

Rapport Inst. för Byggnadsstatik

R26:1970

Modellprojektering

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Bengt Bengtsson

Byggforskningen

Modellprojektering

Bengt Bengtsson

Instit. för Byggnadsstatik

Modellen som informationsmedel

De traditionella informationsmedlen inom byggprocessen utgörs av:

- ritningar
- beskrivningar
- kataloger och broschyrer
- sammanträden

Redovisning av projekteringsarbetet med hjälp av modeller har använts av arkitekter för att på ett övertygande sätt redovisa sina förslag för beställare, tävlingsnämnder och myndigheter. Modeller för redovisning av tekniska lösningar och för studier av byggsystem, byggnadsstommar och installationer har däremot endast förekommit vid ett fåtal byggnadsobjekt.

Behovet av effektivare information har under de senaste åren aktualiserat utnyttjandet av 3-dimensionella modeller vid projektering och planering av byggnader och anläggningar.

Byggnadsindustrins strukturförändring, genom övergång till allt mer färdiga komponenter både vad avser byggnader som dess installationer, ger också möjligheter att systematisera modellbyggandet. Under de senaste 10 åren har 3-dimensionella modeller fått stor betydelse vid projektering av anläggningar inom processindustrin. Det var huvudsakligen genom att studera denna utveckling som AB Flygfältsbyrå hösten 1967 började undersöka förutsättningarna för att utveckla en rationell metod att använda modeller vid projektering av byggnader.

Sedan hösten 1968 har utvecklingsarbetet bedrivits med anslag från Statens råd för byggnadsforskning.

För att modellprojekteringen skall få en bredare spridning är det av stor betydelse att framställningsmetoderna av modeller och modellkomponenter rationaliseras så att kostnaderna blir låga och redovisningen entydig.

Tidigare erfarenheter från utnyttjandet av modeller är få. Det har därför ingått som en väsentlig del i arbetet att pröva modellens värde i olika skeden av byggprocessen.

Med dessa utgångspunkter uppsattes följande arbetsprogram för utvecklingsarbetet:

1. att studera de erfarenheter man vunnit vid modellprojektering inom processindustrin,

2. att fastställa de funktioner modellen kan uppfylla i byggprocessen.
3. att studera modellens värde i olika projekteringskedan,
4. att studera lämplig organisation vid modellprojektering,
5. att studera modellens möjligheter som ersättning för ritningar,
6. att studera material, skalor, utrustning och metodik lämpade för modellbygge,
7. att ta fram modellkomponenter för att till lägsta kostnad framställa modeller samt
8. att införa en enhetlig terminologi.

Modellprojektering inom processindustrin

Inom processindustrin har det visat sig ekonomiskt fördelaktigt att bygga modeller av raffinaderier, anläggningar för cellulosaindustrier, kemiska eller liknande processindustrier med mängder av rör, armatur och övriga tillhörande detaljer. De relativa vinsterna avtar med anläggningens minskade svårighetsgrad och storleksordning.

Fördelarna med en modell är bl.a.:

- A. Den lättfattliga återgivningen av verkligheten i tre dimensioner medför att informationen förbättras.
- B. Bättre beslutsunderlag för alla inblandade parter. Speciellt beställaren kan på ett tidigt stadium ge korrekta beslut.
- C. Konsekvenserna av ändringar kan helt överblickas.
- D. Konstruktören upplever projektets funktion och produktionsinriktning på ett realistiskt sätt.
- E. Mindre ritningsarbete erfordras.
- F. Modellen används för utbildning av driftspersonal.
- G. Modellen utgör underlag för monteringsarbeten.

Modellprojektering inom byggnadsindustrin

Modellens utnyttjande vid planering och projektering av byggnader är beroende av i vilket syfte modellen byggs. Modellen måste anpassas med avseende på överskådlighet, detaljrikedom och flexibilitet till de funktioner den skall uppfylla.

Byggnadsforskningen

Sammanfattningar

R26:1970

Byggprocessen kräver nya och förbättrade hjälpmedel för effektivisering av projekteringsarbetet.

Inom processindustrin har modeller under de senaste tio åren använts vid projekteringen. Fördelarna har varit många, och betydande tids- och kostnadsbesparingar har kunnat göras. Detta har varit möjligt bl.a. genom standardisering av modellkomponenter och modellbyggande.

Rapporten redovisar hur man utnyttjat modellredovisning vid planering och projektering av byggnader. Den 3-dimensionella redovisningstekniken ger ett bättre beslutsunderlag samt förutsättningar för en bättre samordning av projektörernas arbete. Exempel på modellens utnyttjande i projekterings-, upphandlings- och produktionskedan redovisas.

Förutsättningarna för en allmän spridning av denna redovisningsteknik är bl.a. att modellkomponenter i standardiserade skalor finns tillgängliga för projektörer. Rapporten förordar att skalorna 1:50 och 1:20 standardiseras för modellredovisning.

Utredningsarbetet har omfattat framtagning av modellkomponenter för byggnadsstommar och installationssystem.

UDK 721.001.57
65.012.2
69.001

Sammanfattning av:

Bengtsson, B, 1970, Modellprojektering (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R26:1970. 68 s., ill. 16 kr.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm, 08-24 28 60.

Abonnemangsgrupp: (b) byggnadsprojektering.

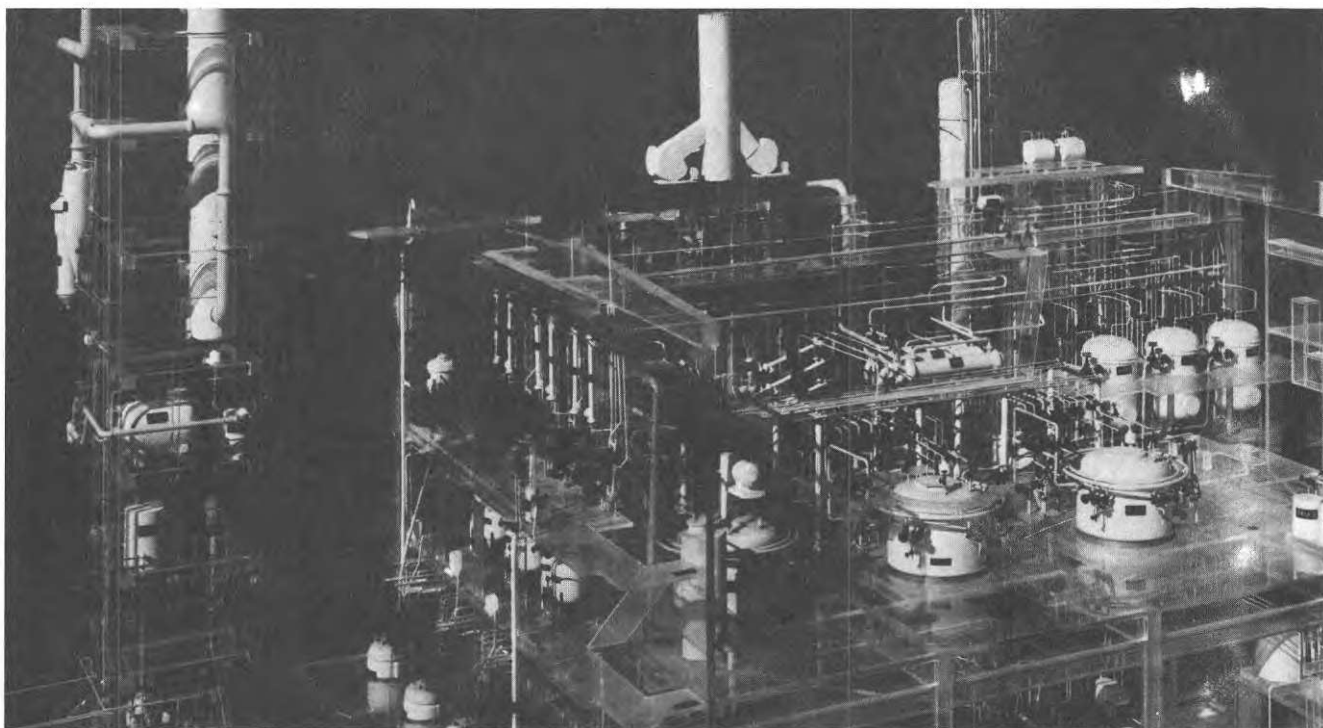


FIG. 1. Modell av kemisk-teknisk fabrik, skala 1 : 20.

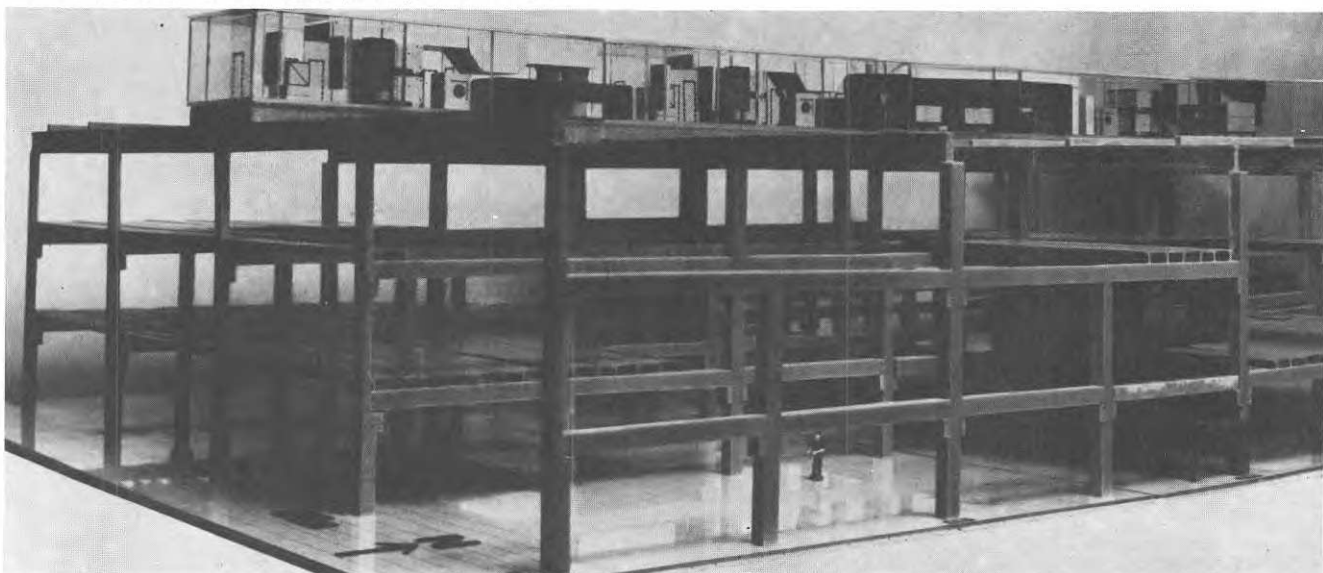


FIG. 2. Förslagsmodell, skala 1 : 50.

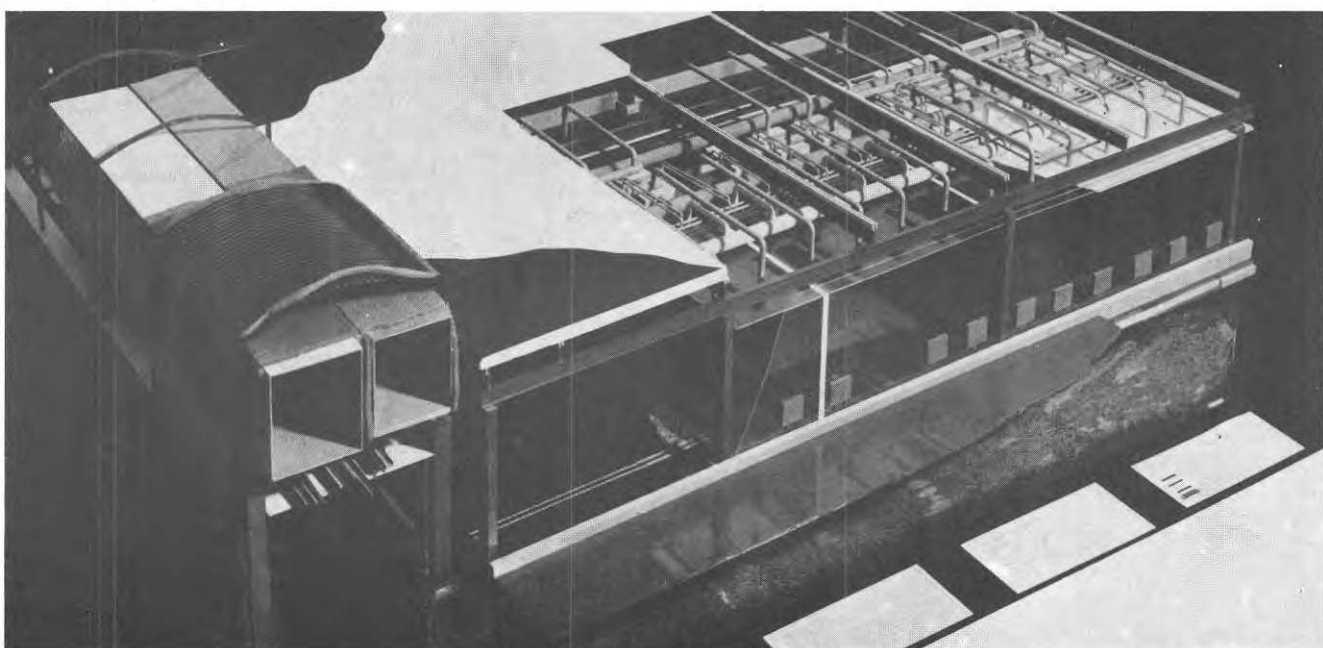


FIG. 3. Modell av behandlingsbyggnad, sjukhus, skala 1 : 20.

Erfarenheterna från det utförda utvecklingsarbetet har visat att modellen bl.a. kan uppfylla följande funktioner:

1. Information, illustration
2. Problemlösning
3. Samordning och kontroll
4. Samband
5. Simulering av byggnadsprocessen
6. Beslutsunderlag
7. Jämförelse
8. Dokumentering
9. Ersättning av visst ritningsmaterial

För anpassning av modellprojektering till de olika projekteringskedena har förslagsmodeller, huvudmodeller och arbetsmodeller byggts. Det kunde dock snart konstateras att modellen hade sitt största värde i förslagshandlingsskedet och i andra hand under bygghandlingsskedet. Huvudmodellen blev endast en redovisning av beslutade principer och kunde inte användas för diskussion av alternativa lösningar eller detaljlösningar.

I samband med byggnadsprojektering bör således följande modelltyper användas:

1. Förslagsmodeller
2. Arbetsmodeller (byggmodeller)
3. Detaljmodeller

Förslagsmodell

Förslagsmodellen byggs i det första

skedet av projekteringen. Ofta byggs flera modeller som redovisar alternativa system till tekniska lösningar vad beträffar byggnadsstommar och installationssystem.

Arbetsmodell

Arbetsmodellen byggs för redovisning av byggnadsstomme och installation i byggnader med en komplicerad installation samt vid industri- och anläggningar för redovisning av processinstallationer.

Avsikten med arbetsmodellen är, att den, när projekteringen är avslutad, skall finnas uppställd på byggnadsplatsen och där utgöra ett värdefullt komplement till övriga bygghandlingar.

Arbetsmodellen är värdefull för att visa delar av byggnader där särskilt svåra knutpunkter förekommer.

Det praktiska genomförandet av modellprojekteringen

För att modellprojektering enkelt skall kunna utnyttjas mera allmänt vid projektering och planering av byggnader och anläggningar fordras att det praktiska framställandet av modeller systematiseras så att kostnaderna blir låga och redovisningen entydig.

Framställning av modeller inom processindustrin sker med färdiga kom-

ponenter, utförda av PVC, i standardiserade skalor.

För framställning av motsvarande komponenter för byggnadsstommar och installationer måste skalor, material, beteckningar m.m. standardiseras, vilket ingått som en väsentlig del av utredningsarbetet.

Framtagningen av modellkomponenter har omfattat komponenter för byggnadsstomme, såsom stål balkar och prefabricerade betongelement samt komponenter för VVS-installationer, såsom rör, trummor, fläktar, filter m.m.

Med tillgång på modellkomponenter av i marknaden förekommande byggelement och installationsenheter kan modellframställningen ske med ett minimum av utrustning.

Byggandet av modeller skall ske i direkt anslutning till övrigt projekteringsarbete och helst ske i samma lokal som ritnings- och projekteringsarbetet.

För dokumentering av modellarbetet och spridning av information om modellerna bör fotografering utnyttjas i största möjliga utsträckning.

I vissa fall är det önskvärt att ritningar kompletteras med orienterande modellfoton. Detta tillgås så att filmnegativet kopieras på klar transparent film med inbyggt raster. Det så erhållna rasterpositivet fästs på originalritningen, varefter man kan ta fram kopior på vanligt sätt.

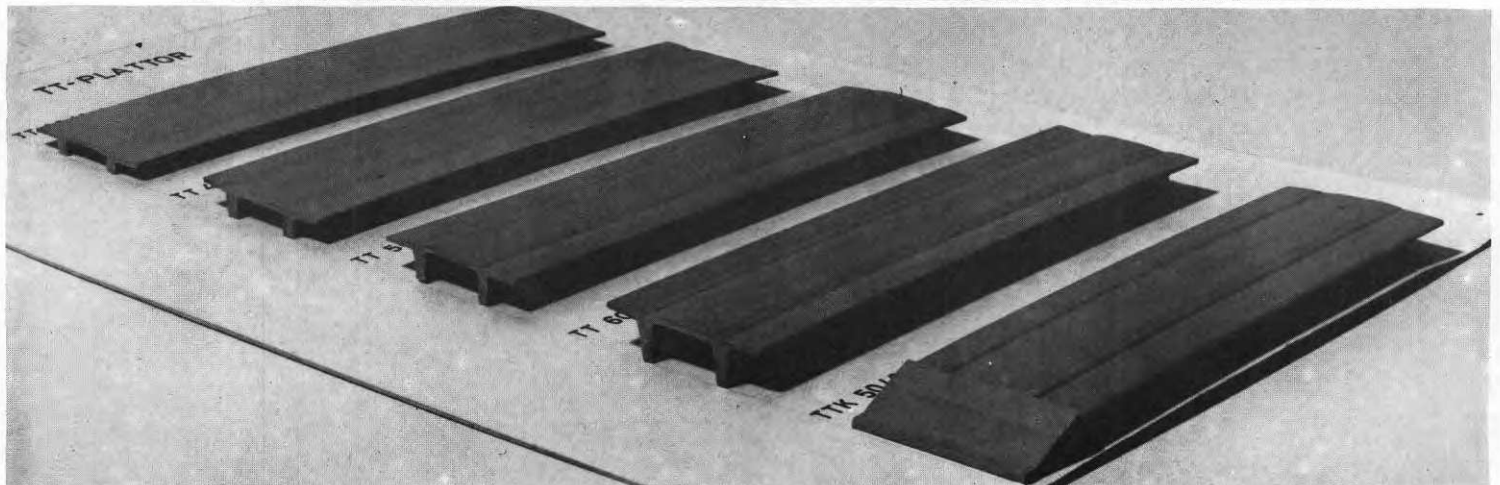
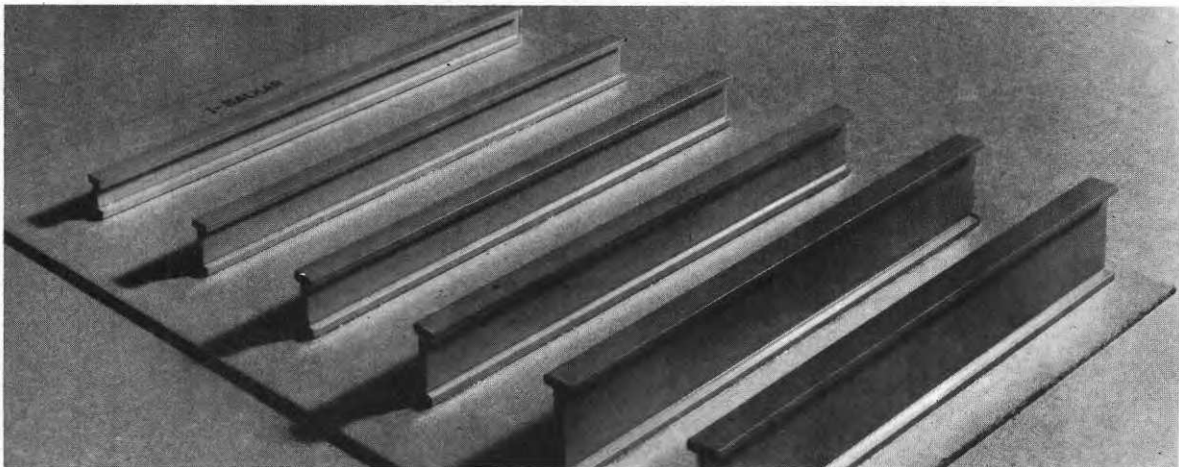


FIG. 4. Modellkomponenter, prefabricerade betongelement.

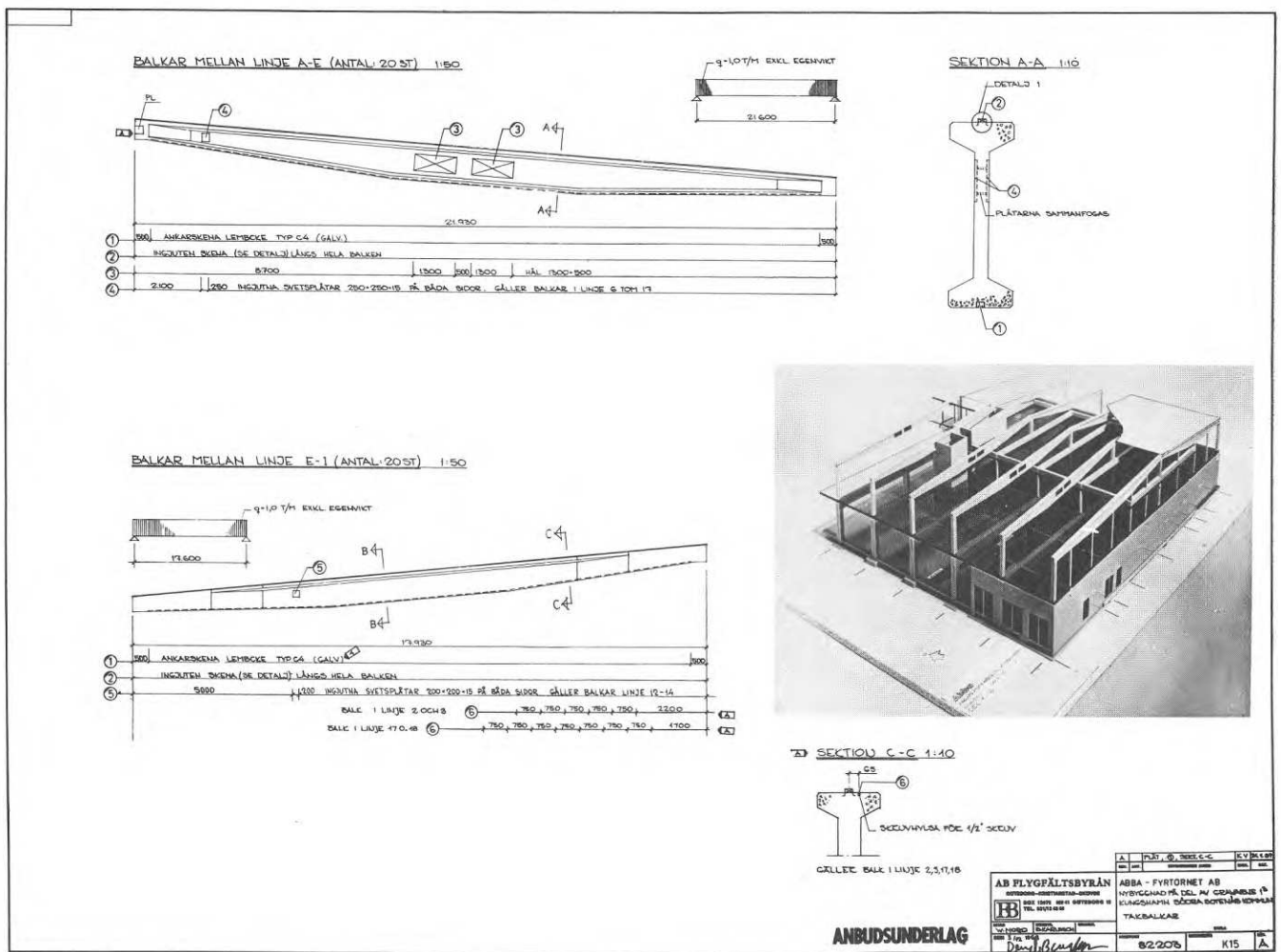


FIG. 5. Konstruktionsritning med orienterande modellfoto.

Fortsatt utvecklingsarbete

Det utförda arbetet har visat att den 3-dimensionella redovisningstekniken utgör ett värdefullt hjälpmedel vid projektering av byggnader. De fördelar man vinner består främst av en effektivare information mellan byggprocessens parter. Detta är av största

betydelse i det första skedet av projekteringen. Utvecklingsarbetet har också visat att det är i förslagshandlingsskedet som modellprojekteringen får sin största betydelse.

Förutsättningarna för en allmän övergång till den beskrivna projekteringsmetodiken är dock att skalor,

material för modellkomponenter, färger, beteckningar m.m. standardiseras, varigenom underlag skapas för framställning av modellkomponenter till låga kostnader.

Anvisningar för redovisning vid modellprojektering bör därför snart upprättas.

Model planning

Bengt Bengtsson

Models as a medium of information

The traditional information media used in the building process are the following:

- drawings
- specifications
- catalogues and brochures
- meetings.

Presentation of design with the help of models has been used by architects, this being a convincing way of submitting their proposals to clients, competition juries and authorities. Models for the purpose of demonstrating technical solutions and studying building systems, structures and installations have, on the other hand, only been used for a very small number of building projects.

During the last few years, however, the need for better information has led to the use of three-dimensional models in the design and planning of buildings and civil engineering works.

The alteration in the structure of the building industry brought about by the change over to more and more pre-fabricated parts both in respect of the buildings themselves and of installations included in them also provides scope for systematization of model making. In the last decade three-dimensional models have become extremely important when designing for the chemical and petrochemical industries, and it was mainly due to a study of this development that AB Flygfältsbyrån in the autumn of 1967 began to investigate the possibilities of developing a rational method of using models in designing buildings.

Since the autumn of 1968 this work has been financed by grants from the National Swedish Council for Building Research.

It is, however, essential that methods of making models and their components be rationalized to maintain low costs and permit uniform documentation if the use of models in design work is to increase.

There is little experience of the use of models and an important part of our work has therefore been to test the value of a model at different stages of the building process.

This provided a basis for drawing up a program for the development work. This program covered the following:

1. Study of findings from design using models in the chemical and petrochemical industries.
2. Determination of the functions which a model can fulfil in the building process.
3. Study of the value of the model at various stages of the design work.
4. Study of suitable organization for design work using models.
5. Study of the possibilities of replacing drawings by models.
6. Study of materials, scales, equipment and methods suited to model building.
7. Production of components for models giving the lowest possible production cost.
8. Introduction of uniform terminology.

Model design in the chemical and petrochemical industries

In the case of the chemical and petrochemical industries it has been proved to be a good idea from the economic point of view to build models of refineries, plants for the cellulose industry, chemical plants and other plants including large numbers of pipes, fittings and other equipment. The simpler the plant and the smaller its size, the less is the relative gain through the use of models.

The advantages with a model are that:

- A. Three-dimensional representation of reality is easily comprehensible and contributes to an improvement in information.
- B. A better basis for decision-making is provided for all parties. The client, in particular, is able to make the correct decisions at an early stage.
- C. The consequences of alterations can be seen at a glance.
- D. The designer is able to form an idea of the function of the project and the method of construction under realistic conditions.
- E. Less drawing work is necessary.
- F. The model is used for training technical staff.
- G. The model serves as a guide when the building is under construction.

Model design in the building industry

The use of models in designing and planning of buildings depends on the purpose for which the model was built. A

National Swedish Building Research Summaries

R26:1970

The building process demands new and better aids to promote more efficient design work.

The petro-chemical and chemical industries have been using models in their design work for the past ten years. The advantages are many and it has been possible to make considerable savings both in terms of time and money due to standardization of model components and model-building methods.

The report describes how models have been used to illustrate the planning and design of buildings. The three-dimensional documentation technique provides a better basis for decision-making and for better co-ordination of the work of the designers. Examples are given of how models can be used at the design, contracting and construction stages.

If, however, this method of documentation is to be used more widely, model components must, among other things, be available to standard scales for those responsible for design. The report prescribes that the scales of 1 : 50 and 1 : 20 be standardized for this field of use.

UDC 721.001.57
65.012.2
69.001

Summary of:

Bengtsson, B, 1970, Modellprojektering /Model planning/ (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R26 : 1970. 68 p., ill. 16 Sw. kr.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, S-111 84 Stockholm, Sweden.

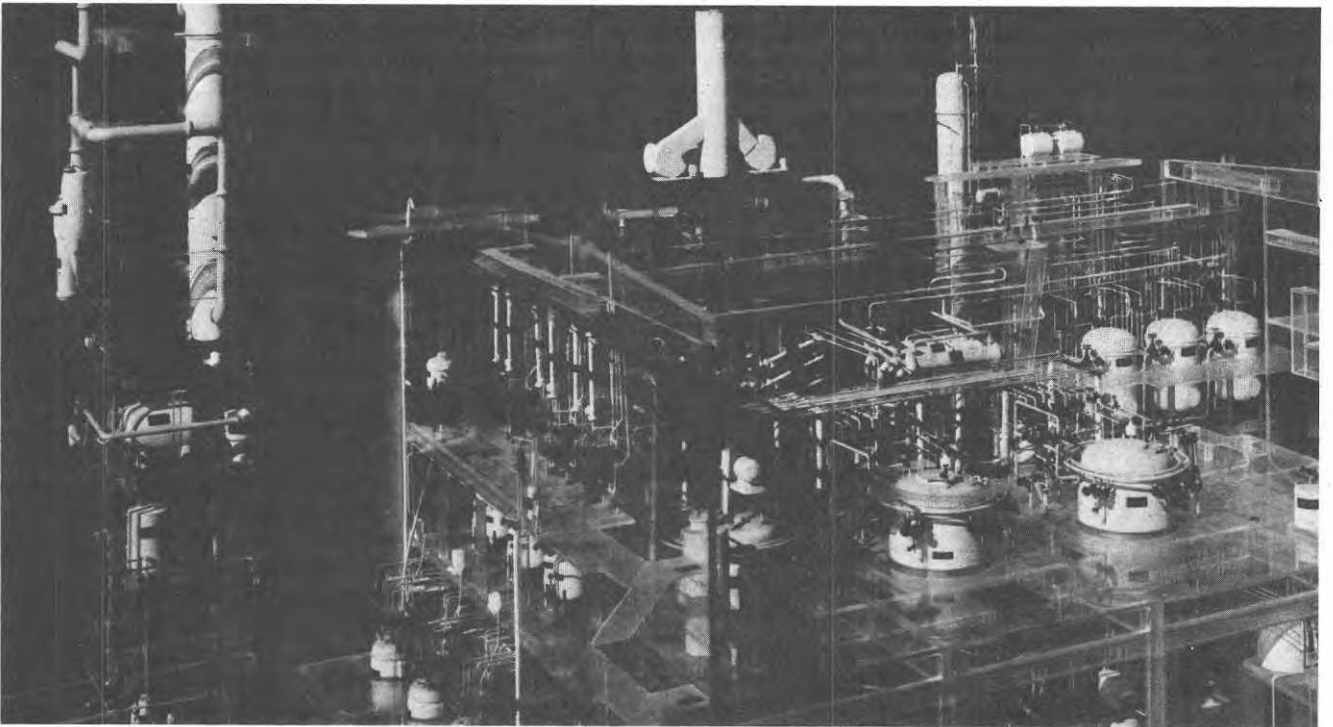


FIG. 1. *Model of chemical plant. Scale 1 : 20.*

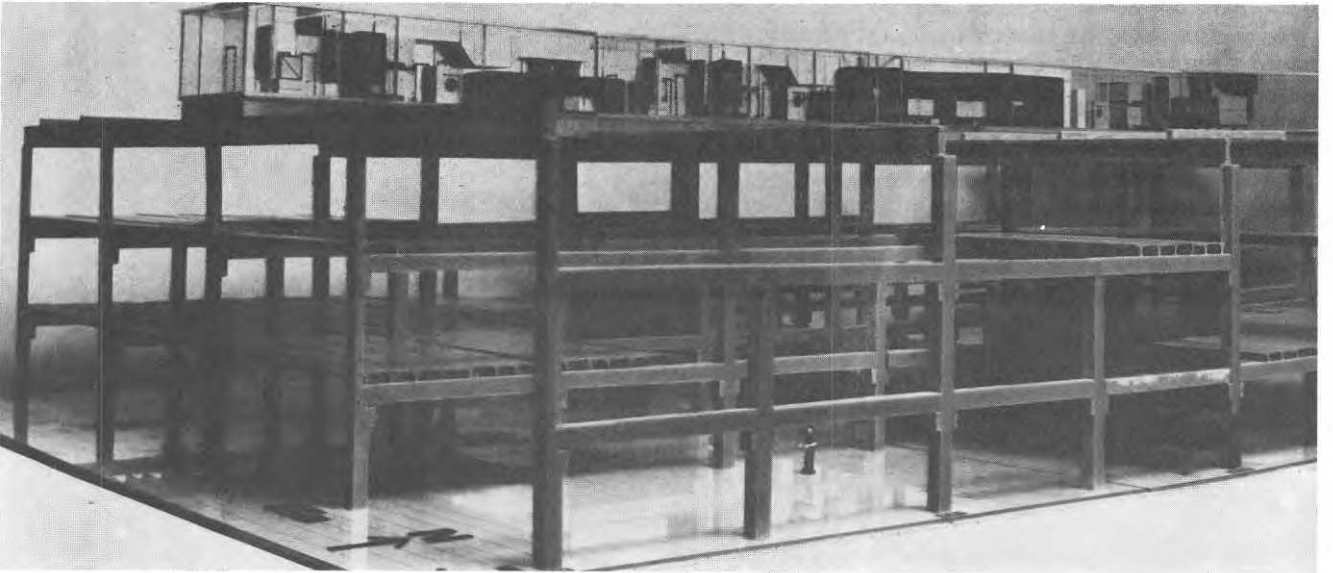


FIG. 2. *Draft model. Scale 1 : 50.*

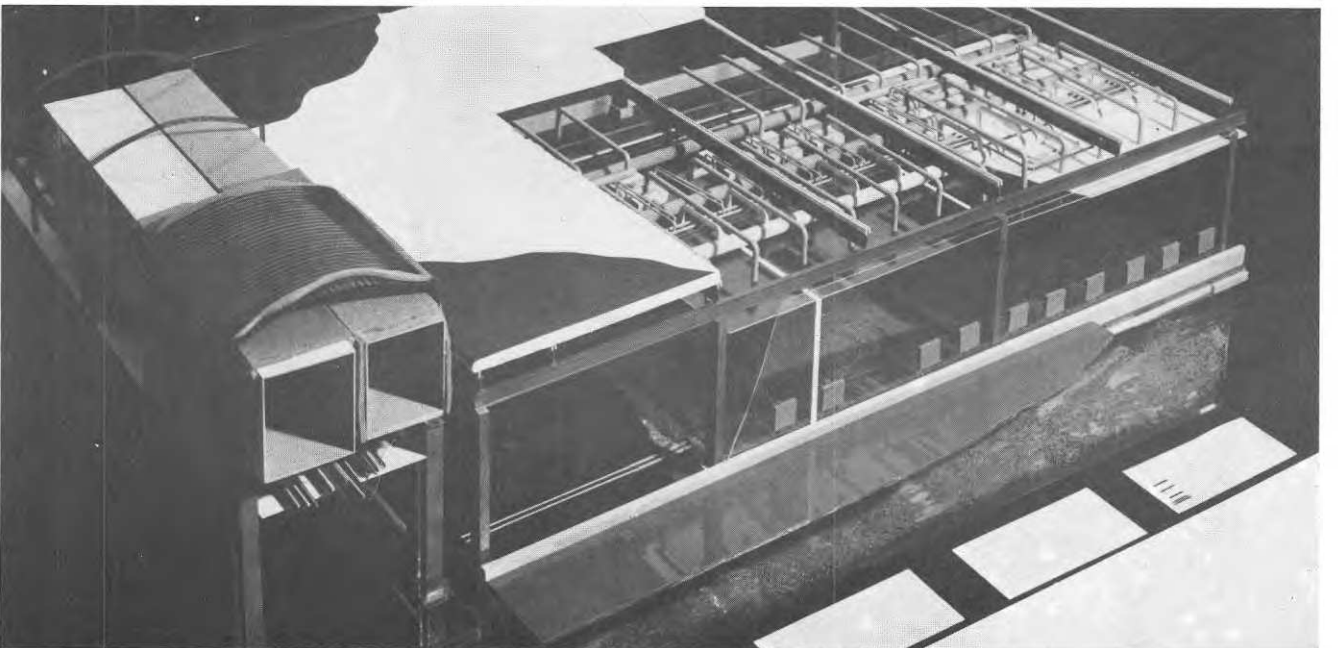


FIG. 3. *Model of hospital treatment block. Scale 1 : 20.*

model must be adapted in respect of arrangement, detail and flexibility to the functions it is to fulfil.

Findings from the development work carried out show that a model can fulfil the following functions :

1. Information, illustration
2. Solutions to problems
3. Co-ordination and checking
4. Relationships
5. Simulation of the building process
6. Basis for decisions
7. Comparison
8. Documentation
9. Replacement of some drawings.

In order to adapt the use of models to the different stages of the design work a number of prototypes, main models and working models have been built.

It was, however, soon possible to establish that the main value of the model lay in its use at the draft stage. The main model served only as record of decision-making principles and could not be used for discussion of alternative or detailed layouts.

The following types of models should therefore be used at the building design stage :

1. Draft models
2. Working models
3. Detailed models.

Draft models

The draft model is built at the first stage of the design work. Often several models are made showing alternative systems for structural systems and installations.

Working models

Working models are made for the purpose of demonstrating the structural system of a building and installations in buildings containing complicated plant. They are also used when designing industrial plants in order to show the layout of processing equipment.

The idea is to have the working model exhibited on the building site, when the design stage is complete, as a valuable supplement to the other design documents.

The working model is valuable in that it shows parts of buildings where particularly problematical junctions occur.

The practical application of design work using models

The production of models will have to be systematized in order to give lower costs and permit uniform documentation, if their use is to be more generally accepted in the designing and planning of buildings and civil engineering works.

In the chemical and petro-chemical in-

dustries models are built using prefabricated components of PVC made to standard scales.

In order to be able to produce similar components for structural systems and installations, scales, materials, designations and so on must be standardized. This task has therefore formed an important part of our work.

The manufacture of components for models has covered components for structural elements, such as steel joists, prefabricated concrete units, and components for heating, ventilation and sanitation systems, such as pipes, culverts, fans, filters and so on.

If model components for building elements commonly found on the market are available, building of models can be managed with a minimum of equipment.

Model building should take place in intimate contact with the rest of the design work and preferably on the same premises as drawing and design work.

The greatest possible use should be made of photography for documentation on models and for dissemination of information about them.

In some cases it may be desirable to supplement drawings with orientational photographs of models. This is done by copying the negative on to clear transparent film with a built-in screen. The screen print obtained is then attached to the original drawing. Copies can then be made in the normal way.

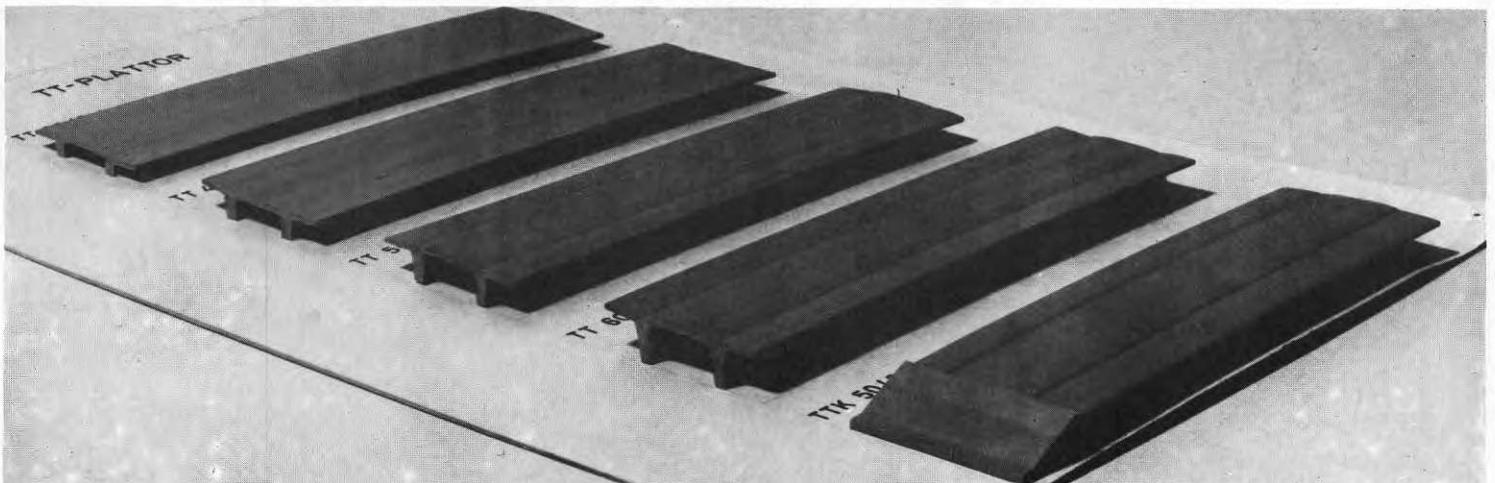
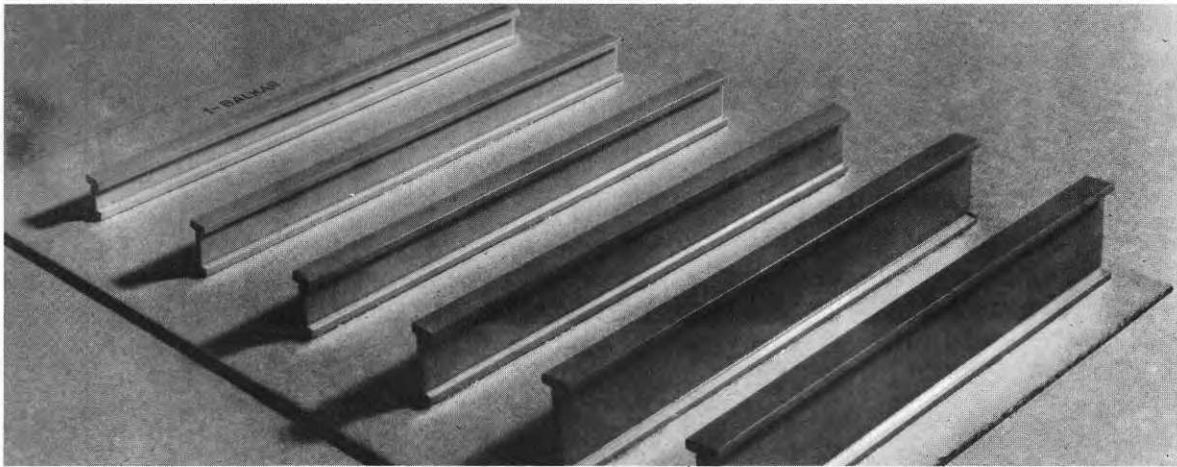


FIG. 4. Model components, prefabricated concrete units.

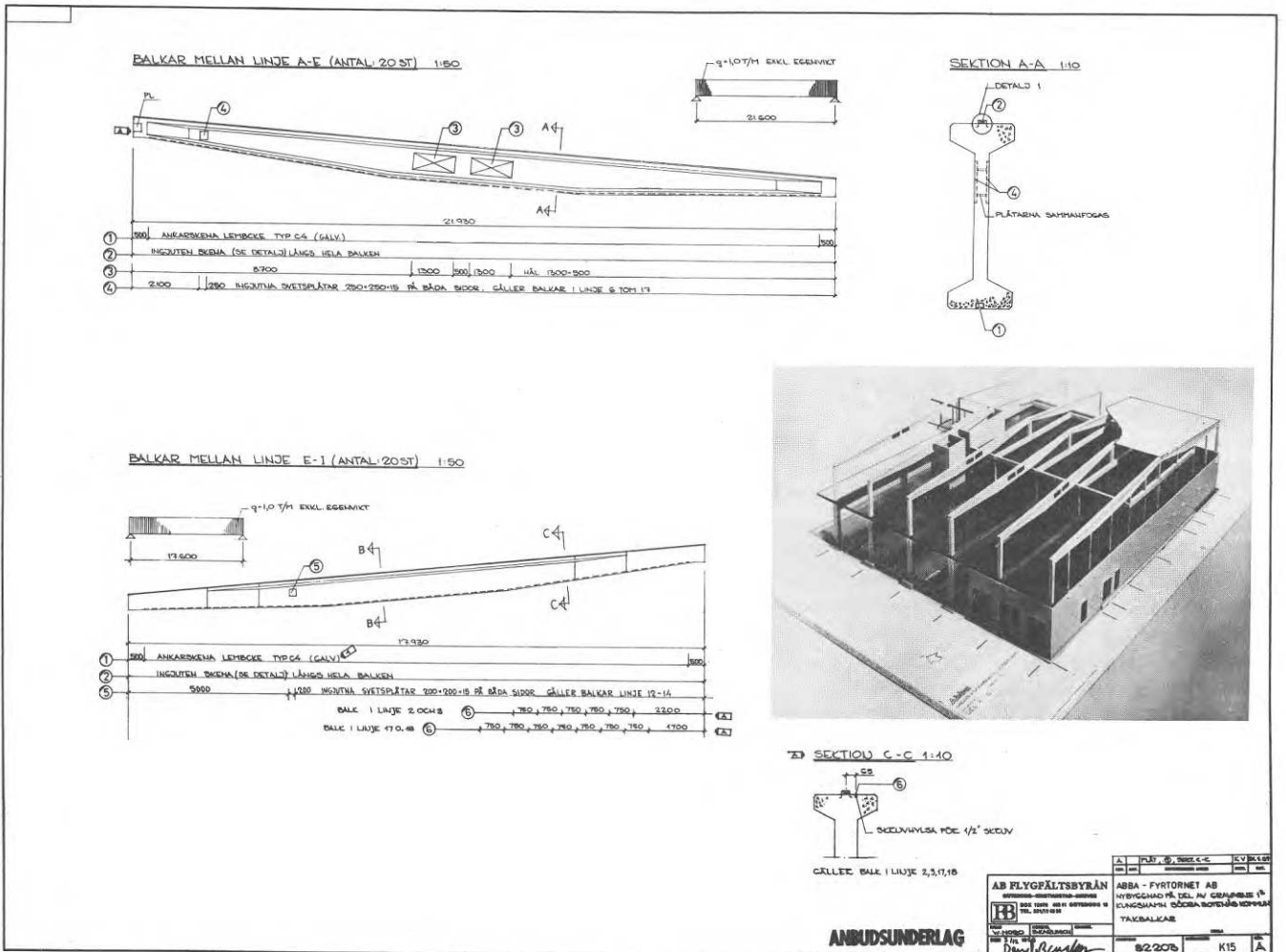


FIG. 5. Structural drawing with orientational photograph of model.

Future development work

The work conducted so far has shown that the three-dimensional presentation technique is a valuable aid to the designing of buildings, the primary advantages being more effective information feedback from the different parties involved in the building process. This is

of great importance during the first stage of design work. Developments have, however, also shown that it is at the draft stage that models are of the greatest use.

However, in order to be able to introduce use of models as a normal accessory to all design projects, scales,

materials for model components, colours, designations and so on must be standardized to permit production of components for models at low cost.

Instructions governing documentation of design work using models should therefore be drawn up without delay.

Rapport R26:1970

MODELLPROJEKTERING

MODEL PLANNING

av civilingenjör Bengt Bengtsson
AB Flygfältsbyrån, Göteborg

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm

Rotbeckman 1970 10 8526 0

INNEHÅLL

1.	<u>BYGGPROCESSENS KRAV PÅ EFFEKTIVARE PROJEKTERING</u> . . .	5
2.	<u>MODELLPROJEKTERING</u>	7
2.1	MODELLEN SOM INFORMATIONSMATERIAL	7
2.2	PROGRAM FÖR UTVECKLINGSARBETET	9
2.3	MODELLPROJEKTERING INOM PROCESSINDUSTRIN	11
2.4	MODELLENS UTNYTTJANDE VID PLANERING OCH FUNK- TIONSSSTUDIER	17
2.5	MODELLENS FUNKTIONER	20
2.6	MODELLENS UTNYTTJANDE I PROJEKTERINGSSKEDET	22
2.7	MODELLENS UTNYTTJANDE I UPPHANDLINGS- OCH PRODUKTIONSSKEDET	31
3.	<u>DET PRAKTISKA GENOMFÖRANDET AV MODELLPROJEKTERING</u> . .	37
3.1	FÖRUTSÄTTNINGAR	37
3.2	STANDARDISERING	38
3.3	MODELLKOMPONENTER	39
3.4	UTRUSTNING	41
3.5	PRAKTISKA ERFARENHETER	42
3.6	ORGANISATION	44
3.7	REDOVISNING AV MODELLARBETET	45
3.8	KOSTNADER	46
4.	<u>FORTSATT UTVECKLINGSARBETE</u>	48
	REFERENSER	49
	BILAGA I: MODELLKOMPONENTER	51

1. BYGGPROCESSENS KRAV PÅ EFFEKTIV PROJEKTERING

Projekteringen har successivt utvecklats till en allt komplexare del av byggprocessen. För ett halvt sekel sedan utfördes den av byggmästaren och arkitekten med ett fåtal enkla ritningar och i nära anslutning till produktionen.

Under 30-talet, i och med att den armerade betongen börjades användas, kom byggnadskonstruktören att komplettera arkitektritningarna med konstruktionsritningar. Under de senaste årtiondena har installationerna fått sådan omfattning, att värme-, ventilations- och el-projektörens arbete kommit att utgöra en avsevärd del av projekteringsarbetet. Dessutom deltar en mängd specialister i projekteringsarbetet. Projekteringskostnaderna för mer avancerade byggnader, som sjukhus, laboratorier, vissa industrier, uppgår till 10-15 % av anläggningskostnaderna och mängden ritningar och beskrivningar får sådan omfattning, att det är svårt att få en helhetsbild. Nya byggnadsmaterial, prefabricering, användning av halvfabrikat och nya produktionsmetoder ställer ökade krav på projekteringen.

Under de senaste åren har det förts en livlig debatt om producentens, d.v.s. entreprenörens möjligheter att påverka projekteringen för anpassning till lämpliga produktionsmetoder. Denna produktionsanpassning försvåras genom att producenten alltför sent får information om hur långt projekteringen framskridit.

För att samspelet mellan inblandade projektörer och entreprenörer skall bli effektivt fordras att informationen dem emellan fungerar perfekt. Informationen skall dessutom nå fram till dem som övervakar projekteringen, byggherre, myndigheter, de som svarar för underhåll och förvaltning m.fl.

Förhållandet redovisas i bild 1.1.

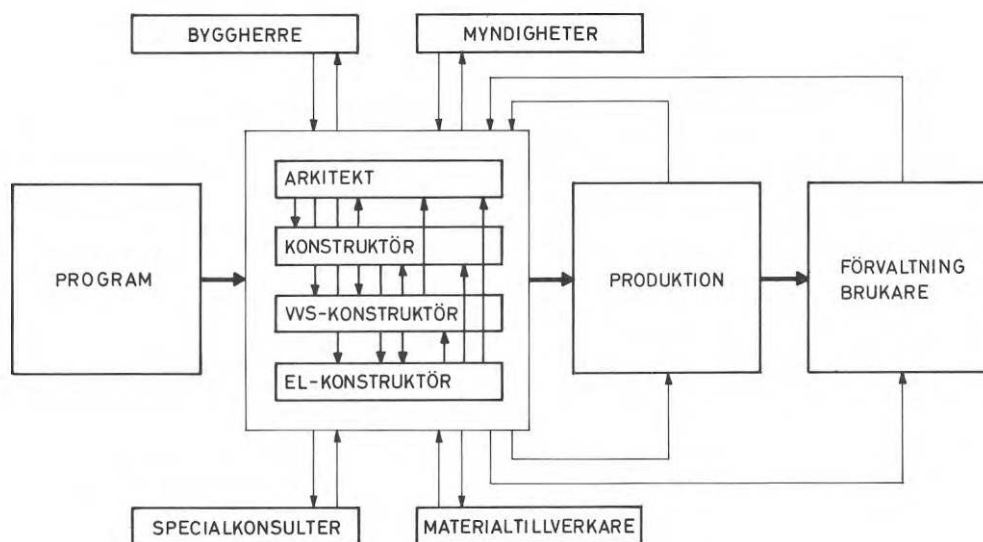


Bild 1.1

För att styra detta teamwork har nätplanering och andra hjälpmedel införts och är till stort värde för den som skall leda projekteringsarbetet (projektledaren).

Det är under projekteringsskedet som byggnaden bestäms till kvalitet, kostnad, flexibilitet, driftsförhållanden, underhållskostnader m.m. Ett effektivt projekteringsarbete är därför av största vikt för slutprodukten. Mer utrednings- och forskningsarbete bör läggas ned på att effektivisera denna del av byggprocessen. Vi bör söka bättre hjälpmedel för den kommunikation som måste äga rum, dels mellan olika experter som deltar i projekteringsteamet, och dels mellan dem som under projekteringen skall fatta beslut eller övervaka arbetet.

2. MODELLPROJEKTERING

2.1 Modellen som informationsmedel

De traditionella informationsmedlen inom byggprocessen utgörs av:

- ritningar
- beskrivningar
- kataloger och broschyrer
- sammanträden

Redovisning av projekteringsarbetet med hjälp av modeller har använts av arkitekter för att på ett övertygande sätt redovisa sina förslag för beställaren, tävlingsnämnder och myndigheter. Modeller för redovisning av tekniska lösningar och för studier av byggsystem, byggnadsstommar och installationer har däremot endast förekommit i ett fåtal byggnadsobjekt.

Behovet av effektivare information har under de senaste åren aktualiserat utnyttjandet av 3-dimensionella modeller vid projektering och planering av byggnader och anläggningar.

Byggnadsindustrins strukturförändring, genom övergång till allt mer färdiga komponenter både vad avser byggnader som dess installationer, ger också möjligheter att systematisera modellbyggandet. Under de senaste 10 åren har 3-dimensionella modeller fått stor betydelse vid projektering av anläggningar inom processindustrin. Det var huvudsakligen genom att studera denna utveckling som AB Flygfältsbyrån hösten 1967 började undersöka förutsättningarna för att utveckla en rationell metod att använda modeller vid projektering av byggnader.

Sedan hösten 1968 har utvecklingsarbetet bedrivits med anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning.

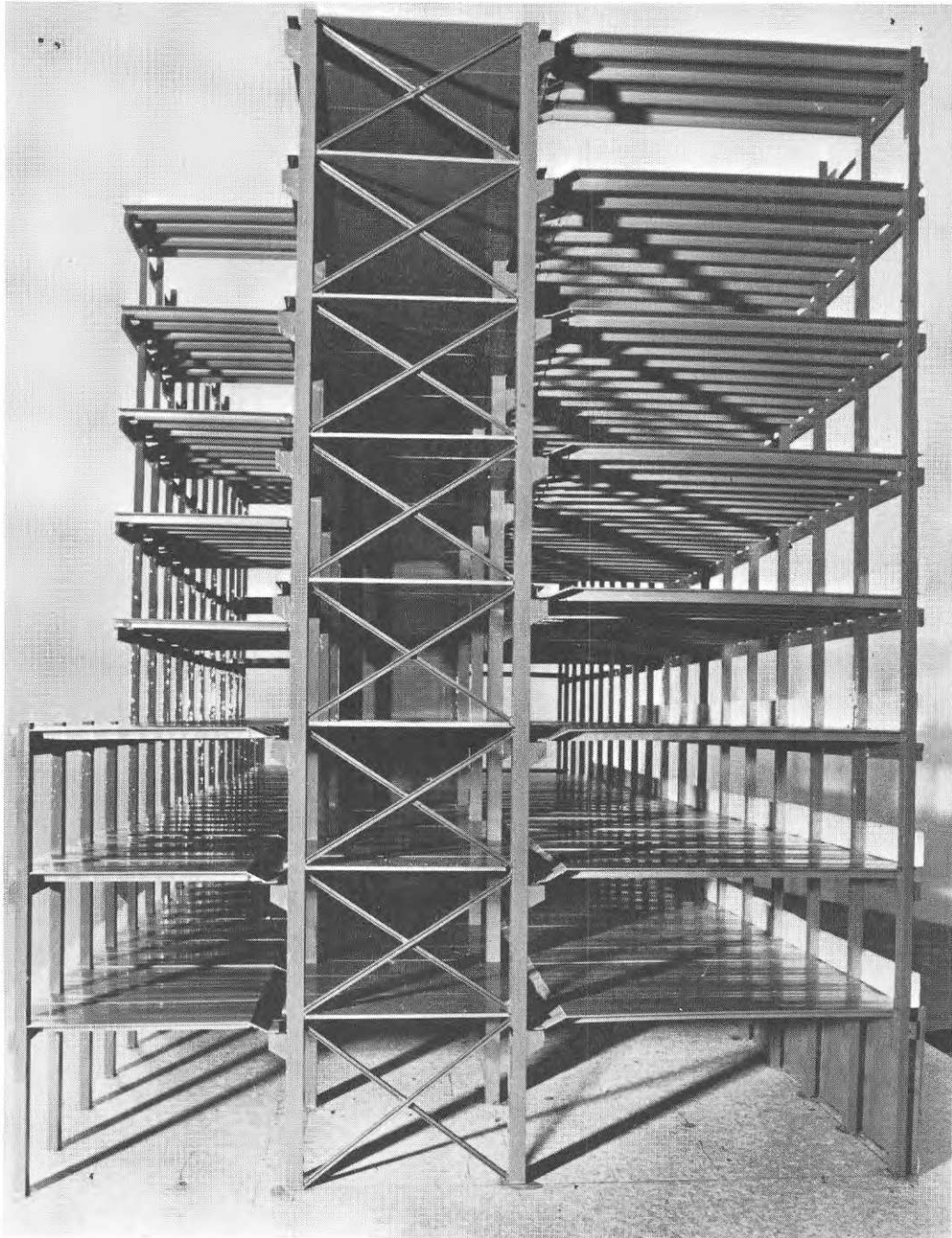


Bild 2.1 Modell byggd 1967 i skala 1:50, visande förslag till prefabricerad stomme till vårdblock i sjukhus

Model built in 1967 to the scale of 1:50 showing a proposal for prefabricated structural elements in a hospital ward block.

Modellen utnyttjades för diskussion om installationernas anpassning till byggsystemet.

2.2 Program för utvecklingsarbetet

En av orsakerna till att modeller i så liten utsträckning används inom byggnadsbranschen är att någon systematisering av de rent praktiska problemen i samband med byggandet av sådana modeller ej förekommit. Modellbyggandet blir härigenom tidskrävande och dyrbart samt kräver initialkostnader vid varje särskilt tillfälle. En annan svårighet är att byggandet av tekniska modeller inte kan överlåtas på en modellbyggare på samma sätt som arkitektmodeller, utan måste till stor del utföras i nära samarbete med de tekniker och ingenjörer som svarar för konstruktionsarbetet.

För att modellprojekteringen skall få en bredare spridning är det därför av stor betydelse att framställningsmetoderna av modeller och modellkomponenter rationaliseras så att kostnaderna blir låga och redovisningen entydig.

Tidigare erfarenheter från utnyttjandet av modeller är få. Det har därför ingått som en väsentlig del i arbetet att pröva modellens värde i olika skeden av byggprocessen.

Med dessa utgångspunkter uppsattes följande arbetsprogram för utvecklingsarbetet:

1. att studera de erfarenheter man vunnit vid modellprojektering inom processindustrin,
2. att fastställa de funktioner modellen kan uppfylla i byggprocessen,
3. att studera modellens värde i olika projekterings-skeden,
4. att studera lämplig organisation vid modellprojektering,
5. att studera modellens möjligheter som ersättning för ritningar,
6. att studera material, skalor, utrustning och metodik lämpade för modellbygge,

7. att ta fram modellkomponenter för att till lägsta kostnad framställa modeller samt
8. att införa en enhetlig terminologi.

2.3 Modellprojektering inom processindustrin

Vid modellprojektering inom processindustrin använder man sig av tre typer av modeller:

1. Arkitekturmodellen byggs på begäran av kunden eller kommunala myndigheter för att informera om hur de olika enheterna är grupperade inom industriområdet och hur de är anpassade till terrängen. Dessa modeller byggs i skala 1:100 eller 1:200.
2. Nästa steg i utvecklingen, apparatuppställningsmodellen, byggs i skalor från 1:100 och ned till 1:25 för små, komplicerade anläggningar.
Arbetet med denna typ av modell vidtar så snart aktuella komponenter med ungefärliga storlekar är kända. Utförandet är provisoriskt och modellen synas av beställaren för godkännande och besked om vidareutveckling av framförda idéer.
3. Den slutliga tekniska modellen bygger på uppställningsmodellen. I denna modell visas alla ingående komponenter i detalj. Normalt är skalan 1:32 eller 1:20 och för detaljer 1:25 eller 1:15. Modellen byggs med ett minimum av ritningar och skisser som underlag.

Inom processindustrin har det visat sig ekonomiskt fördelaktigt att bygga modeller av raffinaderier, anläggningar för cellulosaindustrier, kemiska eller liknande processindustrier med mängder av rör, armatur och övriga tillhörande detaljer. De relativa vinsterna avtar med anläggningens minskade svårighetsgrad och storleksordning.

Fördelarna med en modell är bl.a.:

- A. Den lättfattliga återgivningen av verkligheten i tre dimensioner medför att informationen förbättras.

- B. Bättre beslutsunderlag för alla inblandade parter. Speciellt beställaren kan på ett tidigt stadium ge korrekta beslut.
- C. Konsekvenserna av ändringar kan helt överblickas.
- D. Konstruktören upplever projektets funktion och produktionsinriktning på ett realistiskt sätt.
- E. Mindre ritningsarbete erfordras.
- F. Modellen används för utbildning av driftspersonal.
- G. Modellen utgör underlag för monteringsarbeten.

Det synes vara en rationell metod att dela upp modellarbetet i två kategorier. I en modellverkstad utförs det hantverksmässiga arbetet, såsom tillverkning av modelldetaljer och bottenplattor, med koordinater och centrumlinjer.

Som underlag för detta får verkstaden måttsatta apparaturuppställningsritningar. Sammanställningen av modellerna sker sedan på konstruktörernas ritkontor. Som underlag för detta arbete har konstruktörerna flödesschema och maskinuppställningsritningar. Av flödesschemat framgår alla rördimensioner. Alla ledningar förses med etiketter, som anger flödesriktning, rörmaterial och löpande positionsnummer, vilka även återfinns på isometriska ritningar. Apparater, ventiler och instrument förses med etiketter, där positionsnummer anges enligt flödesschemat.

Efter färdigställandet av modellen fotograferas den för dokumentering och skickas sedan till arbetsplatsen, som informationsmaterial vid byggande och montering.

För att närmare studera hur ett större företag tillämpar och driver "industrialiserat" modellbygge vid projektering och byggande av processindustrier gjordes ett studiebesök vid Bechtel International Ltd. (BIL) i London.

BIL:s arbetsobjekt är nästan uteslutande utomhusanläggningar, typ oljeraffinaderier och liknande. Modellverksamheten började där som ett försök att dränera projekteringskostnaderna och samtidigt ge ett bättre underlag i första hand för rörmontage.

Genom modellbygge har man kunnat slopa s.k. rörinstallations- eller rörsammanställningsritningar helt och hållet. De enda ritningarna är isometriska ritningar över varje ledningssystem. Dessa ritningar är mått-satta och försedda med kompletta styckelistor.

Hos BIL har man konstaterat att antalet mantimmar, som går åt för rörkonstruktion, är detsamma antingen man ritat kompletta rörinstallationsritningar eller ersätter dessa med modell. Däremot blir priset per mantimma lägre i och med att yngre och mindre kvalificerade konstruktörer bättre kan utnyttjas och att konstruktionsledare eller gruppchef behöver mindre tid för att få en överblick över anläggningen. Med andra ord - antalet konstruktörer per konstruktionsledare kan ökas.

En 3-dimensionell bild av anläggningen medför även att man snabbare kan komma fram till de mest ändamålsenliga lösningarna genom att man utövar fortlöpande granskning av modellen och på ett tidigt stadium kan upptäcka fel. Således - bättre kontroll över arbeten och färre misstag.

Kostnaderna för modellerna är av storleksordningen 1 % av totala anläggningskostnaderna och ca 35 % av totala projekteringskostnaderna. BIL arbetar både på löpande räkningsavtal och fast pris.

Även för de flesta fasta prisuppdrag byggs modell, vilket torde vara bevis för att modellbygge är lönande. BIL hade inte byggt någon inomhusmodell, men uppfattningen var den att man vid inomhusanläggningar skulle vinna mer genom modellbygge. Som exempel kan nämnas att vid projektering av BP:s oljeraffinaderi på Hisingen i Göteborg byggdes en modell av processområdet i skala 1:32. Modellen byggdes i prefabricerade delar av PVC på projektörens kontor i London och transporterades till

byggnadsplatsen innan montagearbetena påbörjades och fanns sedan tillgänglig där under hela byggnadstiden. Totalt kostade modellarbetet i detta fall 2 - 2,5 miljoner kronor, motsvarande ca 1 % av anläggningskostnaden.

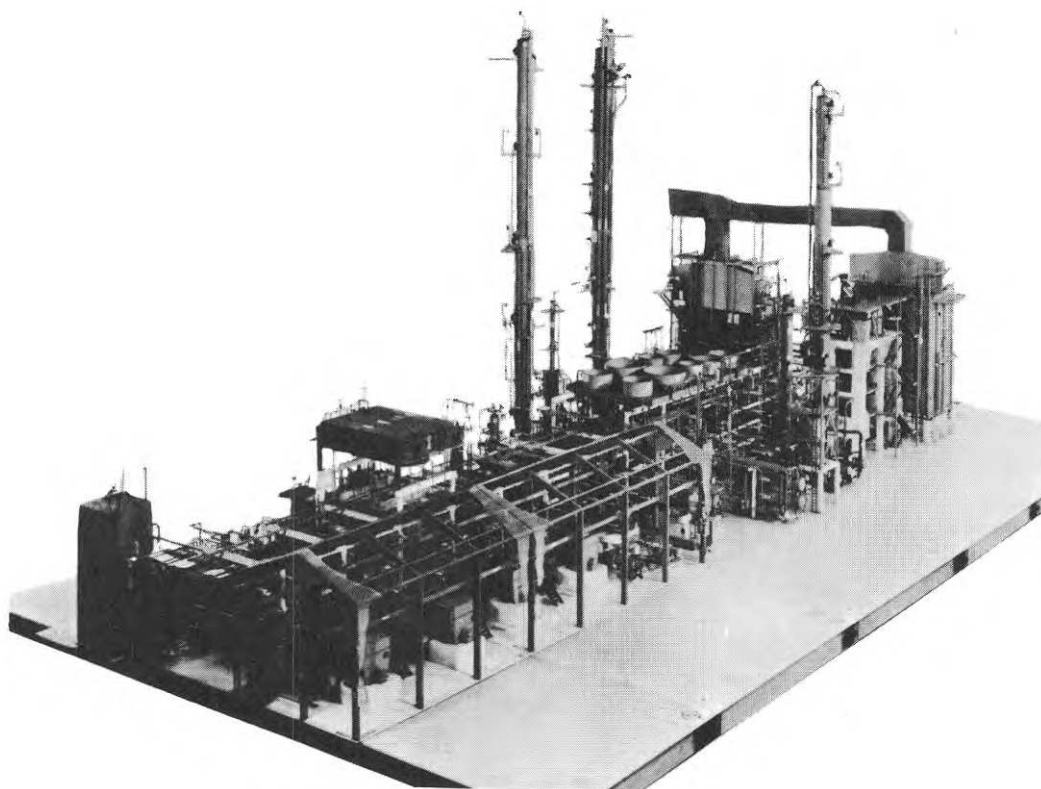


Bild 2.3.1 Modellfoto av BP:s oljeraffinaderi i Göteborg, modellskala 1:32

Photograph showing model of BP's oil refinery in Gothenburg. Scale. 1:32.

AB Flygfältsbyrån projekterade under 1967-68 en fabrik för framställning av väteperoxid. I samarbete med beställaren byggdes en modell av anläggningen i skala 1:20, där samtliga apparater, rör, ventiler etc. markerats in. Med stöd av modellen och efter byggritningar framställdes sedan de isometriska ritningarna över rörinstallationen, som erfordras för rörentreprenörens arbete.

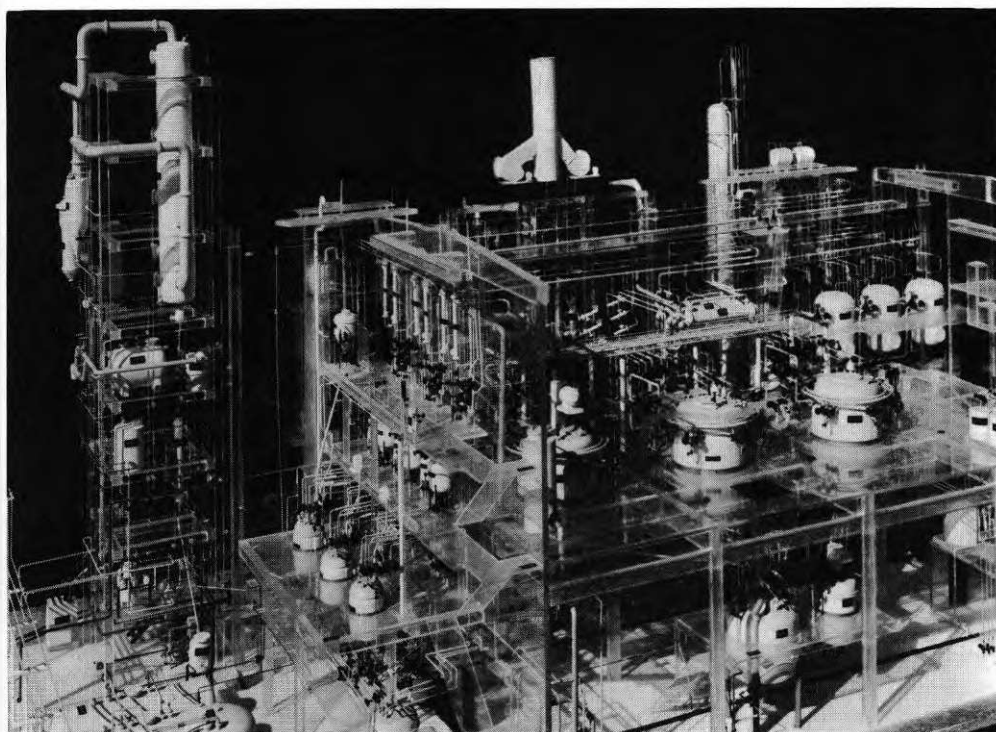


Bild 2.3.2 Modellfoto av fabrik för framställning av vätesuperoxid, modellskala 1:20

Photograph showing model of plant for manufacture of hydrogen peroxide. Scale 1:20.

Bild 2.3.3 visar en modell i skala 1:20 av ett blekeri för massafabrik. Modellen byggdes av AB Flygfältsbyrån och transporterades till Japan där anläggningen skulle uppföras.



Bild 2.3.3 Blekeri för massafabrik,
modellskala 1:20

Bleaching plant for pulp mill.
Scale 1:20.

2.4 Modellens utnyttjande för planering och funktionsstudier (layoutmodeller)

Vid utformandet av framförallt större industri- anläggningar har under ett antal år layoutmodeller blivit ett allt vanligare hjälpmedel. Layoutmodellen har då givits en eller flera av följande funktioner:

- hjälp vid planeringsarbetet
- kontroll av en framarbetad planlösning
- informationsmaterial

Ett layoutarbete av större omfattning är ett utpräglat lagarbete, där kunskanden hos ett stort antal personer måste tillvaratas för utformandet av bästa möjliga lösning. Modellen är därvid ett hjälpmedel att konkretisera och åskådliggöra olika tankegångar så att de snabbt uppfattas korrekt av övriga inblandade. Denna egenskap hos modellen gör det också möjligt att låta fler människor än man normalt använder i utredningsarbetet ta del av layoutförslaget på ett tidigt stadium, och det har visat sig att modellens förmåga att entusiasmera åskådarna ofta lockat fram potentiella idéer som annars förblivit dolda.

Genom att uppföra anläggningen i liten skala kan man undvika misstag i full skala. En modell med hög detaljrikedom och god måttriktighet ger en visuell bild av den färdiga anläggningen, som inga ritningar kan ge, och gör det möjligt för de inblandade att "leva sig in i" situationen på verkstadsgolvet. Exempelvis kan materialflödet med olika transport- och hanteringshjälpmedel på detta sätt studeras.

Många företag har låtit bygga layoutmodeller enbart för presentation av anläggningen för styrelsen eller för information till personal och besökare. Den översikt av och information om anläggningen, som modellen ger, är ofta större än man kan erhålla från verkligheten, vilket också underlättar framtida omplaneringar.

Det bör betonas, att en modell inte kan ersätta det normala utredningsarbetet med faktainsamlande och analys. Först när detta är klart och ett antal förslag arbetats fram kan en modell komma till användning för utvärdering, kontroll och förbättringar av förslagen. Ju mer pressad tiden för utredningsarbetet varit och ju osäkrare underlaget är desto större anledning finns att kontrollera layouten med en modell. Visningar och revideringar av denna bör styras upp med lämpliga rutiner och vid varje förändring bör modellen dokumenteras, exempelvis genom fotografering.

Den helt dominerande skalan är 1:50 (1/4" - 1') men även 1:100 (översiktslayout av större anläggningar). I USA finns flera stora företag, som huvudsakligen arbetar med tillverkning av modelldetaljer och av hela layoutmodeller, men även i Skandinavien har flera sådana firmor vuxit upp. Ett stort antal maskiner och annan utrustning i modell kan köpas från lager, men beställningar enligt specifikationer utförs i mycket stor utsträckning och till obetydligt högre kostnad. Som exempel kan anges att en normal verkstadsmaskin kostar 15-30 kronor och bord, skåp och annan standardutrustning kan erhållas för några kronor. Överslagsmässigt kan man räkna med att en normal verkstadsmodell med rutad underlagsskiva, golvutrustning, tejpade väggar, gångar etc. inklusive montering kostar 1:50 - 2:-/m² byggnadsyta. En layoutmodell i skala 1:50 skulle således kosta 3.750 - - 5.000:-/m².

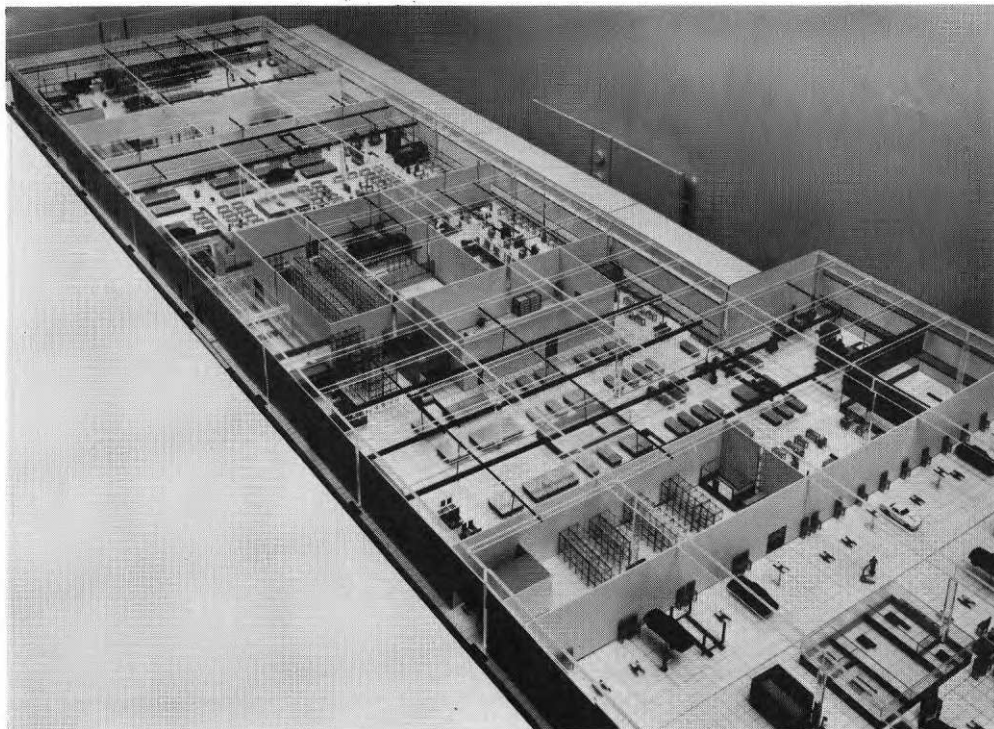


Bild 2.4.1 Layoutmodell, verkstadsindustrimodell,
modellskala 1:50

Layout model of engineering plant. Scale 1:50.

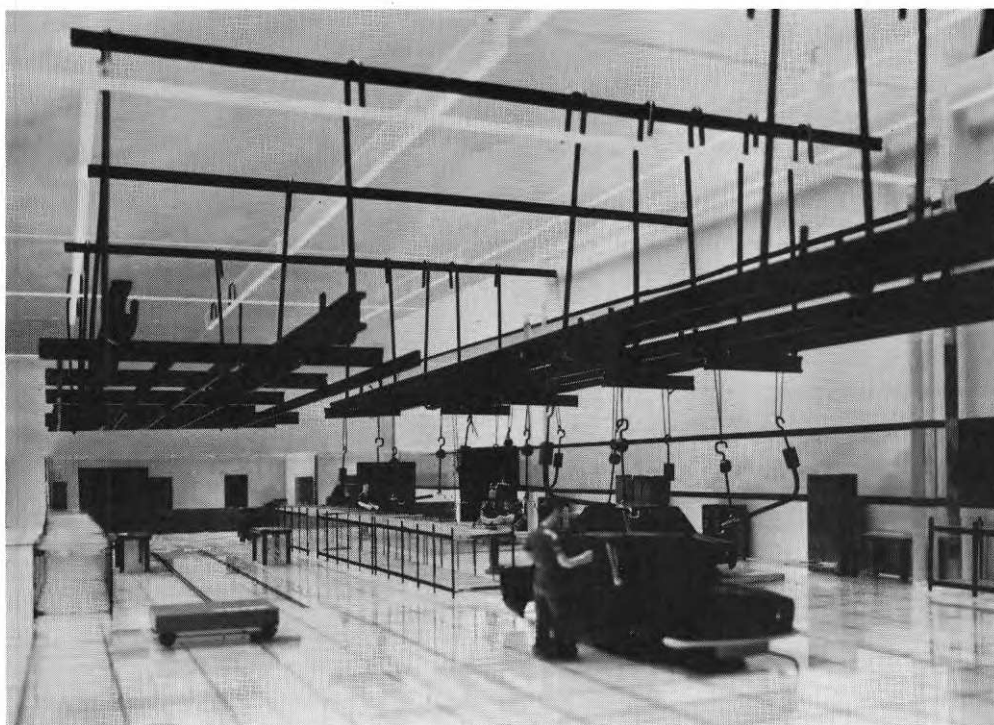


Bild 2.4.2 Detalj av modellen i bild 2.4.1

Detail of model in illustration 2.4.1.

2.5 Modellens funktioner

Modellprojekteringens utnyttjande vid planering och projektering av byggnader är beroende av i vilket syfte modellen byggs. Modellen måste anpassas med avseende på överskådlighet, detaljrikedom och flexibilitet till de funktioner den skall uppfylla.

Erfarenheterna från det utförda utvecklingsarbetet har visat att modellen bl.a. kan uppfylla följande funktioner:

1. Information, illustration

En modell underlättar för sidokonsulter att få ett korrekt helhetsintryck av projektet, vilket medför att dessa lättare kan anpassa respektive principförslag till lösningar på VVS, el, hissar m.m. efter konstruktionssystemet. Ett viktigt led i projekteringen är dessutom att byggherre, nyttjare och producent så tidigt som möjligt kan komma med synpunkter på projektörens förslag. Risken för felaktiga beslut kan då elimineras och beslutsförloppet påskyndas.

2. Problemlösning

Vid problem med anslutningar av olika byggnads-element och installationsenheter kan en modell eller detaljmodell användas av projektören, eventuellt i samråd med sidokonsulter, för att pröva sig fram till den bästa lösningen.

3. Samordning och kontroll

Ett visst ritningsarbete av respektive konsult är ofrånkomligt. För att undvika att olämpliga lösningar överarbetas bör samtliga konsulter förslag samordnas. Detta sker bäst i en modell. Man kan då göra en bedömning av vilka justeringar som behöver vidtas för att erhålla den bästa lösningen ur teknisk, funktionell och estetisk synvinkel.

4. Samband

Som en följd av ovanstående punkter löses delvis problemen med samband och informationsflöde mellan projektörerna. Förhållandena blir ytterligare förbättrade om modellen får stå i centrum vid sammanträden.

5. Simulering av byggnadsprocessen

Med hjälp av kranar och transportfordon i samma skala som modellen kan man simulera byggnadsprocessen och pröva sig fram till en lämplig monteringsordning av byggnadselementen.

6. Beslutsunderlag

Modellen tjänar som underlag för beslut om fortsatt projektering, investering och byggande.

7. Jämförelse

Genom att bygga två eller flera förslagsmodeller har man ett bra material för jämförelse av olika lösningar.

8. Dokumentering

Med hjälp av fotografier dokumenteras olika skeden under projekteringsgången. Dessa används för att sprida information om projektet. En modell eller en serie fotografier av modellen fungerar som erfarenhetsmaterial, som man vid projektering av andra liknande projekt kan gå tillbaka till för att där studera hur man löst vissa problem.

9. Ersättning av visst ritningsmaterial

Under projekteringsens gång är syftet med ritningar och beskrivningar i stort endast att lämna information om det aktuella läget. En modell kan ersätta vissa delar av detta material.

2.6 Modellens utnyttjande i projekteringsskedet

Olika projekteringsskeden ställer olika krav på modellen.

Normalt delas projekteringen av byggnader in i tre skeden:

- förslagshandlingsskedet
- huvudhandlingsskedet
- bygghandlingsskedet

Under förslagshandlingsskedet fastläggs alla principiella lösningar samt testas olika tekniska lösningar med avseende på funktion, ekonomi och produktionsanpassning. Det är under detta skede projektörerna kan utöva det största inflytandet över byggnadens utformning. Huvudhandlingarna avser att mera noggrant redovisa projektet främst för att ligga till grund för kostnadsberäkningar och redovisning inför myndigheter.

Bygghandlingarna utgör de arbetsritningar, beskrivningar och specifikationer som skall ligga till grund för produktionen.

Framställning av huvudhandlingar har ofta visat sig innebära ett merarbete och därmed ökade projekteringskostnader varför man övergått till att uppdelat projekteringen i endast två skeden; förslagshandlingsskedet och bygghandlingsskedet. Genom en viss överarbetning av förslagshandlingarna kan man få fram underlag för kostnadskalkyler m.m.

För anpassning av modellprojektering till de olika projekteringsskedena har förslagsmodeller, huvudmodeller och arbetsmodeller byggts. Det kunde dock snart konstateras att modellen hade sitt största värde i förslagshandlingsskedet och i andra hand under bygghandlingsskedet. Huvudmodellen blev endast en redovisning av beslutade principer och kunde inte användas för diskussion av alternativa lösningar eller detaljlösningar.

I samband med byggnadsprojektering bör således följande modelltyper användas:

1. Förslagsmodeller
2. Arbetsmodeller (byggmodeller)
3. Detaljmodeller

1. Förslagsmodell

Förslagsmodellen byggs i det första skedet av projekteringen. Ofta byggs flera modeller som redovisar alternativa system till tekniska lösningar vad beträffar byggnadsstommar och installations-system.

Förslagsmodellen visar i regel endast en del av byggnaden och behöver ej vara exakt detaljutformad. Dessa modeller skall kunna framställas på kort tid och får ej ta mer tid i anspråk än framställningen av de skisser och ritningar som erfordras för motsvarande redovisning.

Nedan redovisas några exempel på förslagsmodeller till stomsystem och installationssystem.

Bild 2.6.1 visar förslag av prefabricerad byggnadsstomme för kontors- och laboratoriebyggnad. Modellen byggdes av förtillverkade plastkomponenter och redovisar 1/90-del av hela byggnaden. Modellen studerades med avseende på installationernas placering och montageordningen av de prefabricerade betongelementen.



Bild 2.6.1 Förslagsmodell, skala 1:50

Preliminary model. Scale 1:50.

Diskussionerna kring modellen ledde till att en ny förslagsmodell framställdes, bild 2.6.2. Denna modell gav ett betydligt enklare montage av betongelementen.

Med hjälp av denna modell beslutades om det slutliga utförandet av byggnadsstommen.

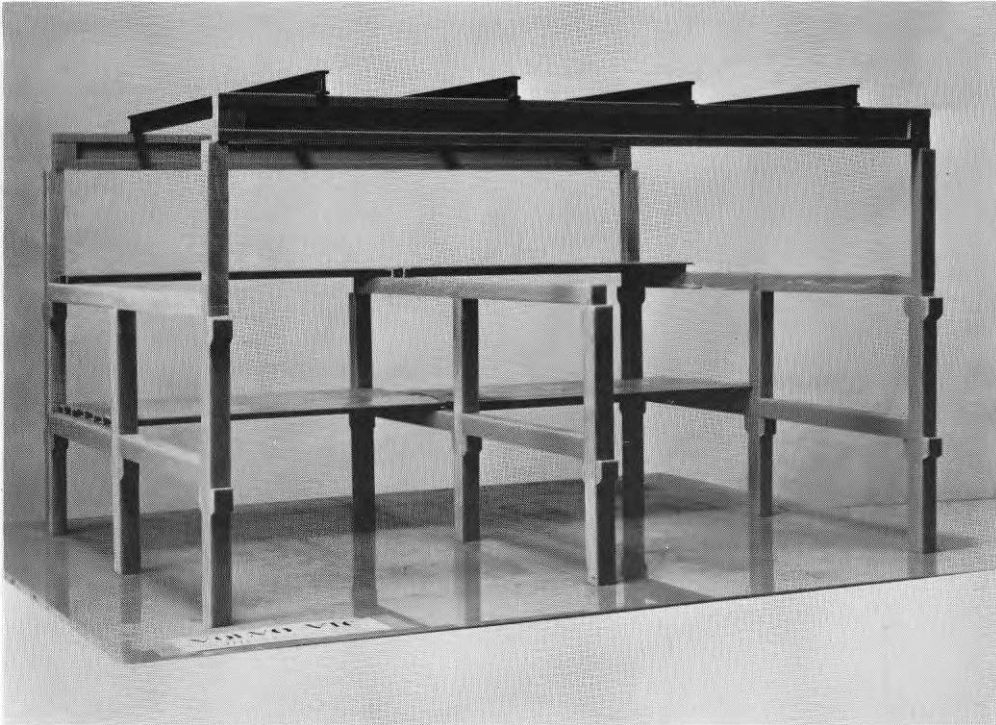


Bild 2.6.2 Förslagsmodell, skala 1:50
Preliminary model. Scale 1:50.

Till ledning för det fortsatta projekteringsarbetet byggdes en förslagsmodell, som omfattade en större del av byggnaden. Denna modell (bild 2.6.3) placerades så att den fanns tillgänglig vid projekteringssammanträdena.

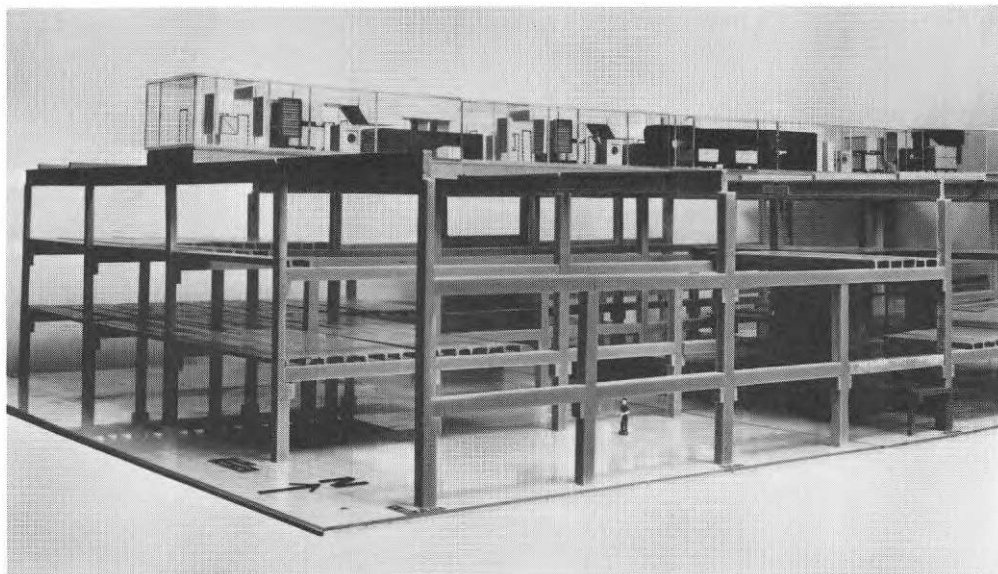


Bild 2.6.3 Förslagsmodell, skala 1:50
Preliminary model. Scale 1:50.

Bild 2.6.4 visar förslagsmodell av byggnadsstomme till hangarbyggnad

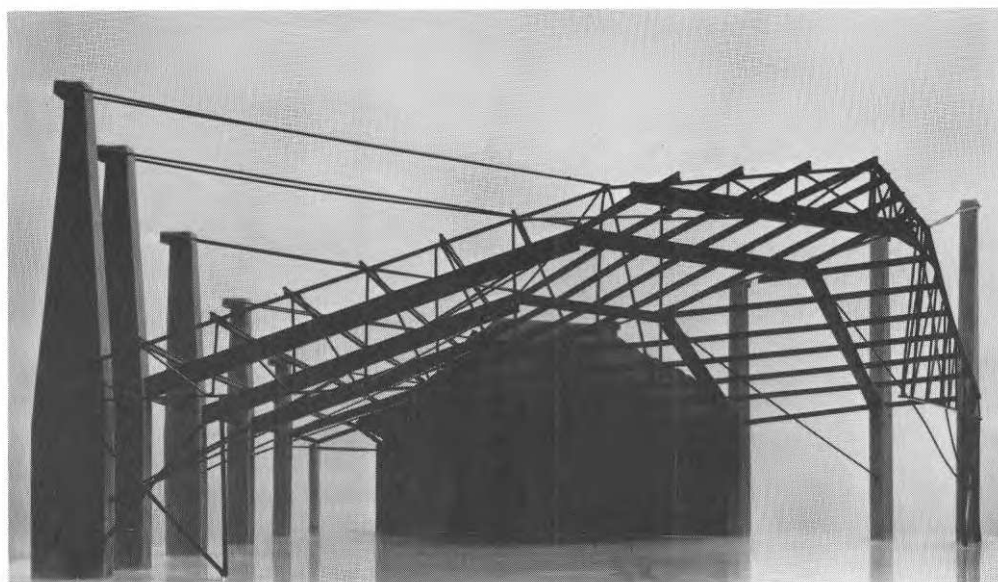


Bild 2.6.4 Förslagsmodell, hangarbyggnad,
skala 1:100
Preliminary model of hangar.
Scale 1:100.

För redovisning av luftkonditioneringsanläggningens utförande och funktion i en större kontorsbyggnad byggdes en förslagsmodell enligt bild 2.6.5. På grund av denna modells detaljrikedom utfördes den i skala 1:20.

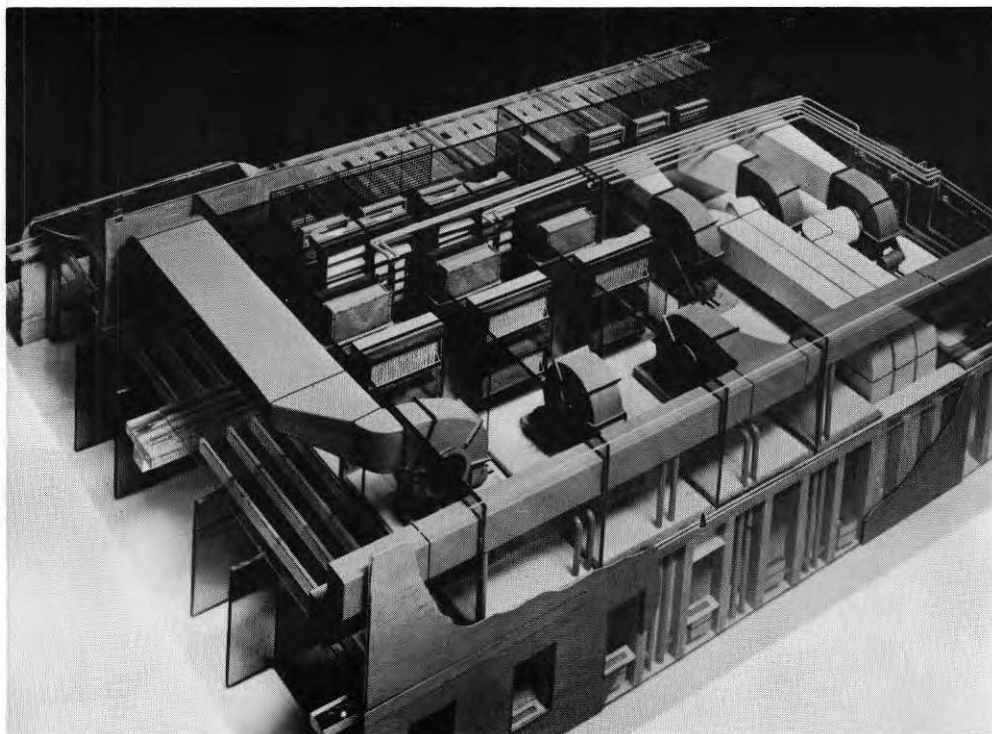


Bild 2.6.5 Förslagsmodell

Fläktrum i kontorshus, skala 1:20

Preliminary model of fan room in office block. Scale 1:20.

Bild 2.6.6 visar VVS-projektörens förslag till utförande av fläktrum i det på bild 2.6.3 visade kontorshuset..

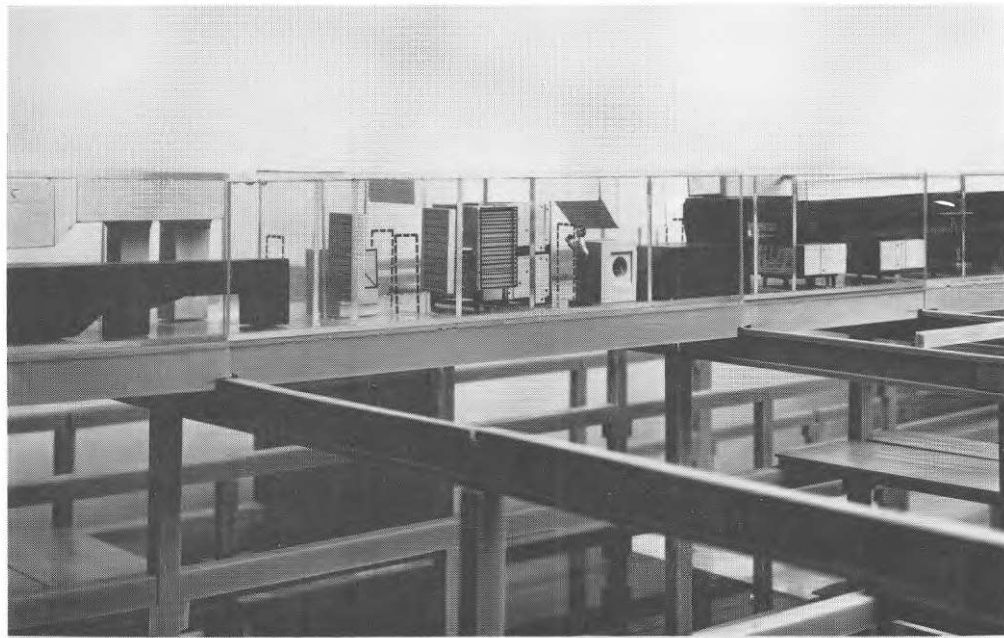


Bild 2.6.6 Förslag till utförande av fläktrum i kontorshus
Proposal for construction of fan rooms in office blocks.

2. Arbetsmodell

Arbetsmodellen byggs för redovisning av byggnadsstomme och installation i byggnader med komplicerad installation samt vid industrianläggningar för redovisning av processinstallationer.

Avsikten med arbetsmodellen är att den, när projekteringen är avslutad, skall finnas uppställd på byggnadsplatsen och där utgöra ett värdefullt komplement till övriga bygghandlingar.

Arbetsmodellen är värdefull för att visa delar av byggnader där särskilt svåra knutpunkter förekommer.

Bild 2.6.7 visar en arbetsmodell av en behandlingsbyggnad i sjukhus. Modellen är byggd i skala 1:20. Modellen utnyttjades för att redovisa installationernas placering i förhållande till byggnadsstomme med avseende på åtkomlighet och underhåll. Genom modellen kunde även beställare och brukare orienteras om anläggningens funktion.

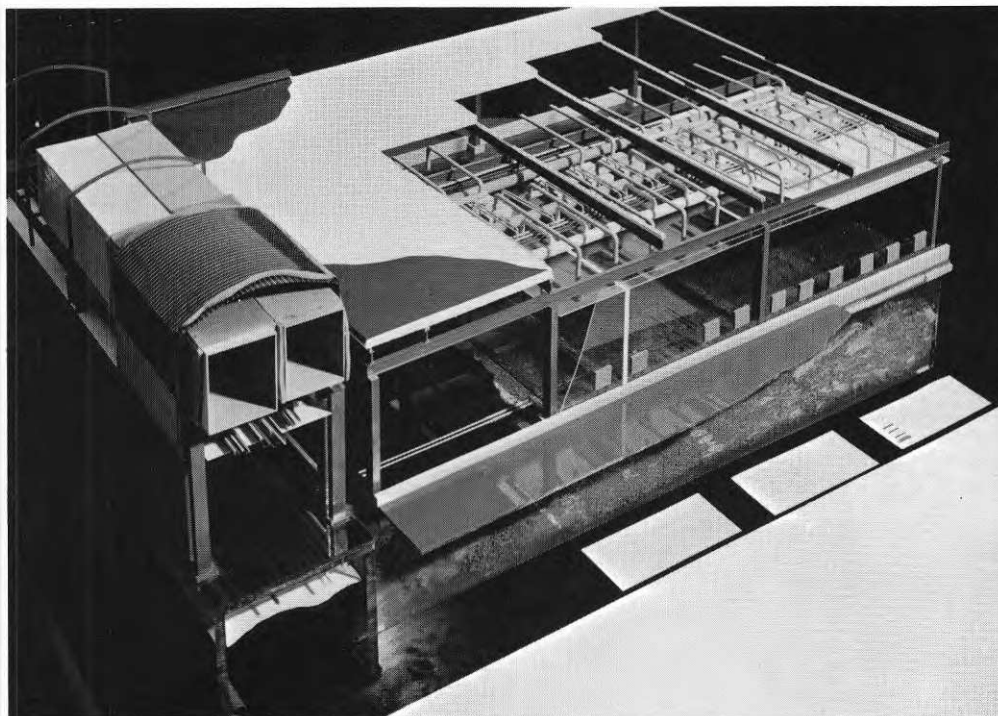


Bild 2.6.7 Arbetsmodell av behandlingsbyggnad i sjukhus, skala 1:20

Working model of hospital treatment block.
Scale 1:20.

Den i bild 2.6.8 visade arbetsmodellen av en ångcentral till en industribyggnad utnyttjades i första hand för att driftspersonalen skulle kunna studera anläggningen och lämna synpunkter med tanke på underhåll och skötsel.

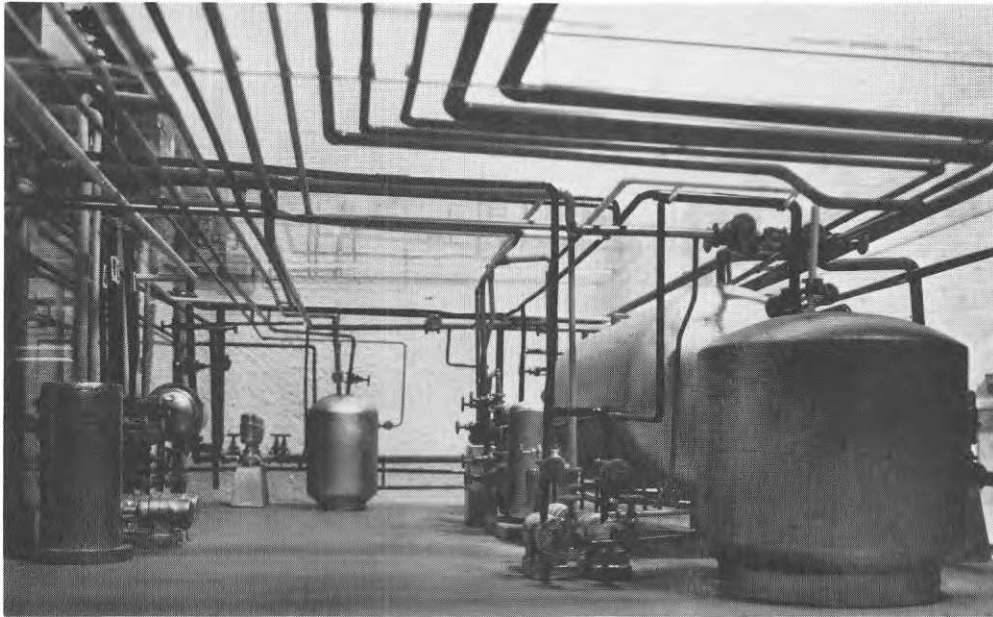


Bild 2.6.8 Arbetsmodell, ångcentral, skala 1:20
Working model of steam plant. Scale 1:20.

2.7 Modellens utnyttjande i upphandlings- och produktionsskedet

Upphandlingsskedet är oftast tidsmässigt en mycket komprimerad del i byggprocessen. Under denna tid skall information om byggnadsprojektet spridas till en mängd entreprenörer, underentreprenörer, leverantörer m.fl.

Vi har prövat i vad mån modeller och modellfoto vid sidan av ritningar och beskrivningar kunnat utnyttjas för information och orientering. Vi har även i några fall låtit modeller och modellfotografier ersätta visst ritningsmaterial. Förfrågningar till massberäknare, kalkylatorer m.fl. har bekräftat värdet med att förse programhandlingarna med modellfotografier.

I kapitel 3.7 redovisas en teknik att överföra modellfotografier till originalritningar.

Anbudshandlingar kompletteras med modellfoton, varigenom entreprenören snabbt blir informerad om byggnadens komplexa karaktär och sannolika byggnadssätt. (Detta är speciellt värdefullt då tiden för anbudsräkning ofta är mycket kort.)

Inom processindustrin används arbetsmodellerna vid planering, samordning och orientering i produktionsskedet. Modellen placeras på arbetsplatsen. Hos projektören finns då fotokartotek och originalritningar. Arbetsledare kan vid eventuella problem kontakta projektören, som via kartoteket direkt kan ge önskad information då modellens 3-dimensionella modulnät återfinns på foton och ritningar. Driftspersonalen, som skall handha den färdiga anläggningen, kan via arbetsmodellen ge synpunkter som annars vid färdigt bygge kanske skulle medfört avsevärda ändringskostnader. Inom byggnadsindustrin kan modellen utnyttjas på motsvarande sätt, framförallt vid systembyggande.

Nedan redovisas två exempel där modellen har ingått i upphandlings- och produktionsskedet.

Bild 2.7.1, 2.7.2 och 2.7.3 visar en arbetsmodell för industrianläggning. Modellen, som utfördes så att den kunde redovisas plan för plan, byggdes parallellt med upprättandet av arbetsritningar, och modellfotografier bifogades upphandlingsunderlaget som orientering för anbudsgivare. Modellfotografier infördes även på konstruktörens arbetsritningar för orientering (se kapitel 3.7).

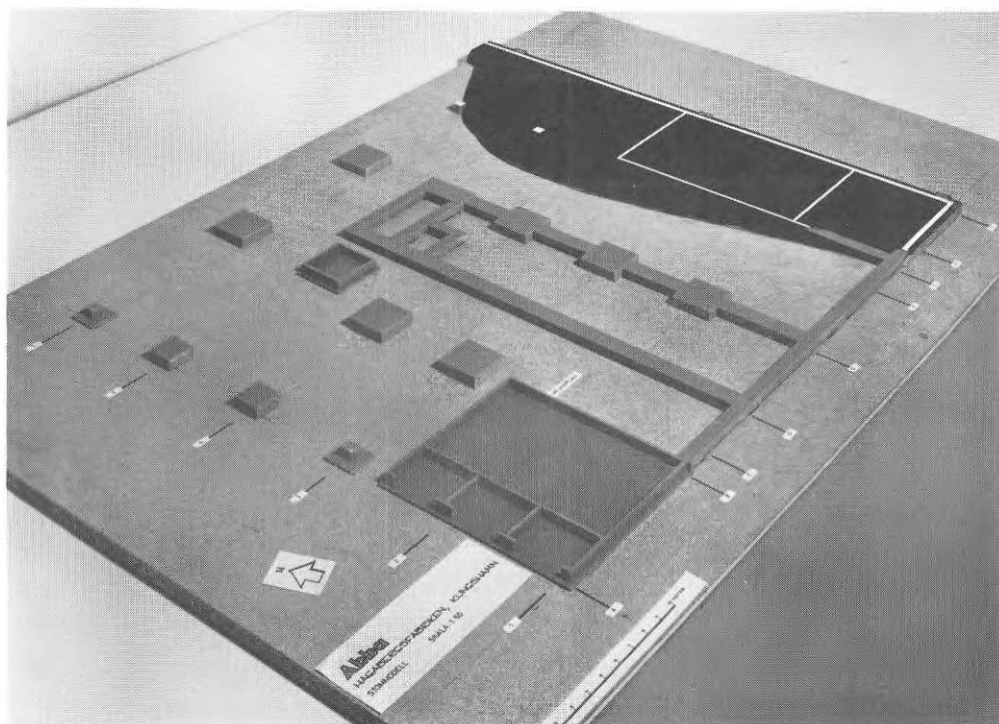


Bild 2.7.1 Byggnadens grundläggning, modellskala 1:50
Laying of foundations. Scale of model 1:50.

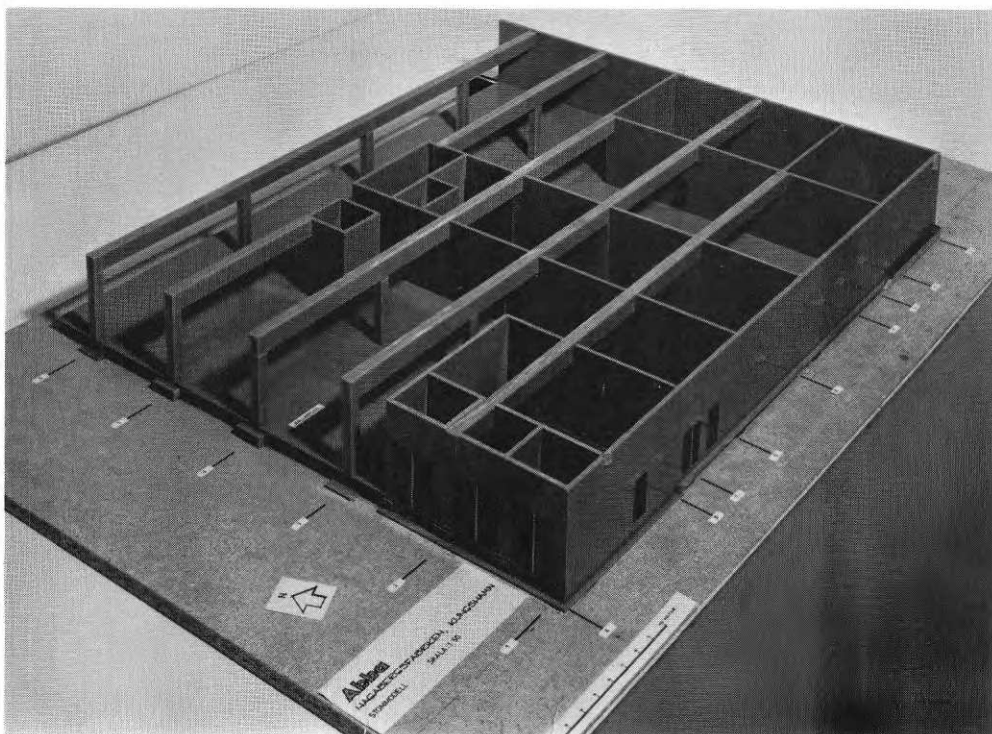


Bild 2.7.2 Bjälklag över källare, modellskala 1:50
Floor slab over basement. Scale of model 1:50.

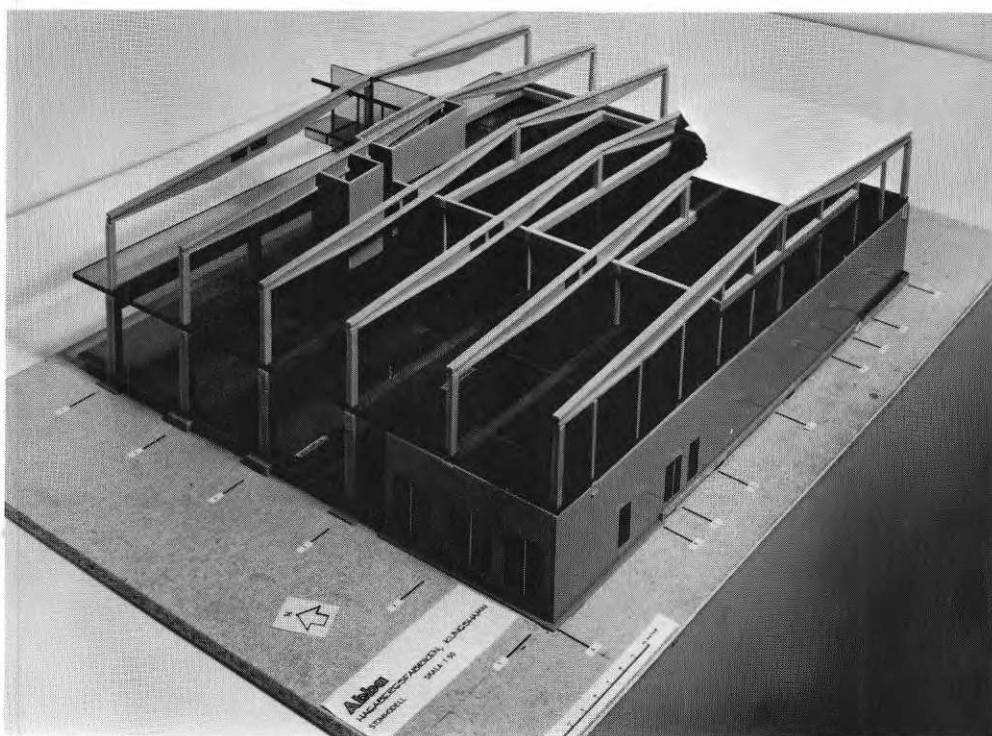


Bild 2.7.3 Överbyggnad, modellskala 1:50
Superstructure. Scale of model 1:50.

Vid projektering av ett sandtorn till en gjuteribyggnad har en modell utnyttjats för att helt ersätta ritningsmaterialet. Byggnadens stomme utgjordes av ett stålskelett, som för redovisning skulle erfordrat en mängd plan- och elevationsritningar. Parallellt med konstruktionsberäkningarna byggdes modellen, som försågs med måttsättning och litterering av alla ingående stålstänger. Modellen placerades i första hand på det kontor där den tekniska utrustningen projekterades.

Upphandling av stålkonstruktion skedde på följande underlag:

1. Beskrivning
2. Modellfotografier
3. Specifikation av stålstänger

Under anbudstiden fanns modellen utställd.

Före byggstart upprättades detaljritningar över knutpunkter. Ståltornet byggdes sedan med hjälp av modellen och nämnda underlag.

Bild 2.7.4 och 2.7.5 visar modellfoto av anläggningen.

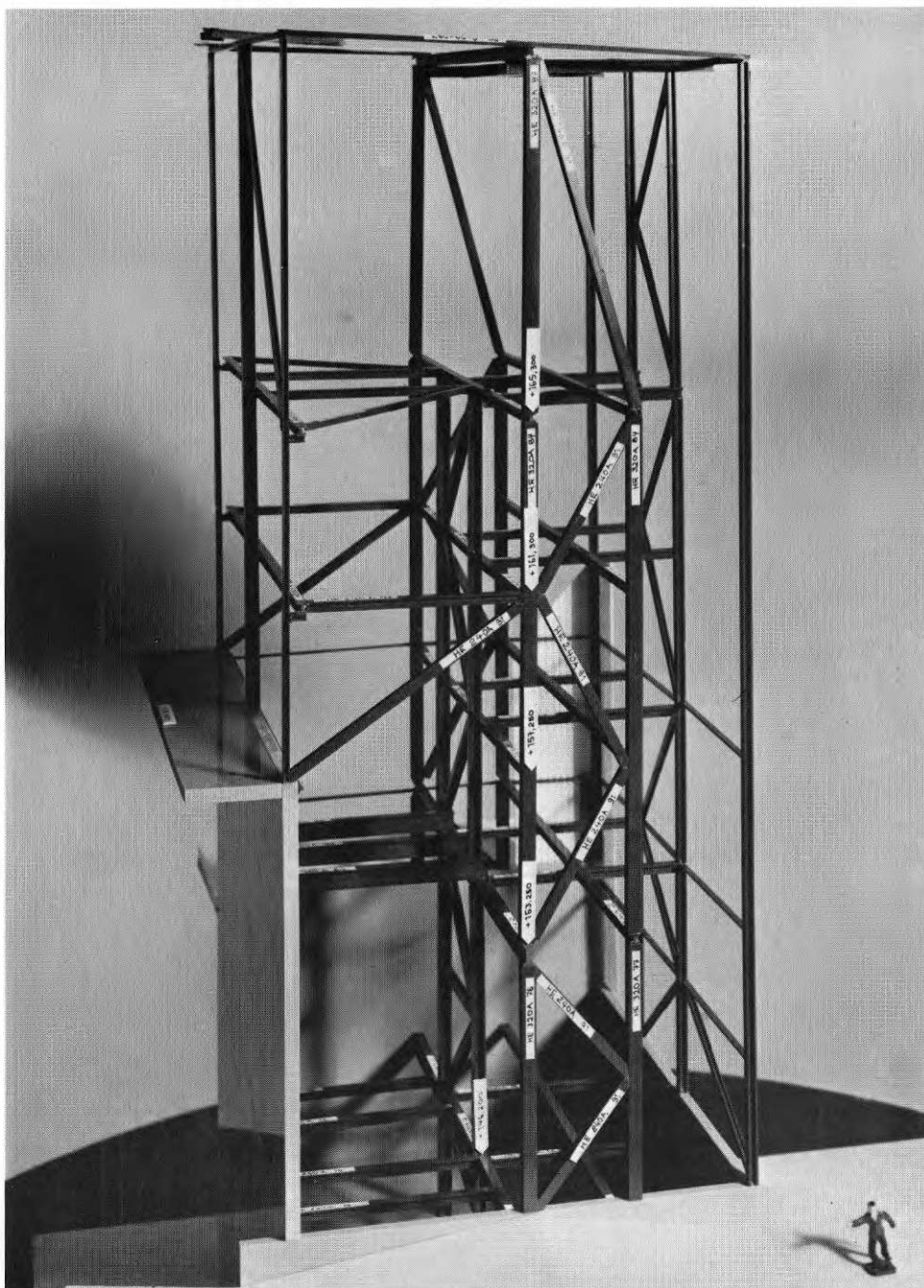


Bild 2.7.4 Stålstomme till sandtorn, modellskala 1:50

Steel structure of sand tower. Scale of model 1:50.

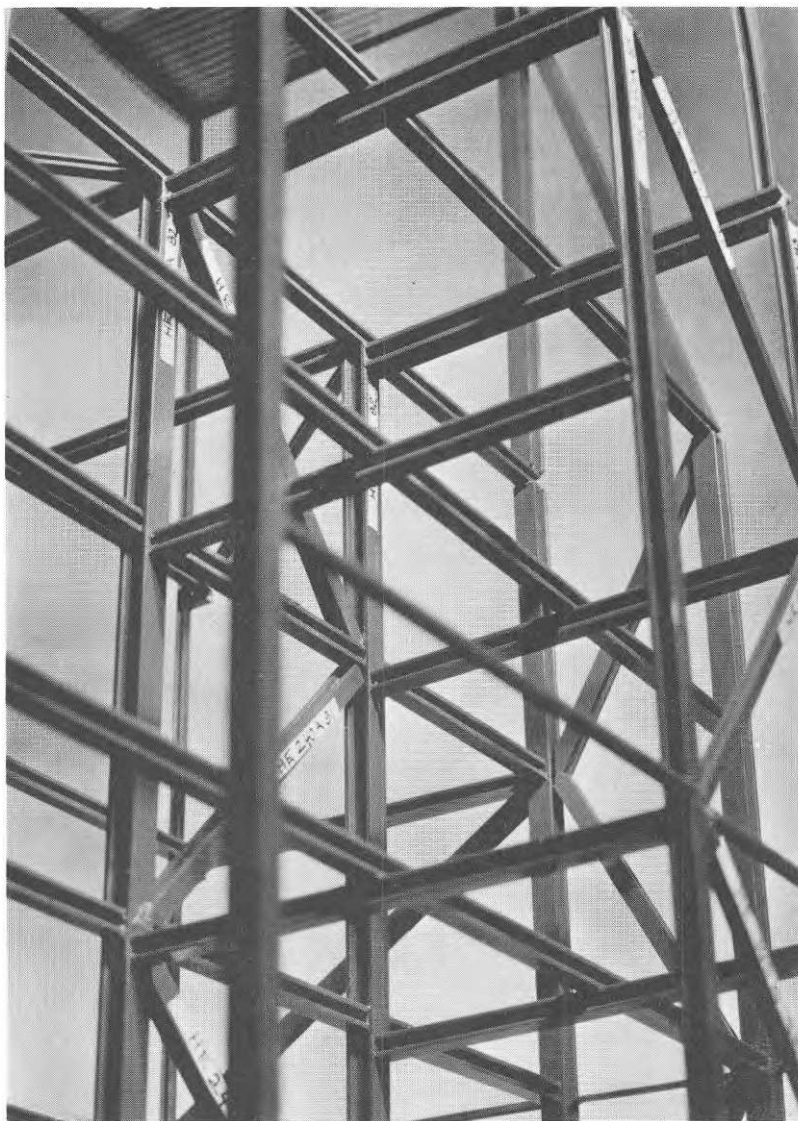


Bild 2.7.5 Detaljbild av stålstomme
Detailed photograph of steel structure.

3. DET PRAKTISKA GENOMFÖRANDET AV MODELLPROJEKTERING

3.1 Förutsättningar

För att modellprojektering enkelt skall kunna utnyttjas mera allmänt vid projektering och planering av byggnader och anläggningar fordras, att det praktiska framställandet av modeller systematiseras så att kostnaderna för dessa blir låga.

Framställning av modeller inom processindustrin sker med färdiga komponenter, utförda av PVC, i standardiserade skalor. I USA och Tyskland finns företag som enbart framställer och försäljer dessa komponenter.

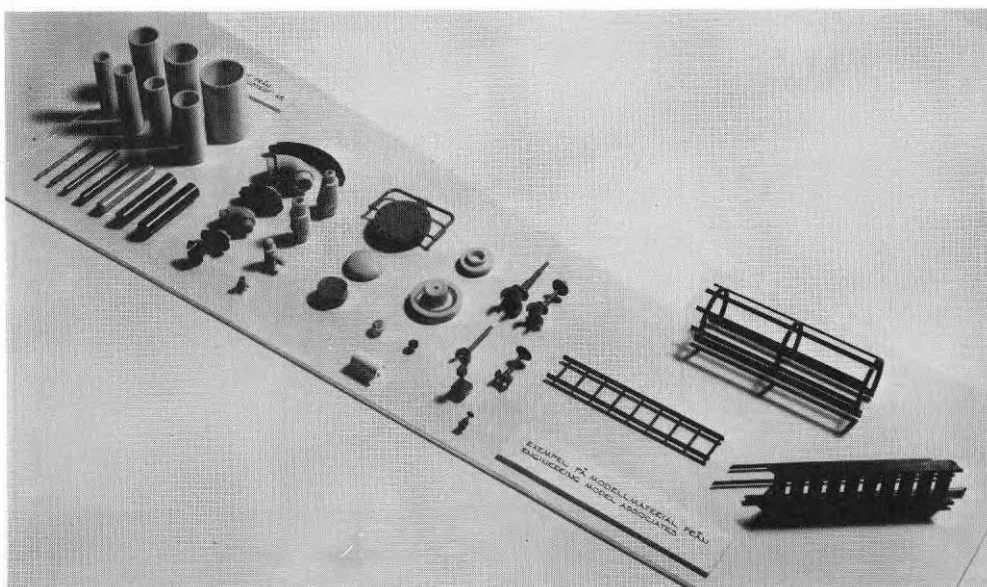


Bild 3.1.1 Modellkomponenter för processindustrin

Model components for the chemical and petrochemical industries.

För framställning av motsvarande komponenter för byggnadsstommar och installationer måste skalor, material, beteckningar m.m. standardiseras, vilket ingått som en väsentlig del av utredningsarbetet.

3.2 Standardisering

De vanligaste modellskalorna i USA är 1:48 och 1:32. Vårt arbete har visat att de standardiserade skalorna för byggnadsritningar kan tillämpas även vid modellprojektering. Skala 1:50 bör vara huvudskala och framställningen av modellkomponenter bör i första hand sikta på denna skala. För förslagsmodeller och de flesta arbetsmodeller ger denna skala en överskådlig och lätthanterlig modell. Skala 1:50 ansluter sig också så väl till den amerikanska skalan 1:48 att modellkomponenter inköpta från USA kan utnyttjas.

För modellkomponenter är styv PVC det lämpligaste materialet. Detta kan lätt strängpressas till rör, balkprofiler m.m.

Plana plastskivor i akrylplast, som går under en mängd benämningar, t.ex. perspex, plexiglas, bonoplex, isocryl finns i en mängd färger och i tjocklekar från 1 till 100 mm. Ur dessa skivor sågar man enkla, kvadratiska och rektangulära profiler. För att reducera reflexbildning vid fotografering bör man använda akrylplast med matterad yta.

Förutom ovannämnda skivmaterial och modellkomponenter fordras följande material:

- bottenplatta i standardformat och med inlagt raster,
- planeringstejp

När det gäller färger på byggnadselement är gråskalan den lämpligaste, varvid ljusgrått betecknar betong och mörkgrått stål. Lättbetong symboliseras av vitt. De grå nyanserna har visat sig ge god kontrastverkan vid fotografering i svart-vitt såväl som i färg. Nyanserna har vidare valts så att de nära överensstämmer med de naturliga färgerna på stål och betong. Grått utgör också en lämplig bakgrundsfärg för VVS-ledningar.

Värme- och sanitetsledningar bör därvid ha de färger som anvisas i Märkning av rörledningar, SMS 741, och ventilationstrummor de färger som rekommenderas av VVS-Gruppen, Redovisningstekniska anvisningar, del 1.

3.3 Modellkomponenter

Framtagningen av modellkomponenter har omfattat komponenter för byggnadsstomme såsom stålbalkar och prefabricerade betongelement samt komponenter för VVS-installationer såsom rör, trummor, fläktar, filter m.m.

Bild 3.3.1 och 3.3.2 visar prefabricerade betongelement som strängpressats i PVC, skala 1:50.

Bild 3.3.3 visar komponenter för luftkonditioneringsanläggningar, skala 1:50.

I bilaga I redovisas de komponenter, som framtagits i samband med utvecklingsarbetet.

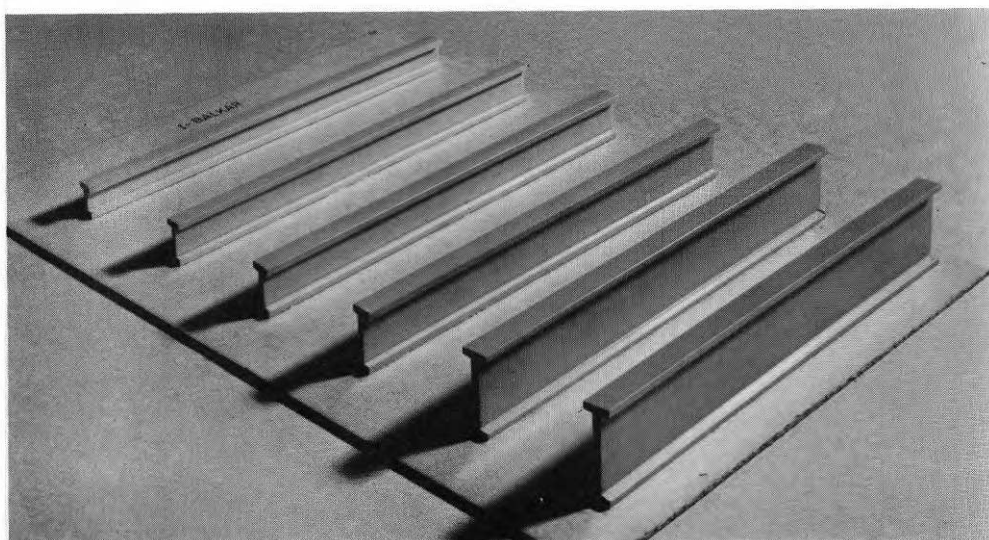


Bild 3.3.1 Modellkomponenter, betongbalkar
Model components, concrete beams.

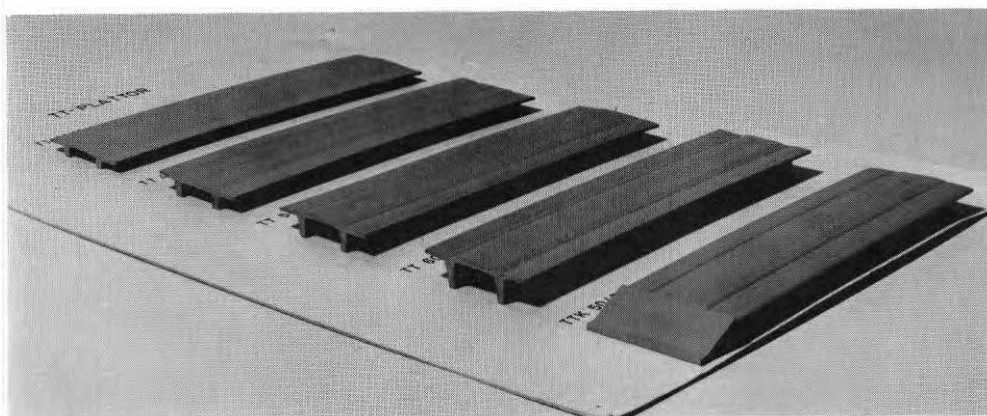


Bild 3.3.2 Modellkomponenter, bjälklagselement
av betong
Model components, concrete floor slabs.

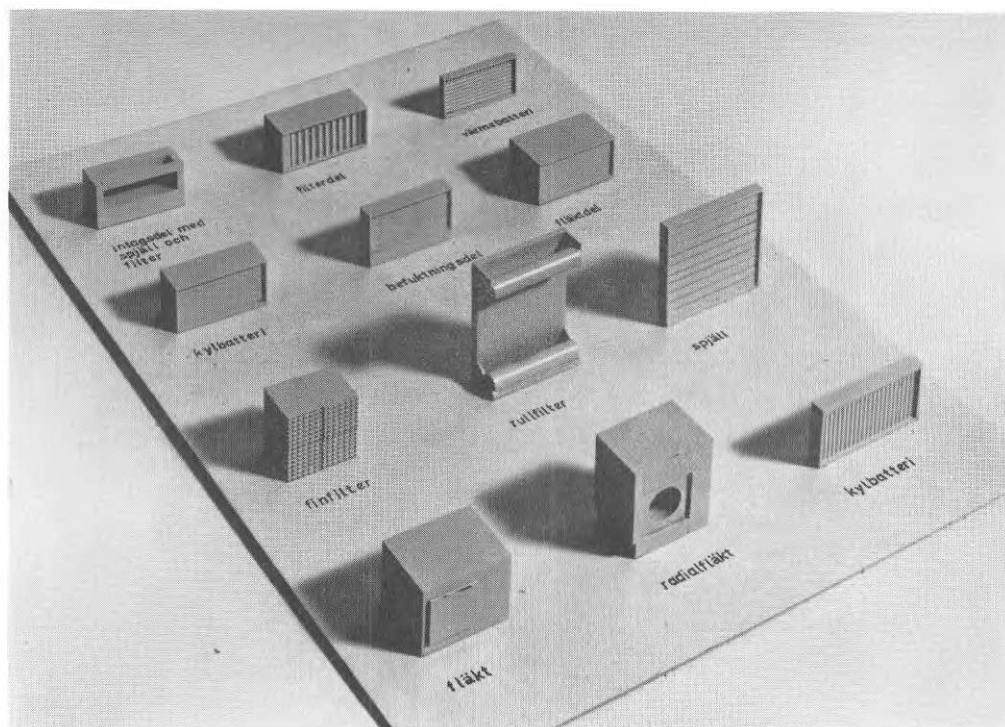


Bild 3.3.3 Modellkomponenter för luftkonditioneringsanläggning
Model components for air conditioning plant.

3.4 Utrustning

Tanken med denna typ av modellbyggande är att så lite hantverk som möjligt skall vara nödvändigt. Arbetet skall i princip bestå av uppsågning av plastskivor och färdiga komponenter i önskade storlekar och längder samt montering. För uppsågning av akrylplastskivorna, vars standardformat är 1,0 x 1,2 m, fordras en kraftig såg med bord. Sågen bör ha en motoreffekt av ungefär 1 hk och vara försedd med hårdmetallklinga. Många av de sågar som nu finns på marknaden kan kompletteras så att de även kan användas för fräsning, slipning, putsning, långhålsborrning m.m., i både trä och plast. För att komma ifrån tidsödande omställningsarbeten med sådana typer av sågar kan man med hjälp av vanliga handborrmaskiner med olika tillsatser sörja för eventuella kompletteringsarbeten.

För borrning fordras då dessutom vertikalborrstativ med maskinskruvstycke, för slipning och putsning horisontalstativ med slipbord, för fräsning och sågning ett mindre sågbord. Tyngre sågningsarbeten i plast bör emellertid ej utföras med en handborrsåg. För bearbetning och underhåll fordras dessutom en del handverktyg såsom borrsväng med tillsats, skruvmejslar, olika typer av tänger, avbitare, knivar, filar, hammare, skiftnycklar m.m.

För montering har man nytta av små och stora vinkelhakar i stål, linjaler, skjutmått, vattenpass, smyg-vinkel, ritspennor, tvingar och u-klämmor m.m. I modellverkstaden bör finnas lagerfack, hyllor och skåp för förvaring av material samt monteringsbord och uppställningsbord för färdiga modeller.

3.5 Praktiska erfarenheter

Förtillverkade modellkomponenter medför att själva byggandet blir enkelt och kan utföras av vem som helst. En van modellbyggare gör modellen något snabbare och kan hitta rationellare metoder för tillverkning och sammanfogning av modellkomponenter.

Mycket tid och material kan sparas om man väl planerar modellarbetet. Syftet med modellen bör noga definieras så att kraven på överskådlighet, detaljrikedom och flexibilitet tillgodoses. Vad beträffar modellens omfång bör man även beakta de praktiska olägenheter som en alltför bred och lång modell medför. Ofta kan det vara lämpligt att bygga stora modeller på flera bottenplattor. Bottenplattan utförs lämpligen av 16 mm spånskiva med en påskruvad tunn, klar plastskiva, som vid limning av pelare och väggar ger starka fogar. Själva spånplattan vilar på påskruvade gummi-klossar. I de flesta fall har vi vitmålat spånplattan och i färgen ristat in modulnät för att underlätta utsättning och montering samt ge information om pelaravstånd, rumsstorlek m.m. Eftersom spånplattan kräver ett par strykningar är det lämpligt att ha sådana färdigmålade på lager i standardiserade format. En annan metod är att rita linjerna på ett vitt ark, som placeras mellan spånplattan och plastskivan. Plintar, grundmurar och VA-ledningar kan också ritas in eller markeras med planeringstejp. Vid flervåningsbyggnader är det ofta fördelaktigt att bygga modellen i sektioner som kan lyftas av. Detta höjder modellens informationsvärde och underlättar arbetet med eventuella stomkompletteringar och inläggning av installationer. Denna metod har av oss använts vid byggandet av arbetsmodellen (se bild 2.7.1 - 2.7.3) för en industrialläggning.

Önskar man, som i det fallet, i detalj visa grundläggningssättet går det bra att limma plintar och stödmurar i plast direkt på spånplattan. Ytterligare medel att öka modellens överskådlighet är att använda klar

akrylplast för vissa bjälklag och väggar, eller, vid elementbyggeri, utelägna större delar av de grå bjälklagskassetterna.

När det gäller sammanfogning av balkar och pelare har försök gjorts med olika påknäppningssystem. De har emellertid visat sig vara opraktiska och dyrbara. Den hittills bästa lösningen torde vara att limma samman byggnadselementen. Vissa detaljer, vars lägen är ovissa, kan provisoriskt tejpas fast med dubbelhäftande tejp eller limmas med liten limyta - punktlimning. En pelare eller vägg kan då relativt lätt bändas loss. Större ändringar i en färdiglimmad modell är annars vanskliga att utföra och det är då som regel befogat att bygga en helt ny modell.

Akrylplasten tillåter borrar och hålsågning. Detta bör emellertid, med hänsyn till sprickrisken, utföras innan man limmar fast plastskivan i modellen. Med tanke på eventuella ändringar räcker det oftast att markera hål med planeringstejp. Ibland kan det vara nödvändigt att måla vissa delar av modellen i förtydligande syfte. Lim fäster emellertid dåligt på målade partier och man bör då först frilägga själva kontaktytan från färg.

3.6 Organisation

Byggandet av modeller skall ske i direkt anslutning till övrigt projekteringsarbete. Hopfogning av modellen bör ske i samma lokal som ritnings- och konstruktionsarbetet. Inblandade konstruktörer skall aktivt deltaga i arbetet. Projekteringssammanträden bör förläggas så att man har tillgång till modellen. Det åvilar projekteringsledaren att svara för att modellen utnyttjas optimalt.

Även om strävan är att enbart använda standardelement finns det tyvärr alltid kvar en del hantverk. En assistent, som dessutom kontrollerar modellmaterialförråd och övervakar utrustningen, sköter detta arbete. Modeller, som i huvudsak skall användas som informationsmaterial, byggs av assistenten.

3.7 Redovisning av modellarbetet

För dokumentering av modellarbetet och spridning av information om modellerna bör fotografering utnyttjas i största möjliga utsträckning.

I vissa fall är det önskvärt att ritningar kompletteras med orienterande modellfoton. Detta tillgår så att filmnegativet kopieras på klar, transparent film med inbyggt raster (t.ex. Kodalith Autoscreen Ortho Film). Lämplig rastertäthet är 133 linjer/tum. Det så erhållna rasterpositivet fästs på originalritningen, varefter man kan ta fram kopior på vanligt sätt.

Ytterligare en fördel med ett sådant rasterpositiv är att det kan utnyttjas för att framställa en mängd ozalidkopior av ett modellfoto, vilka blir åtskilligt billigare än konventionella bromid- eller dokumentkopior. När det gäller modeller med inlagd VVS, där rör och trummors lägen utgör en viktig del av information, bör man utnyttja färgfilm.

Bild 3.7.1 visar en konstruktionsritning på vilken inlagts ett orienterande modellfoto. Fotot (rasterpositivet) har tejpats direkt på originalritningen, varefter kopiering skett.

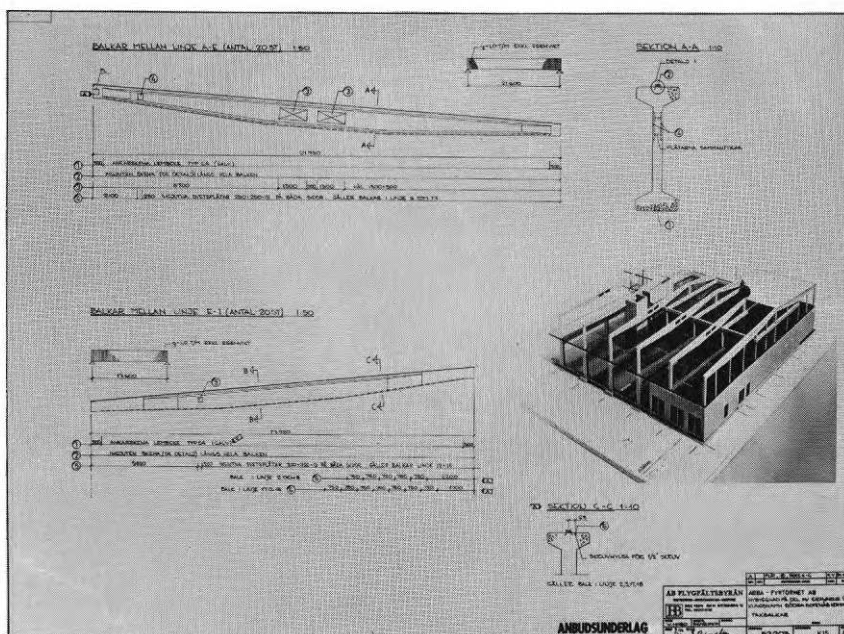


Bild 3.7.1

3.8 Kostnader

För en kostnadsanalys kan följande uppdelning av totalkostnaden göras.

Fasta kostnader

- Lokalhyra
- Avskrivning av investerat kapital
- Arbetstid för skötsel av verkstaden

Rörliga kostnader

- Ingenjörstid för planering och byggande av modell
- Bearbetning av material
- Material
- Spridning av information

De fasta kostnaderna är relativt små. En lämplig lokalstorlek kan vara 30-40 m², exklusive utrymme för utställning av färdiga modeller.

Kapitalinvesteringen för iordningställande av lokal samt inventarier och maskiner behöver inte överstiga 5.000 - 10.000 kronor. Därtill kommer naturligtvis utgifter för modellkomponenter, plastskivor m.m.

Av de rörliga kostnaderna utgör ingenjörstid för planering och byggande en stor del. Eftersom modellen i allmänhet byggs innan fullständigt ritningsmaterial föreligger bör konstruktören aktivt delta i arbetet. Om detta försummas kan monteringstiden ökas väsentligt samtidigt som felaktigheter lätt uppstår. Det är därför önskvärt att de ingenjörer, som redan från början knutits till projektet, deltar i själva modellbyggandet.

Kostnaderna för bearbetning av byggnadsmaterial är i hög grad beroende av dess förädlingsgrad. En övergång till förtillverkade detaljer minskar denna kostnad betydligt, samtidigt som modellen blir klar på kortare tid.

Utnyttjandet av plast (PVC, buturat etc.), som i detta sammanhang är ett billigt material, möjliggör mass-tillverkning genom formgjutning och strängpressning, vilket medför att kostnaderna för prefabricerade detaljer knappt överstiger kostnaderna för råmaterialet. Ytterligare en möjlighet till kostnadssänkning torde vara att låta leverantörer av installationsenheter och byggnadselement i reklamsyfte svara för en del av kostnaderna för modellkomponenter.

Spridningen av information kan ske genom transport av modellen till sammanträdeslokal eller genom förläggande av sammanträden till den lokal, där modellen förvaras. Det förstnämnda förfaringssättet medför en viss merkostnad, som dock är relativt obetydlig.

Modellprojekteringens största kostnader ligger i material, bearbetning av material och montering, vilka för oss utgjort ungefär lika stora poster. Som ett mycket ungefärligt riktvärde kan totalkostnaden för en "normal" förslagsmodell i skala 1:50 uppskattas till 1.500-2.000:-/m² modellyta. Motsvarande kostnader för layoutmodeller i skala 1:50 har vi funnit ligga mellan 3.000-5.000:-/m².

Genom utökning av antalet typer av förtillverkade komponenter och masstillverkning torde denna summa kunna reduceras betydligt.

4. FORTSATT UTVECKLINGSARBETE

Det utförda arbetet har visat att den 3-dimensionella redovisningstekniken utgör ett värdefullt hjälpmedel vid projektering av byggnader. De fördelar man vinner består främst av en effektivare information mellan byggprocessens parter. Detta är av största betydelse i det första skedet av projekteringen. Utvecklingsarbetet har också visat att det är i förslagshandlingskedet som modellprojekteringen får sin största betydelse.

Förutsättningarna för en allmän övergång till den beskrivna projekteringsmetodiken är dock att skalor, material för modellkomponenter, färger, beteckningar m.m. standardiseras, varigenom underlag skapas för framställning av modellkomponenter till låga kostnader.

Anvisningar för redovisning vid modellprojektering bör därför snarast upprättas.

Införandet av en ny redovisningsteknik förutsätter ett nytänkande av alla som deltar i byggprocessen.

Hittills har utvecklingsarbetet huvudsakligen skett med utgångspunkt från projektörens syn på projekteringsarbetet. Modellens utnyttjande för produktionsplanering bör ytterligare studeras bl.a. med tanke på samordning av olika entreprenörers arbeten.

Producenter av byggnads- och installationselement bör även undersöka möjligheterna att utnyttja modellen för utvecklingsarbete och redovisning av sin del i den färdiga byggnaden.

Modellens möjligheter att användas inom undervisning och forskning är ytterligare exempel på områden för fortsatt utvecklingsarbete.

R E F E R E N S E RLITTERATUR

Cowan, H J, Gero, J S, Ding, G D & Muncey, R W, 1968,
Models in Architecture, Elsevier Publishing Company,
Amsterdam - London - New York.

Hargraves, Michael & Rodgers, J G,
An investigation into the use of scaled models for
mechanical services.

Farrand, Richard,
Photography in the Design Office,
Imperial Chemical Industry, Plastics Division.

Magnan, George A, 1966,
Models and Model photos as Engineering Aids,
Engineering Graphics Journal (USA).

Magnan, George A, 1966,
Photo-Engineered Drafting at Carnation,
Engineering Graphics Journal (USA).

Muther, Richard, 1955,
Practical Plant Layout,
Mc Graw-Hill Book Company Inc.

KATALOG

Engineering Model Associates,
Industrial Model Supplies,
1621 North Indiana Street, Los Angeles, California
90063 (USA).

BILAGA I

MODELLKOMPONENTER

STÅLSTÄNGER I MÖRKGRÅ BUTURAT

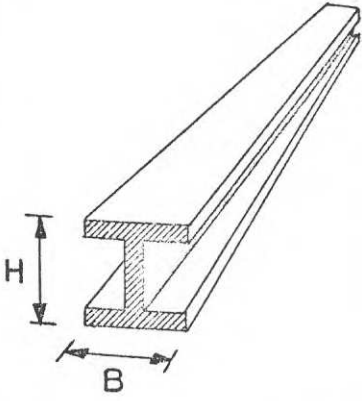
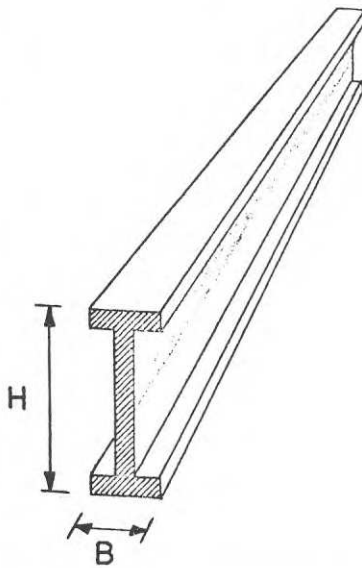
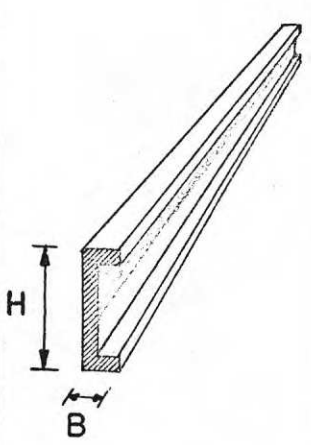
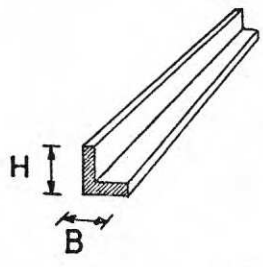
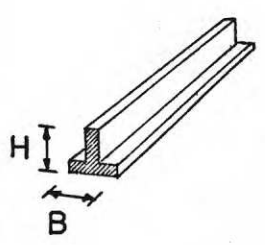
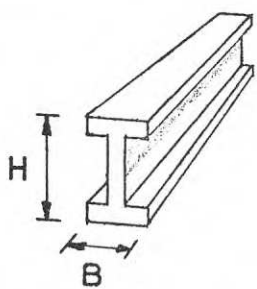
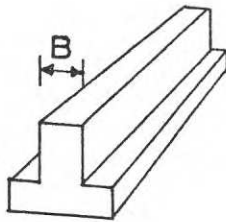
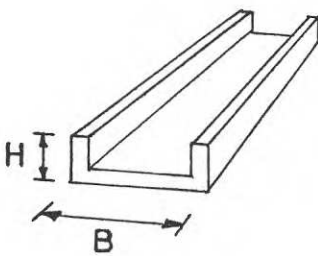
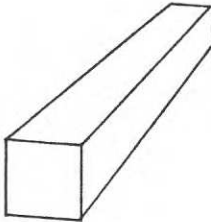
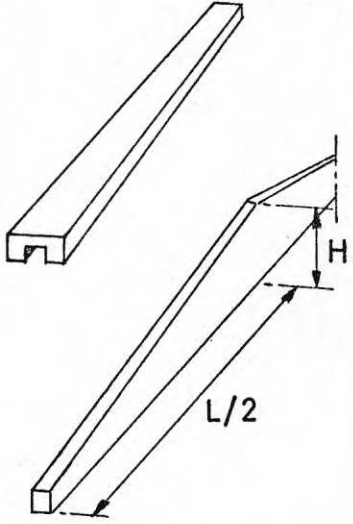
Fig.	Litt.	Mått mm		Motsv. profil.	
		H	B	Skala 1:50	Skala 1:20
		3	3	HE15A,B	-
		4,5	4,5	HE22A,B	--
		6	6	HE30A,B	HE12A,B
		8	8	-	HE16A,B
		9	9	-	HE18A,B
		11	11	-	HE22A,B
		12	12	-	HE24A,B
		14	14	-	HE28A,B
		16	16	-	HE32A,B
		19	19	-	HE38A,B
		3	2	IPE 16	IPE 8
		4,5	2,5	IPE 22	IPE 10
		6	3	IPE 30	IPE 12
		8	4	IPE 40	IPE 16
		9	4,5	IPE 45	IPE 18
		11	5,5	IPE 55	IPE 22
		12,5	6,5	IPE 60	IPE 24
		14	6,5	-	IPE 27
		16	6,5	-	IPE 33
		19	8,5	-	IPE 40
	22	9	-	IPE 45	
	25	9	-	IPE 50	
	28	12	-	IPE 55	

Fig.	Litt.	Mått mm		Motsv. profil.	
		H	B	Skala 1:50	Skala 1:20
		3	1,3	UNP14-16	UNP 6 1/2
		4,5	1,6	UNP 22	UNP 8-10
		6	1,8	UNP 30	UNP 12
		8	2	UNP 40	UNP 16
		9	2,4	-	UNP 18
		11	3,2	-	UNP 22
		12	3,2	-	UNP 24
		14	3,2	-	UNP 28
		16	4,7	-	UNP 32
		19	4,7	-	UNP 38
		2			
		2,5	2,5	L120x120	L50x50
		3	3	L150x150	L60x60
		4,5	4,5	L220x220	L90x90
		6	6	-	L120x120
		2,5	2,5	T120x120	T50x50
		3	3	T150x150	T60x60
		4,5	4,5	-	T90x90
		6	6	-	T120x120

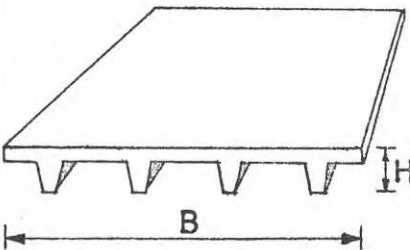
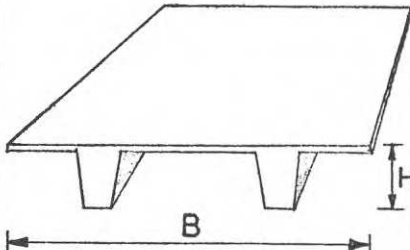
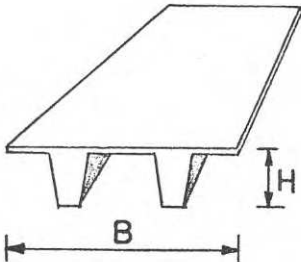
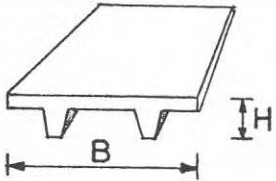
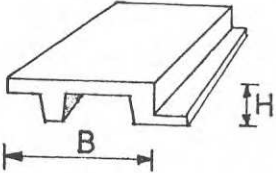

PREFABRICERADE BETONGELEMENT

BALKAR OCH PELARE I LJUSGRÅ PVC

Figur	Litt.	Mått mm		Motsv. profil.	
		H	B	Skala 1:50	Skala 1:20
		14 18 20 24 30 33	8	IB40/70 IB40/90 IB40/100 IB40/120 IB50/150 IB50/165	- - - - - IB30/70
			4 8	DBf20/60 DBf40/60	DBf20/30
		4,6 6,2	18	U900/240 U900/310	- -
		Raka balkar och pelare med rektangulära och kvadratiska sektioner sågas ur grå, mätterade akrylplastskivor.			

Figur	Litt.	Mått mm		Motsv. profil.	
		H	L	Skala 1:50	Skala 1:20
				(med fläns)	
		41	1000	SB40/200	-
		29,5	625	SB40/150	-
		24	450	SB40/120	-
		9	250	SB20/45	-
				(utan fläns)	
		41	1000	SB15/200	-
		29,5	625	SB15/150	-
		24	450	SB15/120	-
		9	250	SB15/45	-

BJÄLKLAGELEMENT I LJUSGRÅ PVC

Fig.	Litt.	Mått mm		Motsv. profil.	
		H	B	Skala 1:50	Skala 1:20
		6	48	KB 300	-
		8	48	KB 400	-
		6	48	TT240/30	-
		8	48	TT240/40	-
		10	48	TT240/50	-
		12	48	TT240/60	-
		4	30	TT150/20	-
		6	30	TT150/30	-
		8	30	TT150/40	-
		10	30	TT150/50	-
  		5,5	24	TT 12	-
		5,5	24	TZ 12	-
		5,5	36	TTT 18	-

KOMPLETTERANDE KOMPONENTER I LJUSGRÅ PVC

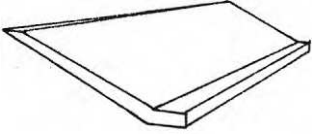
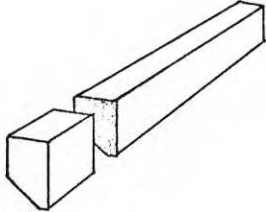
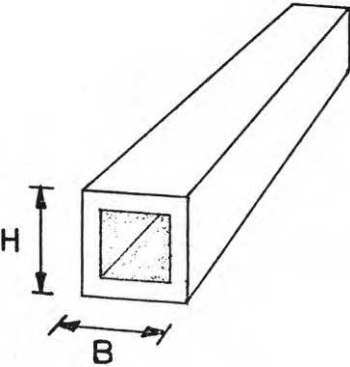
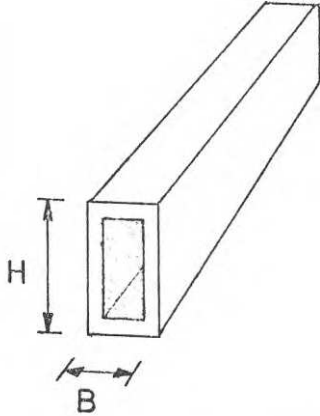
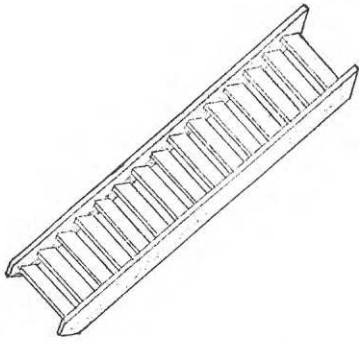
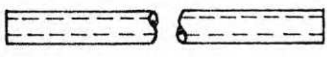
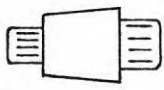
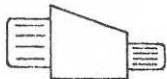
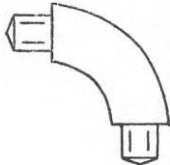
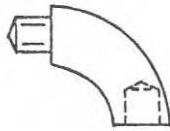
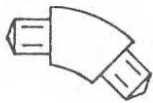
Figur	Litt.	Beskrivning			
		K-ände för påbyggnad av TT-plattor till Tk- och Tkh-plattor.			
		Konsol (halvfabrikat)			
Figur	Litt.	Mått mm		Motsv. profil. mm	
		H	B	Skala 1:50	Skala 1:20
		4,5	4,5	225/225	90/90
		6	6	300/300	120/120
		8	8	400/400	160/160
		9	9	450/450	180/180
		11	11	550/550	220/220
		12	12	600/600	240/240
		14	14	700/700	280/280
		16	16	800/800	320/320
		19	19	950/950	380/380

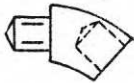
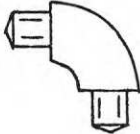
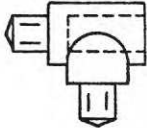
Fig.	Litt.	Mått mm		Motsv. profil.mm	
		H	B	Skala 1:50	Skala 1:20
		6	4,5	300/225	120/90
		8	6	400/300	160/120
		9	6	400/300	180/120
		11	6	550/300	220/120
		12	6	600/300	240/120
		14	6	700/300	280/120
		16	6	800/300	320/120
		18	9	900/400	360/180
		22	9	1100/400	440/180
		25	9	1250/450	500/180
		-	14,5	720	290
		-	19,0	950	380
		-	22,0	1100	440
		-	28,0	1400	560
		-	29,0	1450	580
		-	37,5	1875	750
		-	43,5	2175	870
		-	56,0	2350	1120

Dessutom finns stegar, med och utan korg i skalorna 1:48 och 1:24, räcken till trapporna, vit akrylplast med frästa spår c/c 12 mm som lättbetongplank till tak och väggar, profilerad takplåt i plast i färgerna grått, vitt samt genomskinligt.

RÖR OCH RÖRDELAR I PVC I FÄRGERNA RÖTT, GULT, BLÅTT,
GRÖNT, ORANGE, VITT OCH SVART

Figur o. beskrivning	Litt.	Mått ∅ mm	Motsv. profil. ∅ mm	
			Skala 1:50	Skala 1:20
<p>Rör</p> 		1,6 ^{x)}	80	32
		2,4	120	48
		3,2	160	64
		4,8	240	96
		6,4	320	128
		7,8	390	156
		9,5	475	190
		11,1	555	222
		12,7	635	254
		14,3	715	286
		15,9	795	318
		19,1	955	382
		22,2	1110	444
		25,4	1270	500
	x) Plastad ståltråd		28,6	1430
		31,8	1590	635
<p>Centrisk övergång</p> 		3,2x2,4	160x120	64x48
		4,8x3,2	240x160	96x64
		6,4x4,8	320x240	128x96
		7,8x6,4	390x320	156x128
		9,5x7,8	475x390	190x156
		11,1x9,5	555x475	222x190
		12,7x11,1	635x555	254x222
		14,3x12,7	715x635	286x254
		15,9x12,7	795x635	318x254
		15,9x14,3	795x715	318x286
		19,1x15,9	955x795	382x318

Figur o. beskrivning	Litt.	Mått ∅ mm	Motsv. profil.	
			Skala 1:50	Skala 1:20
Excentrisk övergång 		4,8x2,4	240x120	96x48
		6,4x3,2	320x160	120x64
		7,8x4,8	300x240	156x96
		9,5x6,4	475x320	190x128
		11,1x7,8	555x390	222x156
		12,7x9,5	635x475	254x190
		14,3x11,1	715x955	286x222
		15,9x11,1	795x555	318x222
		19,1x12,7	955x635	382x254
		19,1x14,3	955x715	382x286
90° krökar, hane 		Finns för dimensionerna 2,4 mm till 31,8 mm		
90° krökar, hona 		Finns för dimensionerna 2,4 mm till 19,1 mm		
45° krökar, hane 		Finns för dimensionerna 2,4 mm till 31,8 mm		

Figur o. beskrivning	Litt.	
<p>45° krökar, hona</p> 		<p>Finns för dimensionerna 2,4 mm till 19,1 mm</p>
<p>90° krökar med liten radie</p> 		<p>Finns för dimensionerna 3,2 mm till 19,1 mm</p>
<p>T-rör</p> 		<p>Finns för dimensionerna 2,4 mm till 19,1 mm</p>

Kompletterande detaljer:

kopplingspinnar

kopplingsmuffar

rörisolering

flänsar

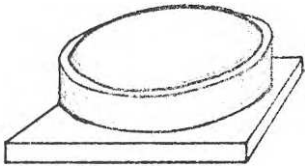
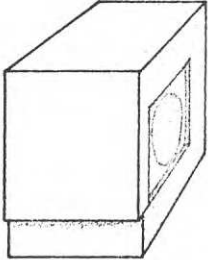
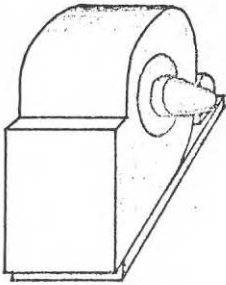
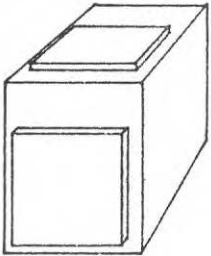
rörstöd

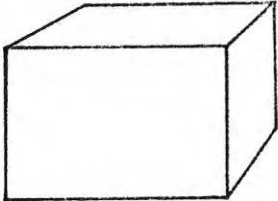
ventiler

konor

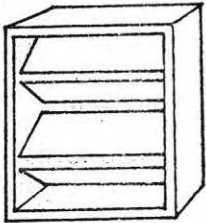
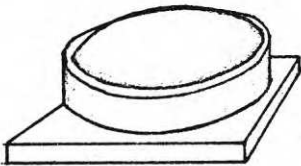
LJUSGRÅ VVS-KOMPONENTER I ACRYLPLAST, SKALA 1:50

FLÄKTAR

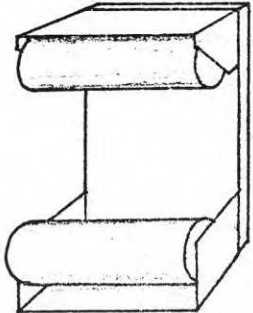
Figur	Beskrivning
	Takfläkt
	Radialfläkt
	Radialfläkt
	Radialfläkt

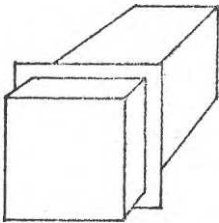
Figur	Beskrivning
	Fläktedel

VENTILATIONSTILLBEHÖR

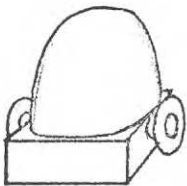
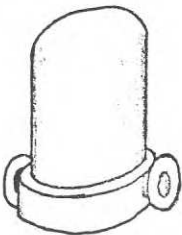
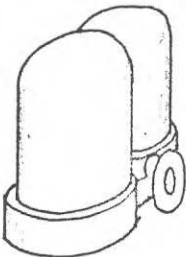
Figur	Beskrivning
	Spjäll
	Huvar

FILTER

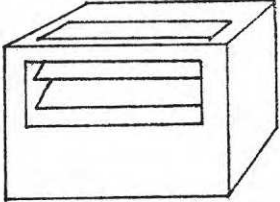
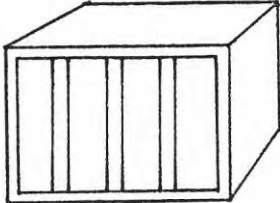
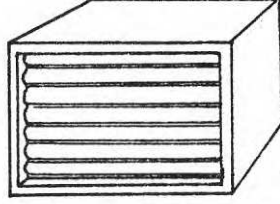
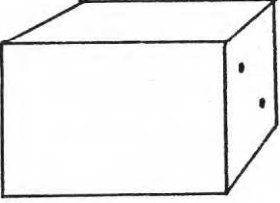
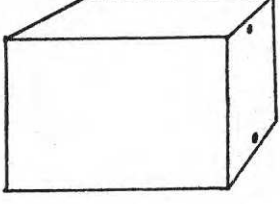
Figur	Beskrivning
	Rullfilter

Figur	Beskrivning
	<p data-bbox="874 340 1053 378">Finfilter</p>

VÄRMELEDNINGSPUMPAR

Figur	Beskrivning
	<p data-bbox="874 957 1225 995">Cirkulationspumpar</p>
	<p data-bbox="874 1300 1087 1338">Enkelpumpar</p>
	<p data-bbox="874 1639 1053 1676">Parpumpar</p>

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT

Figur	Beskrivning
	Filterdel med spjäll
	Filterdel
	Värmebatteri
	Kylbatteri
	Befuktningssdel

R26:1970

Denna rapport avser anslag nr E 457 från Statens råd för byggnadsforskning till AB Flygfältsbyrån, Göteborg

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Abonnemangsgrupp: b (byggnadsprojektering)**

Pris: 16 kronor