonymer: kurvskrivare, kurvritare.

primärminne. Synonym: arbetsminne.

produktionshandlingar. Ritningar och beskrivningar som underlag för byggproduktion.

program. Förteckning eller plan över en serie åtgärder, avsedda att ge ett bestämt resultat.

programmeringssystem. Ett eller flera programspråk med tillhörande programvara som möjliggör användning av dessa programspråk för viss maskinvara.

programspråk. Språk i vilka programmen skrives och som kan översättas till maskinspråk.

programvara. Datorprogram, procedurer, regler och dokumentation avseende användningen av ett databehandlings-system. Synonym: mjukvara.

projektering. Att bestämma en byggnad till dess form, funktion, struktur (i termer av hållbarhet och hållfasthet) och kostnad (i termer av kapital och energi). Jfr design.

produktmodell. De ritningar, kalkyler, CAD-ritningar, beskrivningar m.m. som tas fram under en projektering bildar tillsammans en produktmodell av den blivande byggnaden. Denna produktmodell kan lagras i CAD-systemets minnesfunktion, på ett sådant sätt att man enkelt kan ta ut information om byggnaden i form av projektioner av modellen. Dessa projektioner kan representeras på olika sätt, som listor, ritningar, beskrivningar m.m. (jfr CAD-modell).

property. Egenskap hos byggkomponent eller liknande, som knytes till en specifik ritsymbol (se objekt).

propertydata. Kan t.ex. vara beskrivningstext eller referenser till listor med beskrivningstext. Även littera eller rumsnummer m.m. kan läggas in som objektgenskap (property).

radskrivare. Utenhet som skriver en rad tecken som en enhet. Skriver snabbt, en hel rad i taget.

RAM Random Access Memory. Minne, där alla ord är direkt åtkomliga.

rapportgenerator. Programspråk som är särskilt utformat för skrivning av tillämpningsprogram, vilka används för framställning av utskrifter av befintliga datamängder. Generatorns indata består av en beskrivning av datamängden samt en specifikation av utdata och dataformat för utskriften. Används oftast för framtagning av listor av olika slag (engelska: "Report Program Generator").

rasterskärm. Bilden är uppbyggd av ett rutnät av bildpunkter, med möjlighet till selektiv radering. Dominerar dagens CAD-teknik. Jfr vektorskärm.

realtidsbearbetning. Bearbetning med krav på omedelbar datakraft och omedelbar åtkomst till för processen behövliga data. Indata och utdata tas emot eller avges vid tidpunkter som bestämts utanför systemet.

refreshskärm. Skärm med hög upplösning, där bilden måste genereras 50 - 70 gånger per sek. för att inte försvinna eller blinka.

relationsdatabas. Ett nätverk av databaser som kopplats till varandra med olika typer av relationer. För CAD innebär detta att varje objekt kan försees med ett antal relationer som klart anger var, när och hur och på vilket sätt objektet förekommer i CAD-modellen. Man lagrar definierade byggdelar eller komponenter m.m. som objekt i en databas. Till objekten kan man koppla objektgenskaper (properties) och definiera de relationer som gäller mellan de olika objekten.

reservkopia. Synonym: backup-kopia.

rotera. Vrida kring godtycklig, fast axel.

rulla. (Engelska: To Scroll. To Pan). Att kontinuerligt förskjuta fönster i höjd- eller sidled så att nya delar av bilden framträder i rutan. Termen panorera används då bilden är grafisk.

rullboll. Synonym: styrkula.

råtta. Positionerare som med handen förs över plan yta. Kallas ibland mus.

satisfiering. Att söka en av flera tänkbara, godtagbara (satisfierande) lösningar.

sats. a) Mängd av data som samlats för att behandlas som en enhet. Synonym: batch. b) Jfr statement.

satsvis bearbetning. Behandling av data eller genomförande av jobb, som är sekventiellt grupperade i förväg på sådant sätt, att varje grupp kan behandlas i sin helhet i en körning. (Engelska: Batch Processing).

scanner. Anordning som successivt granskar de olika delarna av ett mönster och genererar analoga eller digitala signaler svarande mot mönstret. Används vid identifiering av mönster eller tecken. Kan läsa text eller bild via fotocell för lagring i datasystem. Synonym: avsökare. Jfr optisk avläsare.

sekundärminne. Sekundärt minne för lagring av data eller

program.

sekventiellt minne. Minne där åtkomst av data endast kan ske seriellt, d.v.s. i följd. Ett typiskt exempel är magnetbandet.

simulera. Representera egenskaper hos ett reellt eller abstrakt system genom egenskaper hos ett annat system.

skivminne. Fasta eller utbytbara skivor, oftast i en skivpacke. Avläsning sker av ett läs- eller skrivhuvud, genom magnetisk registrering på de plana ytorna av en eller flera roterande skivor.

skrivare. Utenhet som framställer en beständig utskrift av tecken, t.ex. på papper.

skärmbild. Icke beständig bild på dataskärm.

skärmmeny. Meny som visas på skärm, oftast i skärmkanten med rityta i mitten.

smådator. Persondator, hemdator, bordsdator, arbetsstation m.m. Jfr mikrodator.

symbolbibliotek. Delar av ritningar som man avser använda flera gånger.

systemhandlingar. Ritningar och beskrivningar som omfattar ett lokalprogram, där ytor, höjder, materialval och stomval definierats och motiverats, tillsammans med utrustning och tekniska servicesystem. Jfr förslagshandlingar. Jfr huvudhandlingar.

systemprogramvara. Datorprogram som är av grundläggande betydelse för att ett datorsystem skall kunna utnyttjas.

styrenhet. I centralenhet ingående del som läser instruktioner, tolkar dessa och därefter avger erforderliga signaler till övriga enheter.

styrkula. Inenhet i form av kula som vrids kring sitt centrum och som vanligen används som positionerare. Synonym: rullboll.

styrspak. Inenhet i form av spak som har minst två frihetsgrader och som vanligen används som positionerare. Synonym: joystick.

tablett. Positionerare i form av skiva med pekdon.

tablettmeny. Fördefinierade kommandon och ritsymboler på papper klistras på en tablett.

falsystem. Binära falsystem har endast två tecken (0 och 1). Decimalsystemet har 10 tecken (0 till 9) och utgör det falsystem som vi använder i vårt vardagsliv.

tangentbord. Enhet med text- och funktionstangenter för kod-



ning av data och initiering av styroperationer.

timesharing. Tidsdelning. Datorn delar sin tid mellan de olika användarna, så att de får snabba svar på sina kommandon.

tillämpningsprogramvara. Programvara, avsedd för viss tillämpning.

trådfigur. Bild som representerar tredimensionellt föremål enbart med dess kantlinjer.

tyst kunskap. (Engelska: Tacit Knowledge). Intränad och inövad kunskap. Kunskap som inte artikuleras, men ändå förutsättes föreligga, s.k. underförstådd kunskap.

uppdatera. Modifiera en datamängd med aktuella data enligt en specificerad procedur. Synonymer: aktualisera, dataunderhåll.

upplösning. Ju högre upplösning, desto bättre kvalitet i de bilder som visas på skärmen.

User Interface. Synonym: användarsnitt.

utdata. Data som avges från ett databehandlingssystem.

utenhet. I datorsystem ingående enhet för utmatning.

utformningsproblem. En speciell sorts problem ang. hur konstgjorda ting bör vara beskaffade.

variabel. Storhet vars värde är obestämt, helt eller mellan givna gränser, intill dess ett bestämt värde vid en viss tillämpning tillordnas storheten.

vektor. Linje eller linjestycke.

vektorskärm. Bildskärm där bilden byggs upp av linjestycken. Jfr rasterskärm.

window. Ett begrepp inom GDS-systemet som betecknar möjligheten att skapa fasta kombinationer av objektsorterade CAD-ritningar (man kan t.ex. beteckna de inlämningshandlingar som tas fram ur projektet som ett "window")

virtuellt minne. Tänkt minnesutrymme som kan betraktas som adresserbart primärminne i datorsystem och för vilken avbildning måste utföras från virtuella till reella adresser. Det virtuella minnets storlek begränsas av systemets adresseringsmöjligheter och av tillgänglig mängd sekundärminnesutrymme, men inte av antalet minnesplatser i primärminnet.

virtuellt rum. Rum definierat av koordinatsystem som är oberoende av bildenheten.

zoomning. Att fortlöpande ändra bildens skala så att betraktaren får intryck av rörelse mot eller från sig.

återkoppling. Den omedelbara reaktion som systemet ger på kommandona (engelska: Feedback).

Bil. 3 LITTERATUR

- Alchourron, C. E., Bulygin, E., Normative Systems. Springer, Austria 1971.
- Alexander, Ch., Notes on the Synthesis of Form. Harvard Univ. Press, USA 1964.
- Bayley, S., ed., The Conran Directory of Design. Octopus Conran, UK 1985.
- Bergvall, B., Kjessel, B., m.fl., Mjölby-projektet. Datorn i projekteringen. Anpassat redovisningssystem. Byggnadsstyrelsen, KBS-rapport 37, 1983-06, Stockholm.
- Bergvall, B., Lundequist, J., CAD-projektering - en utvärdering. Bollnäs, kv. Älgen. Byggnadsstyrelsen, KBS-rapport 163, 1985-11, Stockholm.
- Borup, L., "Opgör med SfB systemet". Arkitekten 22: 456-457, Danmark 1983.
- BSAB-systemet. AMA 72 och dess tillämpningar. Inst. för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, KTH, Stockholm 1975.
- BSAB-systemet. Tabeller och tillämpningar. Svensk Byggtjänst, SB-rekommendationer nr 6, Stockholm 1987.
- Bullivant, D., Giertz, L.M., The SfB development: Situation and present trends. Report to the SfB D.G. meeting in Stuttgart, October 1985.
- Carlsson, P-O., Hasslar, B., Datorstödd integrerad projektering. BFR, R94:1988, Stockholm.
- Cross, N., Developments in Design Methodology. John Wiley & Sons, UK 1984.
- Danielson, A., Malmberg, A., Beslut fattas. SAF Svenska Arbets- givareföreningen, Stockholm 1979.
- Danielson, U., Rationell kalkylering. Byggentreprenörerna och Byggförlaget, Stockholm 1986.
- Eliasson, G., Engström, O., Lindgren, S., Datorstödd projektering - behov av anpassad standard. BFR, R6:1984, Stockholm.
- Goodman, N., Languages of Art. Hackett, USA 1976.
- Karlén, I., En begränsad studie avseende möjlig utveckling av BSAB-systemet och principer för underindelningar. Arbetsrapport från Svensk Byggtjänst, Stockholm 1983.
- Karlén, I., The Building Research Process and Its

Information Problems. Bygghörsningsrådets vetenskapliga nämnd, BVN skriftserie 1987:3, Stockholm.

- Kjeldahl, L., Lundequist, J., Datorstött arkitektarbete. Arkitektens skissarbete i interaktiva grafiska datorsystem. KTH-NADA, Stockholm 1986.
- Kodning av varuinformation enligt SBEF's Maskinlista och BSAB's Produkttabell 1. Svensk Byggtjänst, SB-rekommendationer nr 3, Stockholm 1984.
- Koder och rubriker enligt BSAB-systemet. AMA 83 med RA. Byggekatalogen. Byggvaruregistret m.m. Svensk Byggtjänst, SB-rekommendationer nr 4, Stockholm 1985.
- Lawson, B., How Designers Think. Arch. Press, UK 1980.
- Lundequist, J., "Om att utveckla och utvärdera" i Tidskrift för arkitekturforskning nr 2-1987, (Föreningen för arkitekturforskning), Stockholm.
- Lundequist, J., Ideologi och praxis. KTH-A-PRM, Stockholm 1984.
- Lunell, H., Datalogi. Studentlitteratur, Lund 1979.
- Newell, A., Simon, H.A., Human Problem Solving. Prentice-Hall, USA 1972.
- Peters, Th., Waterman, R., På jakt efter mästerskapet. (Svenska Dagbladet), Stockholm 1987.
- Piaget, J., Strukturalismen. Prisma, Stockholm 1972.
- Ritningsnumrering enligt BSAB-systemet generation 1983. Svensk Byggtjänst, SB-rekommendationer nr 5, Stockholm 1985.
- Rosing, H., Vetenskapens logiska grunder. Schildts, Finland 1984.
- Rue, M., red., Inför datoriseringen. En studie av dagens projekteringsprocess. BFR, R62:1986, Stockholm.
- Schön, D., The Reflective Practitioner. Basic Books, USA 1983.
- Simon, H., Administrativt beteende. Prisma, Stockholm 1971.
- Simon, H., The Sciences of the Artificial. MIT Press, USA 1972.
- Turkle, S., Ditt andra jag. Prisma, Stockholm 1987.
- Waern, Y., Waern, K.G., Tänkande pågår. Liber, Stockholm 1984.
- Wermelin, I., Aktiv kostnads kalkylering med hjälp av BSAB-systemet. (Svensk Byggtjänst), Stockholm 1986.

- Viktor, D., Rättssystem och vetenskap. Norstedts, Stockholm 1977.
- Wright, G.H. von, Norm and Action. Routledge & Kegan Paul, UK 1971.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 840806-0  
från Statens råd för byggnadsforskning till Avdelningen för  
projekteringsmetodik, Arkitektur, Kgl Tekniska högskolan i  
Stockholm, samt till FFNS Gruppen AB.**

**R57: 1989**

**ISBN 91-540-5021-9**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6709057**

**Abonnemangsgrupp:  
Y. Byggnadsfunktion**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna**

**Cirka pris: 56 kr exkl moms**