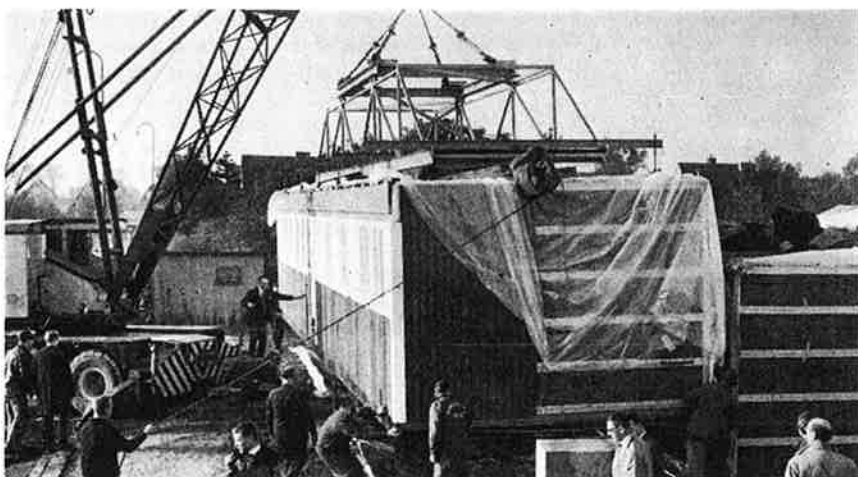
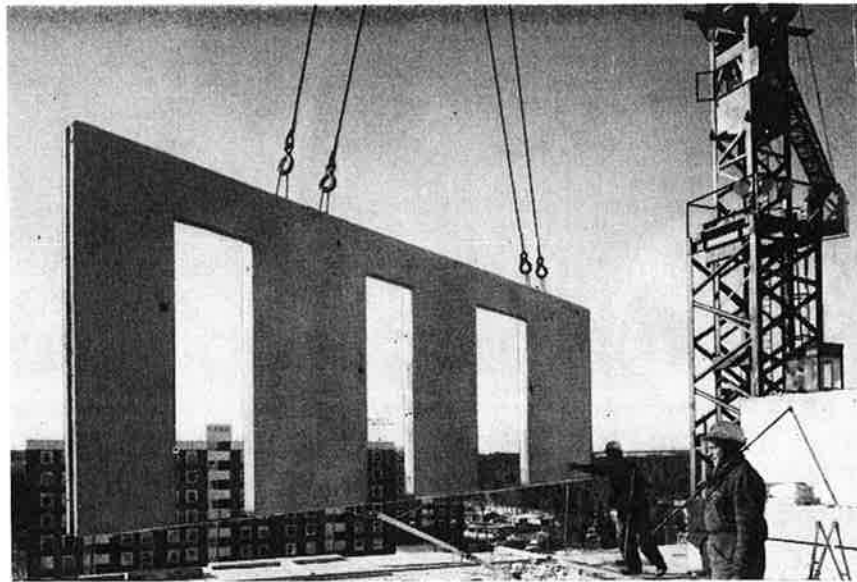
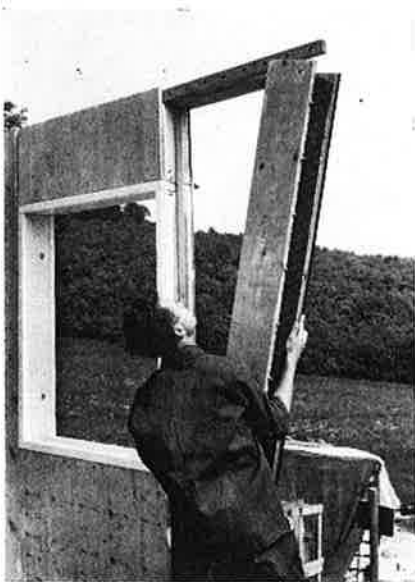


17/65

**Forskning om byggnadsproduktion vid Statens
institut för byggnadsforskning**

Särtryck ur tidskriften Byggnadsindustrin 9:1965

Rapport från Byggforskningen, Stockholm



Byggnadsdelens utformning påverkar metoden för dess transport till byggplatsen och dess montering på byggplatsen. (Montering av lätt väggelement av trä från AB Elementhus, Mockfjärd, rumstort väggelement av betong enligt Skarnes tunga metod och volymselement till Harry Karlssons Lunna-villa.)

till den mark där de uppförs. Marken är en integrerad del av produkten, som man måste ta speciell hänsyn till vid projekteringen och uppförandet av varje byggnad. Vidare är varje byggnad en del av ett samhälle och därigenom beroende av dettas speciella krav. Funktionskraven är många och varierar åtskilligt från fall till fall. Byggnaden är skrymmande, det är omöjligt att transportera en i fabrik helt färdigtillverkad byggnad till byggplats. Den långa sammanlagda produktionstiden från stadsplan till inflyttning ställer särskilda krav på långtidsplanering av byggnadsproduktionen. Slutligen måste den projekteras med tanke på att den skall fungera under en extremt lång period.

Offentlig produktionsforskning . . .

Nämnda faktorer har hindrat den enskilda produktionsforskningen inom byggbranschen. De har i gengäld motiverat en offentlig produktionsforskning, som kan ta upp problem som enskilda företag icke har resurser till och ej heller anledning att gå i bräsch för, då kostnaderna bör slås ut på flera. Förhållandena inom byggbranschen motiverar dock att bägge slagen av forskning finns och att de kompletterar varandra.

Den offentliga produktionsforskningen finansieras i huvudsak med medel från byggforskningsfonden och bedrivs av bl. a. högskolor och universitet, olika branschorganisationer, enskilda forskare eller forskningsgrupper samt av Statens institut för byggnadsforskning.

. . . inom institutet för byggnadsforskning

Sedan byggforskningsfonden tillkom för drygt 10 år sedan har den offentliga produktionsforskningen i huvudsak bedrivits inom statens eget byggforskningsorgan. Före den 1 juli 1960 skedde detta i form av egen-regi-forskning inom dåvarande Statens nämnd för byggnadsforskning. Efter detta datum har som bekant för denna egen-regi-verksamhet bildats ett särskilt organ, Statens institut för byggnadsforskning, som till skillnad från den tidigare nämnden är avlastad förvaltningen av byggforskningsfonden och fördelningen av dess medel. Denna verksamhet omhänders av Statens råd för byggnadsforskning.

Planerna för den kommande produktionsforskningen inom institutet läggs normalt upp för flera år men omprövas varje år. Genom en sådan rullande planering blir programmen med täta inter-

valler underkastade den granskning som behövs för att forskningen skall vara anpassad till aktuella behov. Under våren 1965 har arbetet lagts upp för de närmaste tre åren, fram till sommaren 1968.

Som rådgivande sakkunniggrupp för produktionsforskningen inom institutet fungerar personer från den praktiska byggverksamheten. Den består för närvarande av direktör *Sture Nyström* (ordf.) i Malmö Kommunala Bostads AB, byggmästare *Olaus Forsberg* i Umeå, civilingenjör *Bengt Landby*, chef för Vestra Sveriges Beton AB i Göteborg, civilingenjör *Gunnar Ryhre* i Svenska byggnadsentreprenörföreningen och 2:e förbundsordf. *Erik Strandberg* i Svenska byggnadsarbetarförbundet.

Vid programgenomgångar studeras vilken byggnadsforskning inom produktionsområdet som bedrivs av andra forskningsorgan och på vad sätt forskning inom institutet kan inriktas så, att väsentliga luckor fylls. Av betydelse vid en sådan prövning är kunskap om befintliga problem inom dagens byggnadsproduktion. Programarbetet måste vidare ta hänsyn till vilka forskningsresurser som finns inom institutet, både

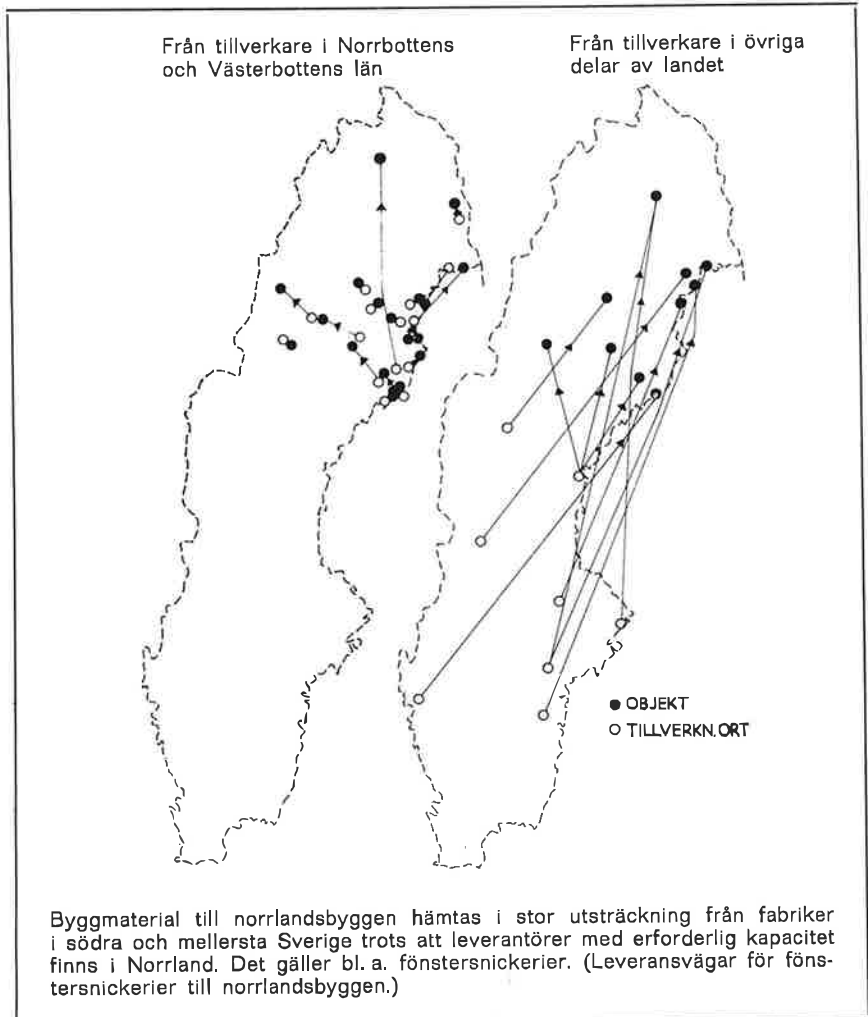
kvalitativt och kvantitativt. Forskare som kommit att specialisera sig inom ett fackområde måste ges möjligheter att fortsätta inom sitt gebit, om därvid värdefulla resultat bedöms kunna erhållas. Uppgifterna inom produktionsområdet måste slutligen väljas och formuleras med hänsyn till den byggnadsforskning som bedrivs inom andra fack och i första hand då inom institutets andra fackområden. Möjligheterna att inom institutet välja gemensamma forskningsuppgifter för flera forskningsgrupper måste tillvaratas.

För institutets samtliga forskningsgrupper gäller att institutets nära samband med statliga organ bör utnyttjas. Det ger speciell anledning att behandla myndigheternas roll för en rationell byggnadsproduktion och det ger speciella möjligheter till studier av det *offentliga byggandet*. Genom att ta hänsyn till detta kan också en viss åtskillnad åstadkommas med andra produktionsforskningsorgan. Trots att det är fråga om offentlig forskning är det nämligen naturligt att t. ex. byggföretagens branschorgan i första hand griper tag i uppgifter som ter sig mest angelägna ur byggföretagens synvinkel. Men genom insyn i varandras arbeten kan de olika organen komplettera varandra på ett sätt som gynnar helheten. Institutets karaktär av fast forskningsorganisation motiverar vidare att mer *långsiktiga* uppgifter tas upp. Det 3-årsprogram som här redovisas tar upp *ämnensområden* inom vilka olika forskningsuppgifter underhand i detalj får fixeras.

Byggdel och byggmetod

De resurser som man behöver för framställning av en byggnad sätts in på byggämnesfabriker, på transportvägar och på byggplatser. Hittillsvarande offentlig byggnadsforskning har i allt för liten grad ägnat sig åt byggämnesindustrins produktionsproblem. Det finns stor anledning att ändra på detta förhållande därför att byggdelens utformning i så hög grad konstituerar både transportmetod och byggmetod. Men särskilt i en tid då utvecklingen styrs mot en ökad användning av mer förtillverkade enheter finns anledning att ägna särskilt stort intresse åt byggämnesindustrin. I utvecklingen av nya byggdelar måste nämligen hänsyn tas både till möjligheterna av rationell framställning på fabrik och rationell sammansättning på byggplats. Forskningen kan medverka till att kraven från dessa bägge förädlingsstationer blir systematiskt ställda mot varandra.

I en inledande studie behandlas *betongelement till husstommar*. För olika produkter från den befintliga betongvaruindustrin beskrivs och analyseras olika produktionstekniska egenskaper på ett enhetligt sätt. Det gäller data beträffande konstruktionsprincip, material-sammansättning, mått (även upplagsmått



och toleranser), anslutningsdetaljer, fogar, standardiseringsgrad, förtillverkningsgrad, transportsätt (även lagring och emballage), byggmetod, åtgång av arbetskraft och mekaniska hjälpmedel på byggplats och upphandlingsform (även projekteringsmetodik). Dessa data bedöms kunna användas dels i aktuell projektering, dels som underlag för utveckling av nya byggdelar.

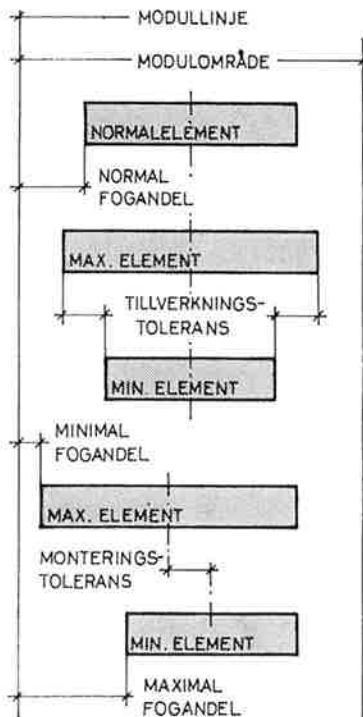
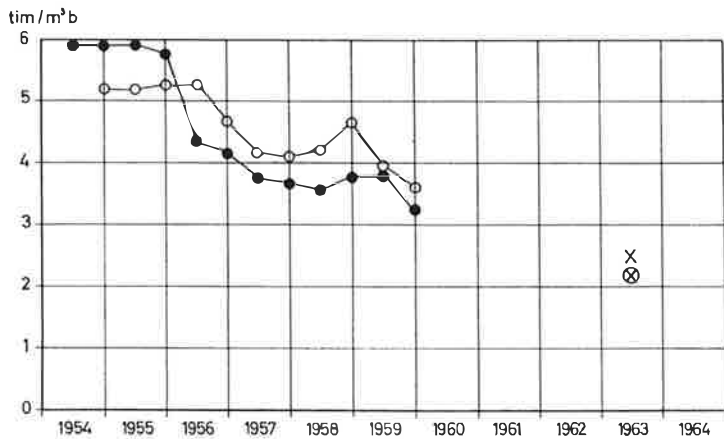
I anslutning till denna inventering kartläggs betongvaruindustrins struktur, företagets kapacitet och deras utvecklingsmöjligheter, deras sortimentsbredd, deras intresse för variantbegränsning inom ramen för allmän standard, deras synpunkter på hur de bäst kan medverka i byggandets rationalisering. Att stombyggnadselementen i första hand tagits upp sammanhänger med att stommen hittills i allmänhet haft mycket låg förtillverkningsgrad från fabrik. En utveckling av stombyggtekniken kan även i hög grad medverka till att de omfattande kompletteringsarbetena nedbringas.

Motsvarande översikter planeras för andra grenar av byggämnesindustrin, i första hand hos dem som tillverkar lättbetong, tegel samt trä- och metallvaror. Men sedan planeras även plastindustrins möjligheter att studeras liksom även de som tillverkar installationsblock.

Externa transporter

Den ökade industrialiseringen av byggandet förutsätter inte bara en högre förädlingsgrad hos byggämnesindustrins produkter. Den innefattar också längre produktionsserier med upprepning av vissa givna tillverkningsmoment. Detta medför sannolikt en förskjutning inom byggämnesindustrin mot ett mindre antal större produktionsenheter. Trots lokalisering till större konsumtionsområden medför denna koncentration av produktionen sannolikt att avstånden för dess externa transporter — d. v. s. från fabrik till byggplats — blir längre än nu. För detta talar även att en produkt med högre förädlingsgrad — med mer inbyggda värden — "tål" längre transporter än en råare produkt.

I en inledande studie har institutet tagit upp *byggmaterialförsörjningen i våra nordligaste län*. Problemen är i norrlandslänen accentuerade genom att konsumtionsorterna där är relativt små och belägna långt ifrån varandra och ifrån de orter där byggmaterial tillverkas. Detta ställer bl. a. stora krav på lagring av byggmaterial. Det påverkar också valet av byggmetod genom att användningen av lokalt knutna råvaror kan motiveras, trots att de kräver omfattande bearbetning på byggplatsen.



Arbetskraftåtgången har under efterkrigstiden kraftigt sjunkit på våra husbyggen. (Trendkurvor ur Byggeforskningens informationsblad 1962:69, kompletterad med aktuella punktvärden för två monteringsystem: Ohlssons & Skarnes bebyggelse i Bollmora, (markerad med X), resp. Göteborgsbostädernas stjärnhus i Göteborg. Samtliga arbeten på byggsplatsen är medtagna, för monteringsbyggen dessutom arbetena vid stationära fabriker för stora element och transporterarna av dessa till byggsplats.)

Elementbygge kräver mått-samordning och kunskap om modulområde och toleranser. (Principfigur ur Byggeforskningens informationsblad 1964:12.)

Förtillverkning i särskilda fabriker kan i dessa områden i vissa fall betyda en omväg, framför allt för de tunga varorna.

Den inledande studien har hittills visat att norrlandsbyggena i stor utsträckning dock är projekterade utan tanke på dessa transportproblem. I valet mellan olika material har man i projekteringen många gånger — av slentrian? — valt sådana som måste transporteras från södra Sverige. Med en annan utformning, av lika hög byggtknisk kvalitet, hade man kunnat använda material tillverkade i Norrland. I andra fall, där projekteringen möjliggjort användning av norrlandsmaterial, har man ändå beställt material söderifrån.

Fortsatta studier inom detta ämnesområde bör för olika byggmaterial och bygghälsor söka belysa transportkostnadernas betydelse. De bör även söka få fram konsekvenserna av utvecklingen mot större och glesare belägna produk-

tionsställen. En jämförande analys av olika transportmetoder bör ingå, där även olika typer av emballage behandlas.

Arbetskraftåtgång på byggsplatser

Det föreligger ett samlat intresse att få fram översiktliga uppgifter om arbetskraftåtgången, varigenom t. ex. olika byggmetoder i stort kan jämföras och där utvecklingstrenderna kan registreras. På sådana mätningar är noggrannhetskraven mindre än i arbetsstudier för att få fram kapacitetsdata som underlag för planering, prissättning och metodutveckling. I gengäld ställs större krav på representativitet. Viktigt i dessa studier är att klarlägga hur olika byggmetoder skall kunna karakteriseras och grupperas. Man kan inte arbeta med hela hus utan är tvungen att klaska olika metoder för en byggnads huvuddelar var för sig, t. ex. olika grundläggningsmetoder, olika stombyggmetoder. Samtliga arbetarkate-

gorier på byggsplatsen bör behandlas, både byggarbetskraft och installatörer av olika slag. Sådana mätningar av arbetskraftåtgång knyter väl an till liknande uppgifter i institutets tidigare verksamhet.

Mekaniska och andra hjälpmedel på byggsplatser

Viktigt är emellertid att arbetskraftåtgången på byggsplatsen icke behandlas isolerat. Samtidigt — och på samma objekt! — bör insatsen av olika mekaniska och andra hjälpmedel mätas eftersom dessa bägge resurstyper i viss utsträckning kan ersätta varandra. De resonemang som fördes beträffande arbetskraftåtgång ifråga om detaljeringsgraden på uppgifterna gäller också insatsen av hjälpmedel.

En inledande studie där både arbetskraftåtgång och insats av mekaniska och andra hjälpmedel på byggsplats mätas pågår för närvarande inom institutet. Den utförs på ett representativt urval småhus.

Utöver rena mätningar av åtgången på olika hjälpmedel vid olika byggsplatser bör olika specialstudier rörande enskilda sådana tas upp. Sedan länge har institutet haft formbyggnadsfrågor på programmet. Eftersom formarna även i det nuvarande byggandet har stor volym, planeras fortsatta studier av dess teknik och ekonomi. Studiernas omfattning motiverar att de bildar ett särskilt forskningsområde, inom vilket olika deluppgifter formuleras (behandlas längre fram under rubriken "Formteknik och formekonomi").

En kartläggning av olika krantypers utveckling har påbörjats och flera undersökningar inom hiss- och kranområdet planeras. Dessutom bör ställningsbyggandet bli föremål för speciella utredningar, trots att dess omfattning har minskat under senare år.

Måttnoggrannhet vid husstommar

Av fundamental betydelse vid övergång till byggmetoder där fabriksstillverkade element i allt större utsträckning kommer till användning är måttnoggrannheten och kunskap om toleranserna. Det gäller dels de enskilda elementens mått, dels läget och utrymmet för dessa i byggnadens plan och höjd, vilka i förväg noggrant måste kunna fixeras. Inplaceringen får icke åstadkommas genom bilningar på byggsplatsen. Vid dagens byggmetoder är måttnoggrannheten mycket varierande och i många fall helt otillfredsställande för ett ökat elementbyggande. Till stor del uppträder avvikelserna vid utsättningen på byggsplatsen av byggnaden och dess delar, vilket bl. a. beror på att utsättningsmetoderna och utsättningshjälpmedlen ej är fullgoda.

Inom den tidigare nämnden för byggnadsforskning gjordes utredningar inom detta ämnesområde, och institutet har i samarbete med Byggstandardiseringen på nytt tagit upp hithörande frågor. Olika utsättningsmetoder inom och utom lan-

det analyseras med avseende på den mätnoggrannhet de ger. Särskild uppmärksamhet ägnas de metoder som ger den största noggrannheten. Hittills har bl. a. studerats de möjligheter utsättning med dels *optiskt lod*, dels *stålsmåttband* har. Längre fram skall även toleranserna på elementen studeras. Utredningsarbetet avses kunna ge underlag för bestämning av sådana toleranser för husstommar som kan bindas i kontrakt.

Formteknik och formekonomi

Trots den förväntade utvecklingen mot användning av mer förtillverkade delar även i stommen kommer ännu under många år betong i stor utsträckning att gjutas på bygplatserna. Sannolikt är att stombyggnaderna med platsgjuten betong kommer att liksom hittills kraftigt kunna konkurrera med de metoder där element används. Eftersom formbyggnaderna är en mycket stor kostnadspost vid metoderna med platsgjuten betong bör de allt framgent bli föremål för fortsatta tekniska och ekonomiska utredningar.

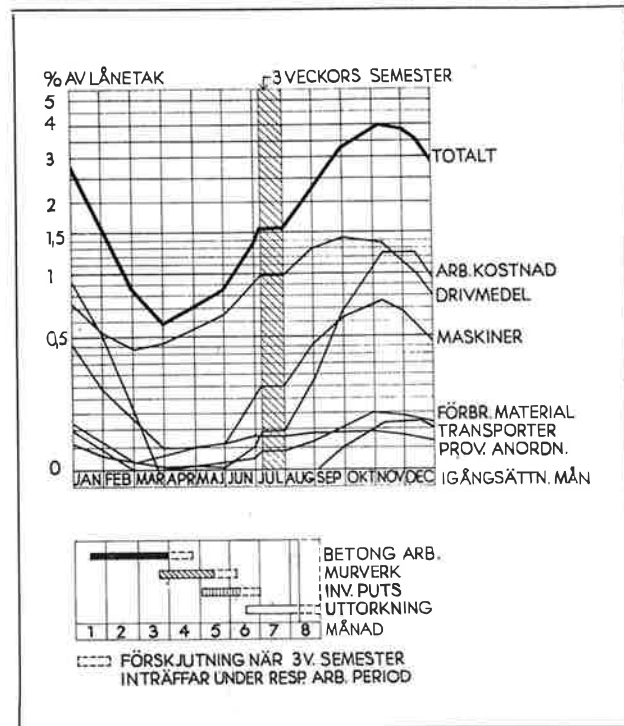
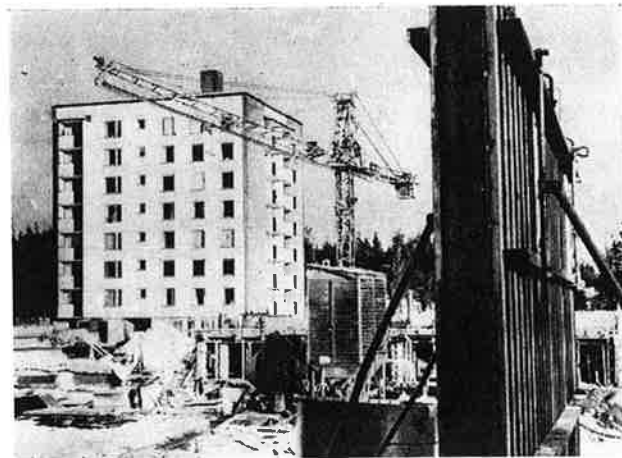
Tidigare utförda utredningar inom institutet har i huvudsak varit inriktade på tekniska problem. I fortsättningen läggs tonvikten vid de ekonomiska frågorna. Dessa formekonomiska utredningar syftar till *kostnadsjämförelser mellan olika formtyper* och detaljutföranden tillämpade på olika slags betongbyggnadsobjekt.

Dessa formekonomiska problem kan angripas från olika utgångspunkter och även delas upp i en rad detaljproblem. Ett första steg är att söka fastställa vilka kostnader som bör ingå i jämförelsen. Direkta formkostnader hör odiskutabelt hit, såsom materielkostnader och arbetslöner för formsättning, rivning, rensning och transport av formmateriel. Av intresse vid en ekonomisk bedömning av olika formtyper och detaljlösningar som kan användas för samma gjutning, är utöver direkta formkostnader även av formkvaliteten beroende kostnader för efterarbeten, som belastar kostnadsbärande, den färdiga betongkonstruktionen. Där krav ställs på betongytors planhet och lägen i förhållande till ritningsangivelser och med hänsyn till planerad inpassning av stomkompletteringsmaterial kan illa dimensionerade och illa byggda formar medföra avsevärda tilläggskostnader för efterarbeten som bilning, lagning och utfyllnad av betongytor eller ändringar på prefabricerad stomkomplettering.

De formekonomiska utredningarna förutsätter byggplatsstudier och samarbete med entreprenörer för att få fram erforderligt kostnadsunderlag. Sådana kostnadselement är t. ex. dagtid, icke akkordsatta arbeten, aktuella materialpriser för formmateriel, materialspill, ekonomisk och verklig livslängd hos formmateriel, kostnader för efterarbeten vid olika formtyper.

Kostnadssynteser utarbetas med användning av de *dimensioneringsrekommendationer*

Formbyggnadstekniken har på senare år ändrat karaktär genom att gjuthastigheten kraftigt har ökat och genom strängare krav på ytplanhet, mätnoggrannhet och upprepad användning. (Foto från platsgjutning mot formelement.)



Det finns idag byggmetoder med vilka man kan klara av mycket strängt vinterklimat. Kostnader för olika vinteråtgärder och -anordningar kan för husbyggen schablonmässigt beräknas. (Vintermerkostnadsdiagram ur Byggnadsforskningens rapport nr 86.)

Stomutformningens inverkan på formkostnaderna analyseras. Möjligheterna att få fram stomplaner som medger stora antal upprepningar vid formsättning undersöks. Formkostnaden beräknas där som funktion av antalet användningsgångar med samma formenheter. Ekonomiska gränser söks för olika formsystem som funktion av antalet användningsgångar. Dessutom uppmäts den manuella arbetsinsatsen vid olika formsystem.

Vinterbyggen, metoder och ekonomi

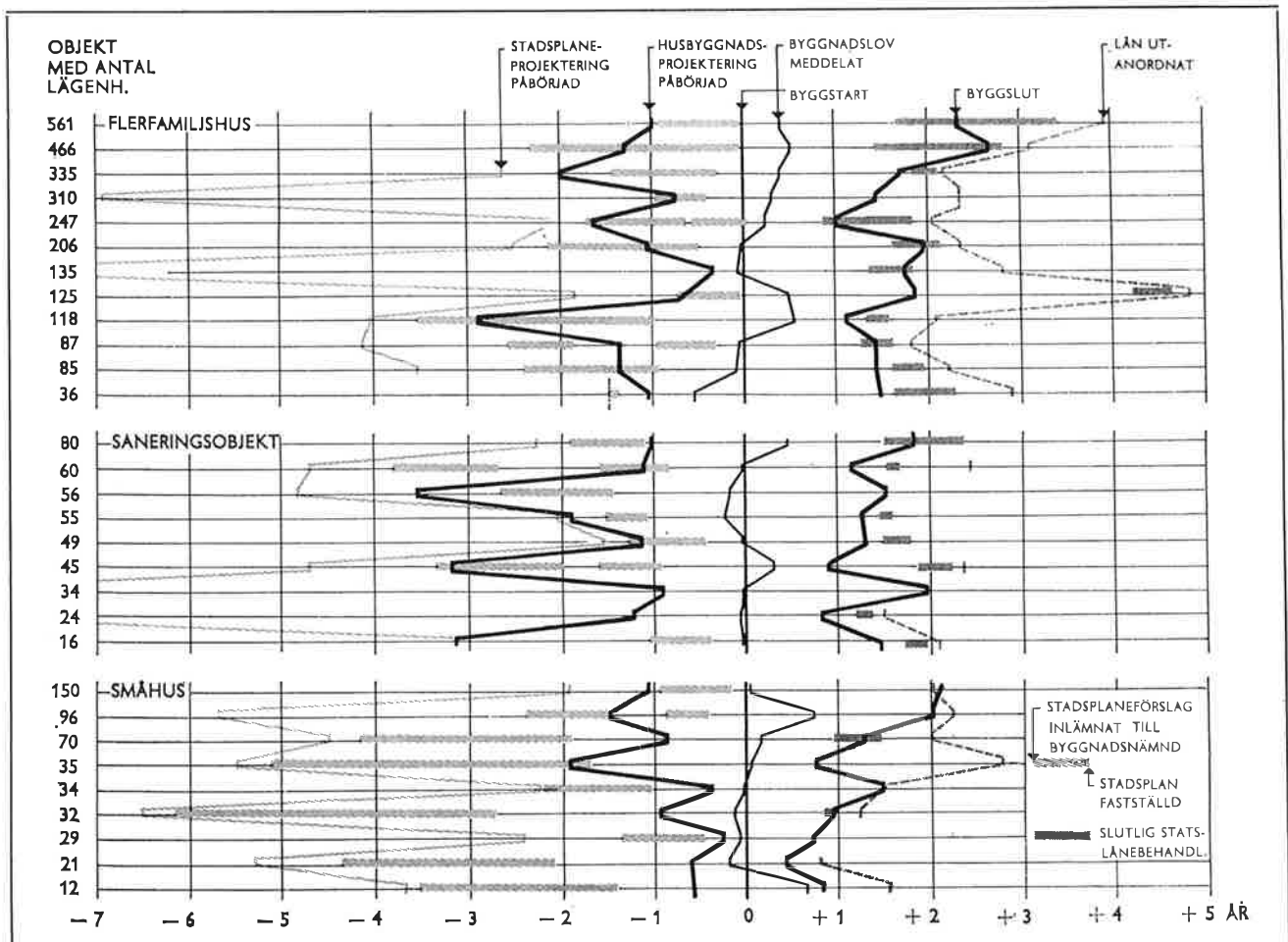
Metoderna att klara av vinterns angrepp vid byggandet av flerfamiljshus har i flera år studerats och merkostnaderna har beräknats. Institutet har också engagerat sig i en omfattande *upplysningsverksamhet* i dessa frågor, både för svenska och utländska byggfackmän. I och med att nya byggmaterial och byggdelar används och byggmetoderna bl. a. på grund därav ändrar karaktär

är det emellertid sannolikt att även skyddsåtgärderna vintertid blir andra. En ny representativ inventering av dessa, i stil med dem som gjordes vintrarna 1954/55 och 1961/62, planeras därför. I denna är meningen att även ta med småhus.

I anslutning till denna inventering planeras också en översyn av *merkostnadsdiagrammen* för flerfamiljshus och utarbetande av nya sådana för småhus. För dessa studier har Bostadsstyrelsen uttalat sitt stora intresse och utlovat sin medverkan.

Byggprocess och byggmetod

Alla de hittills beskrivna planerade utredningarna inom institutet har gällt sambandet mellan produktutformning och insatsen av resurser av olika typ och mängd. En viktig del av produktionsforskningen utgör även studier av processtyp, d.v.s. studier där *tidssammanhanget* mellan olika insatser analyseras.



Tidsförloppet under planeringens och byggandets olika faser varierar kraftigt för olika byggen. Månaderna innan byggstart är särskilt komprimerade för både myndigheter, byggherrar, projektörer, entreprenörer och materialleverantörer. (Översiktsdiagram ur Byggeforskningens informationsblad 1964:21.)

Institutets process-studier behandlar den samlade processen — från generalplan till inflyttning — och där ingår också de kontrollfunktioner som utövas av olika medverkande i processen. De utförs inom både samhällsplanerings- och produktionsgrupperna, som båda utfört inledande studier inom ämnesområdet.

Samordningsfrågorna kommer i fortsättningen att speciellt uppmärksammas. Studierna skall bl. a. kartlägga ansvarsfördelningen i den långa beslutskedja, som från idé via projekt leder fram till färdigt objekt. Organisationsfrågor kommer starkt in i dessa studier. Förutsättningarna för och konsekvenserna av olika storlekar på produktionsenheterna behandlas, varvid också frågor rörande företagsstrukturen och andra strukturella frågor tas upp. I en pågående förstudie behandlas hur olika byggmetoder inverkar på sambandet mellan program, projektering, upphandling och utförande för olika delar av byggnaden. ■

LITTERATUR

Holm, Lennart. Ett svenskt institut för byggnadsforskning. Byggeforskningens särtryck 1961:9 (särtryck ur Statens Byggeforskningsinstitut — Årsberetning nr 13.) Stockholm 1961.

Holm, Lennart. Planera brukbart, hållbart, byggbart. Byggeforskningens informationsblad 1962:71. Stockholm 1962.

Holm, Lennart. Stora serier i ett litet land. Byggnadsindustrin nr 14.1964.

Jacobsson, Mejse. Byggnadsproduktionen — problem och forskningsbehov. Programskrift nr 1 från Statens Råd för Byggnadsforskning. Stockholm 1963.

Rassweiler, C. F. Factors and motivations stimulating industrial innovation and obstacles hampering their effectiveness in the building field. Ur Innovation in building, contributions at the second CIB Congress, Cambridge 1962. Edited by CIB, Amsterdam, New York 1962.

Fröroth, Åke och Hellsten, Göran. Betongelement till husstommar. Byggeforskningens rapport 6/65. (Särtryck ur Teknisk tidskrift) Stockholm 1965.

Jonson, Jan-Åke. Byggnadsmaterialförsörjningen i Västerbottens och Norrbottens län. Arbetsrapport inom Statens institut för byggnadsforskning. Stockholm 1965.

Jernström, Sven och Thunblad, Gunnar. Arbetskraftätgång vid traditionella byggen och monteringsbyggen. Byggeforskningens rapport 87. Stockholm 1962. (Sammandrag i informationsblad 1962:69.)

Byggnadskranar. Byggnadshissar. Småskrifter nr 16 och 17 från Byggeforskningen. Stockholm 1960.

Klingberg, Lennart. Utsättning med optiskt lod. Byggeforskningens informationsblad 1963:40. Stockholm 1963.

Bergvall, Lennart och Rosén, Carl-Eric. Principerna för måttsamordning. Byggeforskningens informationsblad 1964:12. Stockholm 1964.

Backsell, Gunnar och Hammarlund, Yngve. Dimensioneringstabeller för traditionella valvformar. Byggeforskningens rapport 90. Stockholm 1963.

Backsell, Gunnar. Formtryck vid gjutning av vertikala betongkonstruktioner. Byggeforskningens särtryck 1962:11 (Särtryck ur Byggmästaren.) Stockholm 1962.

Eriksson, Folke och Jonson, Jan-Åke. Vinterbygge — merkostnader i landets olika zoner. Byggeforskningens rapport 86. Stockholm 1962.

Vinterbygge — tio artiklar. Byggeforskningens särtryck 1964:25. (Särtryck ur Byggnadsindustrin.) Stockholm 1962.

Kommunernas stadsplaneringsarbete ur organisatorisk synvinkel. Samhällsplaneringsgruppen vid Statens institut för byggnadsforskning. Aktuellt från Byggnadsstyrelsen 1964 del 2. Stockholm 1964.

Hellsten, Göran och Palm, Yngve. Från stadsplan till inflyttning — byggprocessens förlopp i 30 produktionsexempel. Byggeforskningens rapport 108. Stockholm 1964. (Sammandrag i informationsblad 1964:21.)

Byggransens strukturförändringar. Byggeforskningens särtryck 1964:23. (Särtryck ur Teknisk Tidskrift och Byggnadsindustrin.) Stockholm 1964.

Research into building production
at the Swedish National Building Research Institute
by Göran Hellsten

Research into building production should aim towards the optimum employment of the total resources required for the completion of a building. The resources required for this are deployed in building materials factories, where raw materials are converted in various stages to building components; in transportation, whereby the components are moved from factories to building sites; and on building sites, where the components are assembled to form buildings. The direct resources deployed at these "stations" comprise labours and mechanical aids of various kinds.

These direct resources cannot be effective, however, unless their employment is prepared for and planned. This calls for resources of another kind, indirect resources, which might be summarized by the title planners. Planners in this sense are active in building materials factories, with haulage firms, contractors, clients and authorities. They comprise administrators, supervisors, project planners, costing accountants, production planners, inspectors, etc., etc. Other resources required include capital investment.

The various types of resources involved are highly interdependent. It is therefore impossible to deal with them in isolation; research must be concerned with the total effect of the resources as a whole. Through studies of building labour it is possible to evolve components and construction methods which require the minimum of resources on the site. But in the individual case this will give no overall advantage if the manufacture of the components requires an extra investment of resources at the factory which exceeds the saving on the site. By employing more machines or other types of machine on a site it may be possible to reduce the need for building labour, but the overall result in the individual case is negative if the extra investment in machines exceeds the saving in labour. However, it may be that other factors justify changes of this nature despite the lack of economic justification in the indivi-

dual case. They may result in a favourable cost trend in the long run, or contribute towards an increase in the total production volume, or eliminate seasonal unemployment, or help maintain more regular quality, and so forth.

Product design affects resource usage

Production studies are concerned with the product, its design and the demands it makes on resources in its various stages of manufacture, and with the process, i.e. the chronological sequence of resource employment. Studies aim at the evolution of buildings and components which in their various stages of manufacture are adapted to efficient production: suitable for repetitive machine manufacture, suitable for long-distance carriage, and capable of assembly by repetitive processes. This in turn calls for great flexibility in application, as a necessary basis for large-scale production.

The building process - a complex web

Process studies start out from existing types^s of components and resources to evolve an efficient process, to integrate smoothly the various work phases and planning decisions, so that the invested resources are not dissipated through waiting times, poor utilisation or unnecessary duplication. An efficient process implies a use and timing of work stages such that the benefits of repetition are enjoyed, i.e. that the initial costs are spread over as many units as possible. This applies at all stages of production, including both component factories and the building site. An efficient process also implies that the inspection and control functions exercised by the various participants are arranged so as to avoid disturbing the rhythm of the process. In the building industry, this applies not least to official inspections, but also to the inspection and control exercised by customers at the various stages over their supplier or contractor.

Independent production research

Part of the research done with the above aims is carried out within companies as a necessary part of their efforts to improve their competitive strength. Inventive activity in the building industry is concentrated within this department of research. Building component manufacturers work towards new, better and therefore more competitive

products, while contractors seek new, better and therefore more competitive construction methods. During the last decade several contractors have also taken an interest in certain types of component manufacture and have evolved closed building systems, comprising the design of both the component parts and the final product, the building. Examples are found in the systems evolved by AB Skånska Cementgjuteriet (Allbetong, Hjärtat, Corpus), Ohlsson & Skarne AB, AB Ernst Sundh, AB Göteborgsbostäder and AB Elementhus of Mockfjärd.

Taken as a whole, development work within contractor firms has been of less scope than within the building materials industry and other industries. This has to do with the special structure of the building trade and its distinctive commercial practice. Income is distributed between many hands and no one stage in production reaches a sufficient volume to serve as a basis for large-scale research comprising the trade as a whole. The responsibility for the construction of a building is divided between so many people. Furthermore, most of those receiving the resultant income are not close enough to the final product, the building, to have either interest or opportunity to increase their profit through investment in development work concerning the building as a whole.

There are several reasons for these differences between the building trade and other industries. Among them is the fact that, unlike the products of other industries, the products of the building industry - buildings - are governed by the ground on which they are erected. The ground is an integral part of the product which requires special regard in the planning and erection of each building.

Furthermore, each building is a part of a community and thereby subject to the special requirements of the latter. The functional requirements are many and vary considerably from case to case. A building is a bulky object - it is impossible to freight a completed factory-made building to the site in one piece. The great duration of the total production time, from development plan to occupation, places special demands as regards the long-term planning of building production. Finally, a building must be designed bearing in mind that it will be used for a very long period.

Public production research ...

The above-mentioned factors have hindered independent production research in the building trade. They have on the other hand motivated public production research, able to handle problems which private firms neither have resources to deal with nor cause to take up alone, since the costs ought to be spread between several of them. However, circumstances in the industry call for both kinds of research, which should be complementary.

Public production research is financed mainly through the Building Research Fund and is carried out by universities and institutes of technology, various trade organizations, independent researchers and research groups, the National Institute for Building Research, and others.

... at the Institute for Building Research

Since the foundation of the Building Research Fund, more than 10 years ago, public production research has been carried out mainly by the Government's own building research agency. Prior to July 1 1960 it took the form of internal research under the aegis of the then National Committee for Building Research. Since that date there has, of course, existed a special agency for this internal activity, namely the National Institute for Building Research, which unlike its predecessor is relieved of the administration of the Building Research Fund and the allocation of its resources. These duties are discharged by the Government Advisory Committee on Building Research.

Plans for future production research within the Institute are usually prepared for several years in advance but are reviewed every year. Continuous planning of this type means that the programme is frequently subjected to the scrutiny required to ensure that research is adapted to current needs. During the Spring of 1965 work will be mapped out for the next three years, up to Summer 1968.

Persons engaged in practical building activity form an expert group which advises on production research at the Institute. At present the group comprises Mr Sture Nyström (Chairman), a director of the Malmö municipal housing corporation; Mr Olaüs Forsberg, an Umeå (N. Sweden)

building contractor; Mr Bengt Landby, managing director of Vestra Sveriges Beton AB, Gothenburg; Mr Gunnar Ryhre of the Swedish Association of Building Contractors; and Mr Erik Strandberg of the Swedish Building Worker's Union.

In conjunction with the annual review a study is made of building research in the production sector being carried on by other research agencies and of ways in which the research at the Institute might be directed so that important gaps are filled. For such a review it is important to have a knowledge of the existing problems in the contemporary building industry. Programming work must also take account of the research resources - in both qualitative and quantitative terms - available within the Institute. Researchers who have come to specialize in a particular field must be given opportunities to continue in their special department, if it is thought that useful results can be obtained thereby. Finally, tasks in the production sector must be selected and defined with regard to the building research being carried on in other sectors and particularly with regard to research in the other sectors covered by the Institute. Advantage must be taken of opportunities to select within the Institute common research tasks for several research groups.

It is desirable that all research groups within the Institute should take advantage of the Institute's close connections with Government organs. This gives a special reason for dealing with the role of the authorities in efficient building production and special opportunities of studying public building. Furthermore, by taking this into account a certain distinction from other production research agencies can be achieved, since though their research may be classified as public it is only natural that, for example, building trade organizations tend primarily to attack problems which seem most urgent from their members' viewpoint. Through an insight into each other's work it is possible for the various agencies to complement one another in a way that is beneficial to the whole. The status of the Institute as a permanent research organization also motivates the adoption of tasks of a long-term nature. The 3-year programme referred to here includes subject groups within which the various research tasks must be determined in detail.

Component and method

The resources required to produce a building are deployed at building materials factories, in transportation and on building sites. Public building research hitherto has paid far too little attention to the production problems of the building materials industry. There are strong reasons for amending matters in this respect since the design of a building component represents to such a high degree both transportation method and building method; and particularly in an age when developments are directed toward an increased use of more prefabricated units there is cause to devote research interest to the building materials industry. The development of new building components must take into account both the possibilities of efficient production at the factory and of efficient assembly on the site. Research can help to systematically correlate the requirements of these two stages in the production chain.

One preliminary study deals with Concrete units for structural frames. Various technical production features of different existing products of the concrete casting industry are described and analyzed in a uniform manner. The data concern design principles, material analysis, dimensions (including fixing dimensions and tolerances), connected components, joints, degree of standardization, degree of prefabrication, method of transportation (including storage and packing), building method, required labour and mechanical aids on the site, and purchasing arrangements (also planning methodology). These data are thought applicable to present planning projects, as well as providing a basis for the development of new building components.

Documented in conjunction with this inventory were the structure of the concrete casting industry, the capacity of the firms concerned, their development potential, product range and interest in a limitation of variants within the framework of a general standard, and their views as to the best contribution they can make towards greater efficiency in building. The initial choice of structural frame units is connected with the fact that so far the structural frame has usually been prefabricated to only a very low degree. Development of frame erection techniques could also contribute greatly to a reduction in the extensive "second fitting" trades.

Corresponding surveys are planned in respect of other branches of the building materials industry, firstly those producing lightweight concrete, brick, timber units and joinery. But it is intended subsequently to study the potential of the plastics industry and of firms manufacturing prefabricated services units.

External transportation

The increased industrialization of building presupposes not only a higher degree of processing of the products of the building materials industry, but also longer production runs featuring the repetition of certain production stages. This will probably result in a shift of emphasis in the industry, towards fewer but larger production units. Notwithstanding concentration in major consumer areas this shift will most likely involve an increase in the length of external transportation routes, i.e. from factory to site. Such a development is also favoured by the fact that a more highly finished product (representing a greater value) can absorb high transportation costs better than a near-raw material.

Another preliminary study at the Institute deals with The supply of building materials in Sweden's northernmost counties. Problems are accentuated in the Far North of Sweden by the relatively small size of the consumer centra there, their sparse distribution and great distance from the places where building materials are made. The effects of this include the need to store large quantities of materials. It also affects the choice of building method in that the use of locally obtainable raw materials can be justified, even though they may require extensive working on the site. Prefabrication in specialist factories may mean a circuitous route in certain cases in these regions, especially for heavy goods.

The preliminary study has so far shown, however, that to a large extent buildings in the North are planned without a thought to these transport problems. In selecting materials designers have often - due to sheer inertia - chosen those that must be carried from South Sweden. Through different design, of equally high technical standard, it would have been possible to use materials made in the North. In other cases, where the design already permitted the use of North Swedish materials,

orders have nonetheless been placed in the South.

Further studies in this field should endeavour to clarify the significance of carriage costs for various types of materials. They should also try to discern the consequences of the development towards larger, more widely separated production centres. A comparative analysis of different means of transportation, dealing also with various types of packing, should be included.

Labour consumption on building sites

There exists a vested interest in the securing of summary information concerning the consumption of labour, whereby different building methods, for example, might be broadly compared and development trends recorded. The requirement for accuracy is less in such measurements than in working studies designed to produce capacity data as a basis for planning, pricing and method development. On the other hand, the figures are required to be more representative. It is important in these studies to define a way in which different building methods might be characterized and classified. It is not possible to work on the basis of whole buildings but is instead necessary to classify methods for the various parts of a building individually, e.g. different foundation building methods, structural frame construction methods, etc. All categories of site labour should be included, both building workers and installation fitters of various kinds. Such measurements of labour consumption are well related to similar tasks in the past activities of the Institute.

Mechanical and other aids on site

It is important, however, that the consumption of labour on the site should not be dealt with in isolation. The investment of various mechanical and other aids should be investigated at the same time - and on the same jobs! - since these two kinds of resources can replace one another to a certain extent. The argument put forward concerning the degree of accuracy required for data about labour consumption applies equally to the investment in other aids.

A preliminary study in which both labour consumption and the use of mechanical and other aids are measured is at present under way at the

Institute. It is being carried out on a representative selection of non-apartment housebuilding projects.

Besides straightforward measurements of the use of various aids in different kinds of building methods, various special studies concerning individual building methods should be started. For a long while now the Institute has included formwork construction problems in its programme. Since formwork amounts to a sizeable volume even in present building activity further studies of formwork techniques and costs are planned. The scope of these studies justifies giving them off to form a special research subject-group under which the different sub-tasks are formulated (see below under "Formwork techniques and costs").

A survey of the development of various types of crane has been started and several more studies in the elevator and crane field are scheduled. The construction of scaffolding should also be made the subject of special investigations, even though its extent has been less in recent years.

Dimensional accuracy in structural frames

Dimensional accuracy and a knowledge of tolerances are of fundamental importance in the transition to building methods involving an increasing usage of prefabricated units. This applies not only to the dimensions of the individual unit but also to its position and the space for it relative to the building plan and elevation, which it must be possible to determine exactly in advance. Placing must not be a matter of chiselling-up on site. In contemporary building dimensional accuracy is highly variable and in many cases quite unsatisfactory for any increase in unit construction methods. To a great extent, the deviations occur during the setting-out on the site of the building and its component parts, depending in part on imperfections in the setting-out methods and surveyors' instruments.

The former Committee for Building Research carried out investigations in this field and the present Institute has again taken related matters up in co-operation with the Standardization Centre of the Swedish Building Industry. Various setting-out methods used in Sweden and abroad are analysed with regard to the accuracy they afford. Special attention is paid to the methods which give the greatest

Institute. It is being carried out on a representative selection of non-apartment housebuilding projects.

Besides straightforward measurements of the use of various aids in different kinds of building methods, various special studies concerning individual building methods should be started. For a long while now the Institute has included formwork construction problems in its programme. Since formwork amounts to a sizeable volume even in present building activity further studies of formwork techniques and costs are planned. The scope of these studies justifies giving them off to form a special research subject-group under which the different sub-tasks are formulated (see below under "Formwork techniques and costs").

A survey of the development of various types of crane has been started and several more studies in the elevator and crane field are scheduled. The construction of scaffolding should also be made the subject of special investigations, even though its extent has been less in recent years.

Dimensional accuracy in structural frames

Dimensional accuracy and a knowledge of tolerances are of fundamental importance in the transition to building methods involving an increasing usage of prefabricated units. This applies not only to the dimensions of the individual unit but also to its position and the space for it relative to the building plan and elevation, which it must be possible to determine exactly in advance. Placing must not be a matter of chiselling-up on site. In contemporary building dimensional accuracy is highly variable and in many cases quite unsatisfactory for any increase in unit construction methods. To a great extent, the deviations occur during the setting-out on the site of the building and its component parts, depending in part on imperfections in the setting-out methods and surveyors' instruments.

The former Committee for Building Research carried out investigations in this field and the present Institute has again taken related matters up in co-operation with the Standardization Centre of the Swedish Building Industry. Various setting-out methods used in Sweden and abroad are analysed with regard to the accuracy they afford. Special attention is paid to the methods which give the greatest

accuracy. So far, the potential use in setting-out of the optical plumb and the steel tape has been studied. Tolerances of units will also be studied in the future. The investigatory work is intended to provide a basis for the determination of such tolerances in frame structures as can be defined in a contract.

Formwork techniques and costs

Notwithstanding the expected development towards the greater use of prefabricated parts in structural frames as well as elsewhere, in situ concrete will still be used to a wide extent for many years to come. It is likely that structural frame building methods involving in situ concrete will continue to compete very favourably with systems involving units. Since formwork construction is a very large cost item in in situ concrete methods this aspect should remain an object for continued technical and cost studies.

Past investigations at the Institute have been mainly directed at technical problems. In the future the accent will be on cost aspects. The investigations into formwork costs will aim at obtaining cost comparisons between various types of formwork and formwork details employed on different kinds of concrete building jobs.

Such cost problems may be approached from various angles and can also be broken down under a series of sub-headings. A first step is to try and determine which costs ought to be considered in the comparison. Direct formwork costs are obvious inclusions - these include material costs and wages for the erection, striking, cleaning and carriage of formwork materials. Also of interest in an economic assessment of various types of formwork and detail designs which may be used for the same casting job are, in addition to the direct formwork costs, any costs for finishing treatment which are dependent on the type of formwork used and which will be allocated to the finished concrete structure in the accounting breakdown. Where requirements are specified as regards the planeness of concrete surfaces and their location in relation to drawing references and with regard to the planned inclusion of second-fitting materials, poorly dimensioned and constructed formwork can result in considerable extra costs for finishing work such as chiselling-out, making good and filling of concrete surfaces or

modifications to the fitted items.

The investigations into formwork costs require site studies and co-operation with contractors in order to obtain an adequate cost basis. Relative parameters include daywork, non-piecework, current costs for formwork materials, wastage, economical and absolute life of formwork materials, and costs of finishing work for various types of formwork.

Cost syntheses are worked out using the dimensioning recommendations previously prepared. The influence of structural design on formwork costs is analyzed. The possibilities of evolving plans which permit a greater amount of repetitive formwork are investigated. The economical limits, as a function of the number of times of use, are sought in respect of various formwork systems. Furthermore, the manual labour investment for various systems is measured.

Winter building - methods and costs

Methods for counteracting the effects of winter in the construction of multi-apartment blocks have been studied for several years and the extra costs have been estimated. The Institute has also entered into comprehensive informative activity in these matters, both for Swedish and foreign builders. However, in conjunction with the use of new building materials and components, and the changes in the character of building methods due to these and other causes, it is likely that counter measures in winter will also change. A new representative inventory of these, on the same lines as those carried out during the winters of 1954/55 and 1961/62, is therefore planned. It is intended that this will also include housebuilding.

In conjunction with this investigation, the Institute also plans an overhaul of the extra-costs diagrams for multi-apartment blocks and the preparation of similar diagrams for housebuilding. The Board of Housing has expressed its great interest in these studies and promised assistance.

Building process and method

All the investigations planned by the Institute and described hitherto have been concerned with the relation between the design of the product and the investment of resources of different types. Another important part of production research is represented by process-type studies, i.e. studies taking into account the chronological relationship between the different resource investments.

Process studies at the Institute deal with the total process - from development plan to occupation - and including the inspection and control functions exercised by the various participants.

The Institute has carried out a preliminary study in this field. Questions of co-ordination will be accorded special attention. Studies will aim, for example, at locating bottlenecks in the long chain of decisions linking conception to planning and finished product.

A current preliminary study deals with the way in which different building methods influence the relationship between scheduling, planning, purchasing (tendering) and execution of various parts of the building. Organizational matters enter very prominently into this study. The conditions necessary for and the consequences of different sizes of production unit are dealt with, matters related to the structure of the enterprise and other questions of organizational structure also entering into the picture.

BBIBLIOGRAPHY

- Holm, Lennart. Ett svenskt institut för byggnadsforskning. Byggnadsforskningens särtryck 1961:9 (särtryck ur Statens Byggeforskningsinstitut - Årsberetning nr 13). Stockholm 1961.
- Holm, Lennart. Planera brukbart, hållbart, byggbart. Byggnadsforskningens informationsblad 1962:71. Stockholm 1962.
- Holm, Lennart. Stora serier i ett litet land. Byggnadsindustrin nr 14.1964.
- Jacobsson, Mejse. Byggnadsproduktionen - problem och forskningsbehov. Programskrift nr 1 från Statens Råd för Byggnadsforskning. Stockholm 1963.
- Rassweiler, C.F. Factors and motivations stimulating industrial innovation and obstacles hampering their effectiveness in the building field. Ur Innovation in building, contributions at the second CIB Congress, Cambridge 1962. Edited by CIB, Amsterdam, New York 1962.
- Fröroth, Åke och Hellsten, Göran. Betongelement till husstommar. Byggnadsforskningens rapport 6/65. (Särtryck ur Teknisk tidskrift.) Stockholm 1965.
- Jonson, Jan-Åke. Byggnadsmaterialförsörjning i Norrland. Arbetsrapport inom Statens institut för byggnadsforskning. Stockholm 1965.
- Jernström, Sven och Thunblad, Gunnar. Arbetskraftåtgång vid traditionella byggen och monteringsbyggen. Byggnadsforskningens rapport 87. Stockholm 1962. (Sammandrag i informationsblad 1962:69.)
- Byggnadskranar. Byggnadshissar. Småskrifter nr 16 och 17 från Byggnadsforskningen, Stockholm 1960.
- Klingberg, Lennart. Utsättning med optiskt lod. Byggnadsforskningens informationsblad 1963:40. Stockholm 1963.
- Bergvall, Lennart och Rosén, Carl-Eric. Principerna för måttsamordning. Byggnadsforskningens informationsblad 1964:12. Stockholm 1964.
- Backsell, Gunnar och Hammarlund, Yngve. Dimensioneringstabeller för traditionella valvformar. Byggnadsforskningens rapport 90. Stockholm 1963.
- Backsell, Gunnar. Formtryck vid gjutning av vertikala betongkonstruktioner. Byggnadsforskningens särtryck 1962:11. (Särtryck ur Byggnadsindustrin.) Stockholm 1962.
- Eriksson, Folke och Jonson, Jan-Åke. Vinterbygge - merkostnader i landets olika zoner. Byggnadsforskningens rapport 86. Stockholm 1962.
- Vinterbygge - tio artiklar. Byggnadsforskningens särtryck 1964:25. (Särtryck ur Byggnadsindustrin.) Stockholm 1962.

Hellsten, Göran och Palm, Yngve. Från stadsplan till inflyttning -
- byggprocessens förlopp i 30 produktionsexempel. Byggforskningens
rapport 108. Stockholm 1964. (Sammandrag i informationsblad
1964:21.)

Byggbranschens strukturförändringar. Byggforskningens särtryck
1964:23. (Särtryck ur Teknisk Tidskrift och Byggnadsindustrin.)
Stockholm 1964.

Figure texts

p. 2

The design of building components affects the method of transportation to the building site and their erection there. (Pictures show the erection of lightweight timber wall units from AB Elementhus, Mockfjärd, room-size concrete wall units in the Skarne Heavy System, and cubic units in Harry Karlsson's "Lunna House" system.)

p. 3

From manufacturers in
northernmost Sweden

From manufacturers
elsewhere in Sweden

Job site

Manufacturing site

Building materials for North Swedish jobs are obtained to a large extent from South and Central Sweden, although there are suppliers with adequate capacity in North Sweden. Window joinery provides an example of this. (Ill. shows delivery routes for window joinery to sites in North Sweden.)

LABOUR CONSUMPTION

prefabricated building
conventional building

hr/cu.m. contained volume

The consumption of labour on homebuilding work has been reduced heavily since the war. (Trend diagram from Building Research Information Sheet 1962:69, supplemented with relative spot values for two prefabricated systems: Ohlsson & Skarne's Bollmora project (marked with x) and Göteborgsbostäder's "Star-house" project. All work on site is included and also, in the case of prefabricated building, work at fixed factories for large units and carriage of these to the site.)

MODULAR LINE

MODULAR SPACE

NORMAL MODULAR COMPONENT

NORMAL JOINT THICKNESS

MAX. COMPONENT MEASUREMENT

COMPONENT TOLERANCE

MIN. COMPONENT MEASUREMENT

MIN. JOINT THICKNESS

MAX. COMPONENT MEASUREMENT

ERECTION TOLERANCE

MINIMUM COMPONENT MEASUREMENT

MAX. JOINT THICKNESS

Unit construction systems require dimensional co-ordination and knowledge of modular spaces and tolerances. (Diagram from Building Research Institute Information Sheet 1964:12.)

Formwork technology has changed its character in recent years due to the great increase in pouring speeds and more stringent requirements regarding surface planeness, dimensional tolerances and repeated usage. (Photo shows in situ concrete work using unit formwork.)

% OF LOAN CEILING	3-WEEK HOLIDAY	TOTAL
		LABOUR COSTS
		FUEL
		MACHINES
		CONSUM. MATER.
		TRANSPORTATION
		TESTING EQUIP.
JAN. FEB. MAR. APR. MAY. JUN. JUL. AUG. SEP. OCT. NOV. DEC.		START - MONTH

CONCRETING
BRICKLAYING
INTERNAL PLASTER
DRYING-OUT
MONTH
DELAY IF 3-WEEK HOLIDAY OCCURS
DURING WORK PHASE CONCERNED

Nowadays building methods are available to counteract even very severe winter weather.

The costs for various wintertime measures and arrangements can be estimated on a general basis. (Diagram from Institute of Building Research Report No. 86.)

No. OF DWELLING UNITS

Development planning started	Building design started	Planning permission granted	Comple- tion	Loan arranged
------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	-----------------	------------------

FLATS (NEW)

REDEVELOPMENTS

HOUSES

Development plan submitted to
Building Committee

Plan approved

Final Govt. loan negotiations

The chronological sequence of the various phases of planning and building vary greatly on different projects. The months prior to the start of construction are particularly hectic for all - authorities, clients, designers, contractors and materials suppliers. (Survey diagram from Institute of Building Research Information Sheet 1964:21.)