

Vejen til det industrielle byggeri

15 års forceret teknologiudvikling 1945-1960

AF JØRGEN BURCHARDT, FORSKER, DANMARKS TEKNISKE MUSEUM

RESUME

Danmark stod efter 2. Verdenskrigs afslutning med et stort behov for nye boliger, samtidig med at der skulle bygges fabrikker og institutioner til det velfærdssamfund, som mange drømte om. Takket være et intensivt udviklingsarbejde lykkedes det at omstille til industrielt byggeri på blot 15 år, og således blev det muligt at firedoble den årlige produktion i forhold til før krigen.

Artiklen forklarer, hvorledes en så drastisk omstilling kunne ske. Byggebranchen er et af de mindst fleksible erhverv med en indbygget modstand mod teknologisk forandring. Den bygger på en *teknologisk tradition* i en sammenhængende teknisk løsning med en total sum af viden og teknologisk kunnen. Det lykkedes takket være en kollektiv udviklingsproces, hvor standardiserede fabriksbyggede elementer stod centralt. Historien viser, at innovation ikke kun er anvendelse af ny teknik, men også er en total omstilling i tankemåder og fornyelse af organisationsformer, firma-konstellationer, uddannelser, offentlig administration og økonomisk styring.

Udviklingen blev herhjemme drevet af en snæver gruppe teknikere støttet af modige politikere. En parallel udvikling skete i udlandet, hvorfra vi hentede inspiration, og hvor danske løsninger lejlighedsvis også var til inspiration.



Johannes Kjærboel (Soc.) (1885-1973) blev den første boligminister, da ministeriet blev oprettet i 1947. Også under borgerlige ministre førtes en offensiv politik for flere boliger ved hjælp af industrialiseret elementbyggeri.

VEJEN TIL DET INDUSTRIELLE BYGGERI

Ved befrielsen i 1945 var boligsituationen kritisk. Byggeriet var gået i stå, og i de følgende år forringedes storbyernes saneringsmodne ejendomme yderligere på grund af mangel på materiale.

Tilgangen af lærlinge til byggefagene var minimal under krigsårenes begrænsede byggeri, og med et fortsat begrænset byggeri i efterkrigsårene faldt antallet af faglærte murere fortsat.¹⁾ Sæsonarbejdsløsheden var omfattende. Til eksempel var 17.000 ud af de knap 53.000 ufaglærte bygningsarbejdere arbejdsløse i januar 1950 - 32 %.²⁾

Derfor opstod ønsket om at sprede byggeriet over hele året. Her havde elementbyggeri mange fordele: det kunne afsluttes på meget kort tid, når elementer støbtes sideløbende med at jordarbejder og bærende fundamenter udførtes. Der kunne bygges i vinterperioden, da elementerne kunne monteres i næsten alt vejr, og med huset under tag havde de øvrige håndværkere uforstyrrede arbejdsforhold.

Specielt træ var en mangelvare og omkring 1950 anvendtes i snit ca. 10 m³ træ til en lejlighed. De tidligere storproducenter Sovjetunionen og de baltiske lande leverede nærmest intet, hvorfor Danmark indførte strenge restriktioner.³⁾ Prisen mere end fordobledes mellem 1945 og 1951, hvorfor man også af økonomiske årsager søgte at mindske forbruget.

Den bedste løsning var helt at erstatte træ med fabriksfremstillede bygningselementer. Elementer til etageadskillelser kunne være grundlag for støbning af et cementgulv. Ufaglærte kunne montere mange af elementerne, hvilket var en fordel i en tid med mangel på faglærte. Alle disse grunde lå bag ønsket om elementbyggeri, eller utraditionelt byggeri, som det hed de første år.

TIDLIGERE FORSKNING

Forskningsprojektet "Byggeteknologiens udvikling i Danmark efter anden verdenskrig" 1977-1980 på Danmarks Tekniske Højskole, DTH (nuværende DTU) tog mange af denne artikels problemstillinger op. Der blev gjort en fortjenstfuld indsats med at samle oplysninger fra mange af undersøgelsesperiodens endnu aktive aktører.

12 view of the UK housing history in relation to system building" (2013), idet inspiration for bygning af højhuse introduceredes af den tidligere dansker, nu englænder, ingeniør Ove Arup, som i 1946-1949 opførte et hus baseret på arkitekt Mogens Lassen og ingeniør Ernst Ishøys moderne byggerier i 1930'erne. Det var antagelig også Arup, som introducerede det danske entreprenørfirma med speciale i elementbyggeri, Larsen & Nielsen, på det engelske marked.⁶⁾

De nævnte værker omhandler fortrinsvis boligbyggeriet. Byggeri med store og komplicerede betonelementer behandles i Jørgen Burchardt "From invention to production. The introduction of prestressed concrete" (2018). Heri følges innovationsforløbet for forspændt beton i Danmark fra begyndelsen af 1940'erne til dets gennembrud i 1950'ernes fabriksbygninger og store konstruktioner.

EN AKTIVISTISK POLITIK

Byggeriet fik styrket politisk opmærksomhed efter befrielsen. Et selvstændigt ministerium oprettedes i 1947. Ministeriet har haft mange navne og har også været slået sammen i ministerium med andre opgaver. I det følgende anvendes navnet Boligministeriet, som det fik i 1955.

Nye boliger baseredes i mange år på statslig finansiering. Byggestøtteleven i 1946 satte gang i byggeriet gennem lave renter, en høj lånegrænse og skattefritagelse.⁷⁾ I 1947 gav Elementusloven adgang til endnu billigere lån, hvis et byggeri gjorde brug af nye byggemetoder. Ikke mindst støttedes brug af andre materialer end mangelvarer som tegl og træ, som i øvrigt også var langsomme at bygge med og krævede faguddannede. Murer- og tømrerarbejdet udgjorde dengang 60-70 % af byggeudgifterne ved det traditionelle byggeri.⁸⁾

Boligministeriet udøvede en aktivistisk politik på en lang række andre områder. Et drastisk initiativ var et cirkulære i 1953, som gav fortrinstilling til "utraditionelt" byggeri. Da mangel på murersvende gav flaskehals i byggeriet, ønskede man kun en andel af murersvende på 15 % af antallet ved det ordinære byggeri. Den letteste måde at opfylde cirkulæret på var at erstatte mursten med beton.

VIDENSPREDNING OG FORSKNING

Viden om nye byggemetoder spredte sig i byggebranchen med næsten eksplosionsagtig karakter i 1950'erne fra artikler og annoncer i branchebladene, og referater fra delegationsrejser fortalte om erfaringer fra udlandets vellykkede og mindre vellykkede byggerier.

Der var en særlig stærk inspiration fra Frankrig. I de danske fagtidskrifter kunne man allerede i begyndelsen af 1950'erne læse om franske byggesystemer med Camus-systemet tættest på den senere danske produktion.⁹⁾ Da den danske forskning kom i gang i 1950'erne, var det de franske fabrikkers nøjagtighed, der henvistes til i rapporten "Byggeriets nøjagtighed".¹⁰⁾

Uddannelsen af ingeniører på DTH handlede i mange år ikke om det nye betonbyggeri. Der havde længe været et professorat i beton, men undervisningen var meget teoretisk anlagt. Det var ikke herfra branchen orienteredes om nye metoder. Man skulle vente til 1962 for et professorat i anlægsteknik, og først i 1970 etableredes et professorat i husbygning og i 1972 ét i arkitektur. Der var dog ved starten af Danmarks Ingeniørakademi 1957 en bygningsingeniøruddannelse til de mere rutinemæssige projekteringsarbejder.¹¹⁾

Staten manglede i mange år ekspertise på byggeriets område, og oprettede derfor i 1947 Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, for at få rådgivning og få udført praktisk forskning. Højest prioritet var i begyndelsen forskning i betonteknologi.¹²⁾

Videnspredningen skete også gennem Byggecentrums rekonstruktion i 1956. Fra en større nybygning i København og lokale centre formidledes viden til byggebranchen i en tid med store omvæltninger og meget nyt. Et af initiativerne var "Byggeriets Indkøbsbog" udgivet første gang i 1964 som et katalog over firmaer og produkter.

Byggeriet havde også behov for at uddanne ufaglærte medarbejdere. Siden 1950 havde arbejdsmarkedets parter drevet Arbejdsteknisk Skole med et treårigt forløb på aftenskole, og samme år startede Statens Arbejdsmandskursus tre-ugers kurser, hvor ca. 1.000 bygningsarbejdere kom på skolebænken. Begge skoler gav undervisning i forskalling og armering. Arbejdsmandskurset indeholdt tillige øvelser i betons sammensætning, montering af elementer og brug af hejsegrej.¹³⁾



Da de første vellykkede elementbyggerier viste sig, gik Boligministeriets Produktivitetsfondsudvalg ind i markedsføringen ved at støtte propagandafilms. Den første, der omhandlede Engstrands Allé, fortalte om planudformningens enkelthed og nøjagtighed i elementfremstillingen.¹⁴⁾ Udvalget fortsatte med en tilsvarende film om byggeriet af højhusene i Rødovre i 1955.¹⁵⁾

Filmene fortsatte men skiftede karakter. I 1963 fik filmmanden Theodor Christensen frie hænder til at lave filmen "Til husbehov". Filmen kritiserede den førte boligpolitik, men blev henlagt af ministeriet i mere end et halvt år, før den blev vist på TV, hvilket affødte en hed debat. I 1972 blev filmen "Huse til men-



Den næsten 20 minutter lange propagandafilm om elementbyggeriet af Engstrands Allé tog udgangspunkt i Københavns dårlige boligforhold og viste, hvordan en bolig for en børnefamilie opførtes trin for trin fra byggemøde med arkitekten til flyttevognen leverede familiens møbler, og den lille pige kunne løbe ud på bebyggelsens legeplads, inden filmens budskab om elementbyggeriets muligheder blev givet: "Frem mod et mål, som kan karakteriseres som byggeriets industrialisering" gennem "nøje planlægning" og "nøjagtig udførelse".



nesker" af Ole Roos udgivet som debatfilm om moderne karrébebyggelse, hvori også indgik diskussion om, hvorvidt beton gav golde, kolde og menneskefjendtlige betonødemarker eller tværtimod gav beboerne mulighed for at udfolde sig.¹⁶⁾

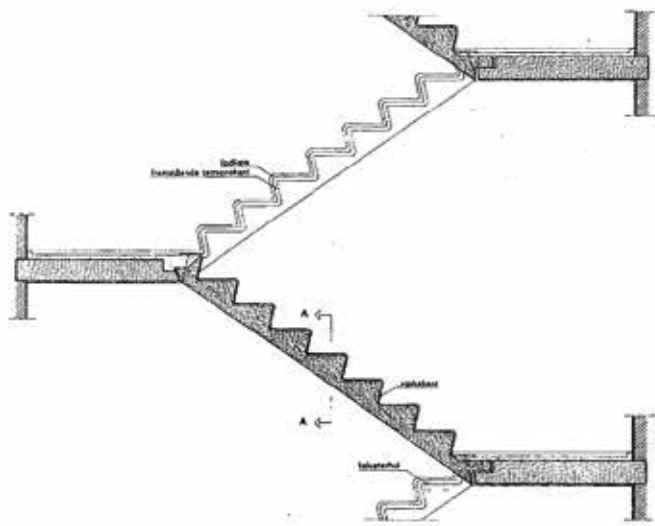
ELEMENTBYGGERI FØR 1950

Byggeri med beton har længe været kendt i Danmark. Forsvaret anvendte beton til at befæste fortet Prøvestenen ud for Københavns Havn i 1851-1852, og inden år 1900 fandtes mange store bygninger.¹⁷⁾

Cement skal hærde op til tre uger, før man kan bygge videre på det. Hærdning kan ikke ske i frostvejr, og bygningens høje fugtighed forsinkede samtidig de efterfølgende processer. For et hurtigt byggeri og byggeri om vinteren duede kun elementbyggeri. En af de første elementbygninger opførtes i Frankrig i 1891, men det varede længe inden et egentligt elementbyggeri tog fart.

En frodig småindustri har tidligt fremstillet fliser og kloakrør i beton, men egentlige dele til byggeriet var sjældne.¹⁸⁾ En af de første større præfabrikerede bygningsdele kom frem i 1931, da firmaet K. Hindhede, i dag kendt som KH Beton, udviklede en betonbjælke i spændvidder på op til 4-5 m.¹⁹⁾ I de følgende år kom en række nye produkter: i 1932 betonblokke til vægge, og i 1934 facadeelementer (bl.a. til Insulinlaboratoriet i Gentofte).

Det varede en del år, inden der etableredes fabrikker for store elementer. Støbningen skete de første år ved selve byggepladsen. En af de første bygninger opført ved denne metode var A/S Schous fabriksbygninger i Ravnholm 1942-1943. Søjlerne i sheettagskonstruktionen og de bærende spærfag støbtes på stedet.



I 1947 etableredes Skandinavisk Spændbeton, som var baseret på at udnytte et patent for forspændt beton²⁰⁾ og et andet patent på stålforstærkede teglbjælker. Plankerne bestod af hårdbrændt tegl med indstøbte forspændte stålstrenger, og i kombination med almindelige teglhulsten overstøbt med beton anvendtes de til etageadskillelse.²¹⁾ Allerede samme efterår var der rejsegilde på et "skyskraber-pakhus", Pakhus 47 i Frihavnen, som blev bygget med disse teglbjælker;²²⁾ Københavns kommune havde hurtigt givet tilladelse til det nye produkt.

PERLERÆKKEN AF FORSØG I I: I

Man har ønsket at bygge hurtigt, og elementbyggeri var den ideelle løsning. De første elementbyggerier var baseret på træ, hvilket historien er rig på. Bindingsværkshuse var et slags elementbyggeri, som man relativt hurtigt kunne flytte og genopbygge.

Især når boligbehovet var stort som ved verdenskrigene, søgte man at udnytte råvarer og produktionskapacitet langt fra opførelsesstedet. Et af de første elementbyggerier efter 2. Verdenskrig var "Svenskehusene", hvor den svenske stat forærede Bornholm 275 træhuse, som i 1946 opførtes i udkanten af Rønne og Nexø.²³⁾

Fremtiden for elementbyggeriet var dog ikke træ men beton. Et af de første huse af betonelementer blev opført i 1926 i Frankfurt med elementer af store plader.²⁴⁾

K. Hindhede, det senere KH Beton, var Danmarks første egentlige elementfabrik. Største produktion var i mange år præfabrikerede trappetrin (fra 1937), og fra 1942 hele trappeløb klar til montage beklædt med terrazzo. Fra 1942 leverede KH-Beton altanbrystninger, som med fabriksfremstilling fik en overflade i højeste kvalitet.²⁵⁾

Da elementbyggeri i beton skulle i gang i Danmark, var metoderne ukendte. Vejen til at bygge hele huse var lang og krævede en perlerække af konkrete forsøg. Når et hus var kommet igennem den årelange byggeproces, vurderede kolleger i byggebranchen resultatet ud fra besigtigelse og tidsskriftsartikler. Et godt resultat betød goodwill for de involverede – og at metoderne efterlignedes af kolleger og konkurrenter.

Elementhusene i Hjortekær var et af de første eksempler på elementbyggeri opført 1947-1948. Materialerne på de enetages huse var hvidpudset træbeton og lave sadeltage med tagpap. Materiale manglen var stor, hvorfor der valgtes enkle og billige materialer.²⁶⁾

Det første egentlige forsøgsbyggeri blev Herlevhuse 1948-1950. De 262 små etplanshuse og en enkelt toetages forretningsbygning skulle bygges med metoder, som kunne anvendes ved det efterfølgende store byggeri i Bellahøj. I Herlev var der ikke tale om et egentligt elementbyggeri, idet skillevæggene støbtes på gulvet og løftedes op efter tilt-up metoden; de var bærende efter model fra Systemhuset i Ordrup.²⁷⁾ Derved kunne ydervæggene være store færdigfabrikerede enheder, som kun havde til opgave at skærme mod vejrlig og at isolere. Disse elementer støbtes i nærheden af byggeriet.

De 28 højhuse i Bellahøj blev Danmarks første punkthuse efter model af den franske arkitekt Le Corbusier – fritliggende med forholdsvis lille grundplan. Byggeriet havde en lang proces fra arkitektkonkurrence i 1944 til de sidste højhuse stod færdige i 1957. Husene skulle oprindeligt bygges efter tilt-up metoden, men undervejs valgtes den billigere glideforskalling efter model fra Sverige. Metoden havde ikke tidligere været anvendt til boligbyggeri, hvorfor den uflagerte arbejdskraft skulle omskoles. Byggeriet var fordelt på mange boligselskaber som bygherre og samtidig mange arkitekter og ingeniører. Ved to af husene anvendtes dog delvist præfabrikerede piller som bærende elementer.

Byggeriet var kun i ringe grad montagebyggeri, hvor de små grå elementer i ydervæggene, store hvide elementer til bånd og større elementer til altaner og trappeløb blev kørt til byggepladsen og ved hjælp af enkelt grej hejst op og monteret.²⁸⁾



Arkitekt Mogens Lassen og ingeniør Ernst Ishøj opførte i Ordrup i 1937 det nu fredede fem etages hus, hvor skillevægge i beton, som noget nyt var bærende i konstruktionen. Huset kaldtes optimistisk Systemhuset, men der byggedes kun et (foto: Seier+Seier).

Det blev ikke en ubetinget succes, da der ikke var tale om en billigørelse af byggeriet, hvilket tydeligt kom kraftigt frem i den offentlige debat. Man løste dog mange tekniske problemer, og samtidig fik man adresseret problemområder. Til eksempel betød planlægningsprocessen meget for et heldigt byggeri, og mange af de involverede bragte personligt erfaringerne videre i andre byggerier.

Første større byggeri udelukkende med betonelementer ved Engstrands Allé i Hvidovre var 15 % billigere end traditionelt byg-

geri. Det viste udregningerne efter to totalprojekteringer for dels murstensbyggeri og dels betonbyggeri.²⁹⁾ Byggeriet startede i 1952 med elementer støbt på en feltfabrik tæt på byggepladsen, og hvor en tørrelade med damp sørgede for hurtig hærdning natten over. Etageelementerne støbtes i glatte forme, så en maler let kunne færdiggøre undersiden til loft.³⁰⁾ Der blev gjort meget ud af hulafsætning i de støbte elementer, så det ikke efterfølgende blev nødvendigt at hugge hul for installationer. Det viste sig, at betonvæggene ikke fik en helt plan flade, hvorfor pudsning var nødvendig, og dette gav anledning til en konflikt med murerne.³¹⁾ De indhøstede erfaringer viste også, at det var nødvendigt med en større nøjagtighed i de præfabrikerede komponenters mål, og samtidig at metoderne for afsætning af mål på byggepladsen skulle forbedres.³²⁾

Erfaringerne videreførtes straks i byggeriet Strandhavevej i Hvidovre. Arkitektonisk var husene meget forskellige med et forbedret interiør og med svalegang på første sal med adgang til lejlighederne. Igen anvendtes den lokale feltfabrik. Denne gang blev også vægge støbt i så høj kvalitet i glatte forme, at pudsning ikke blev nødvendig efter en spartling; man var godt på vej mod et "tørt" byggeri. Desuden var skabe og køkkeninventar for første gang fabriksfremstillede klar til montering.³³⁾

Et større elementbyggeri kom først i gang, da Forsvarsministeriet i 1953 bestemte, at alle forsvarets nybygninger skulle projekteres og bygges som utraditionelt betonelementbyggeri. Kun de første fire kaserne var murstensbyggeri, men herefter fulgte et forceret elementbyggeri af mere end en halv million m² bebygget areal. Både ydervægge som skillevægge og tagkonstruktioner leveredes som præfabrikerede elementer med indvendige flader, som ikke krævede puds eller anden behandling inden maling. De militære anlæg var afsides beliggende, hvorfor der måtte etableres elementfabrik tæt ved byggerierne. Ved Skrydstrup etableredes således en delvis overdækket fabrik på ca. 50.000 m². Byggeriet gik hurtigt; et byggeri på 15.000 m² påbegyndtes midt i juli 1952, og alle huse var praktisk talt færdigmonterede inden årets udgang trods dårligt efterårsvejr.³⁴⁾

Byggeriet for forsvaret satte sig ikke teknologiske spor, men de store byggerier gav erfaringer om projektering og udførelse

Tegningen viser støbning af etageadskillelser på elementfabrikken Modulbeton i Ølstykke i 1962. Efter støbning kørtes elementerne gennem en tørreovn i 2½-3¼ time, hvorefter de placeredes på en lagerplads for at være mindst 2 uger gamle ved monteringen. Produktionen udførtes på to forskellige anlæg, hvor dækelementer støbtes liggende for indlæg af armeringsjern, mens vægelementerne var uden armering og kunne derfor støbes lodret med 8 magasiner ad gangen.³⁵⁾

af elementbyggeri.³⁶⁾ Dog fik firmaet Larsen & Nielsen ved lån fra Marshall-midlerne etableret en elementfabrik i Glostrup i 1951 efter at have fået sikkerhed på ordrer for en treårig periode.³⁷⁾

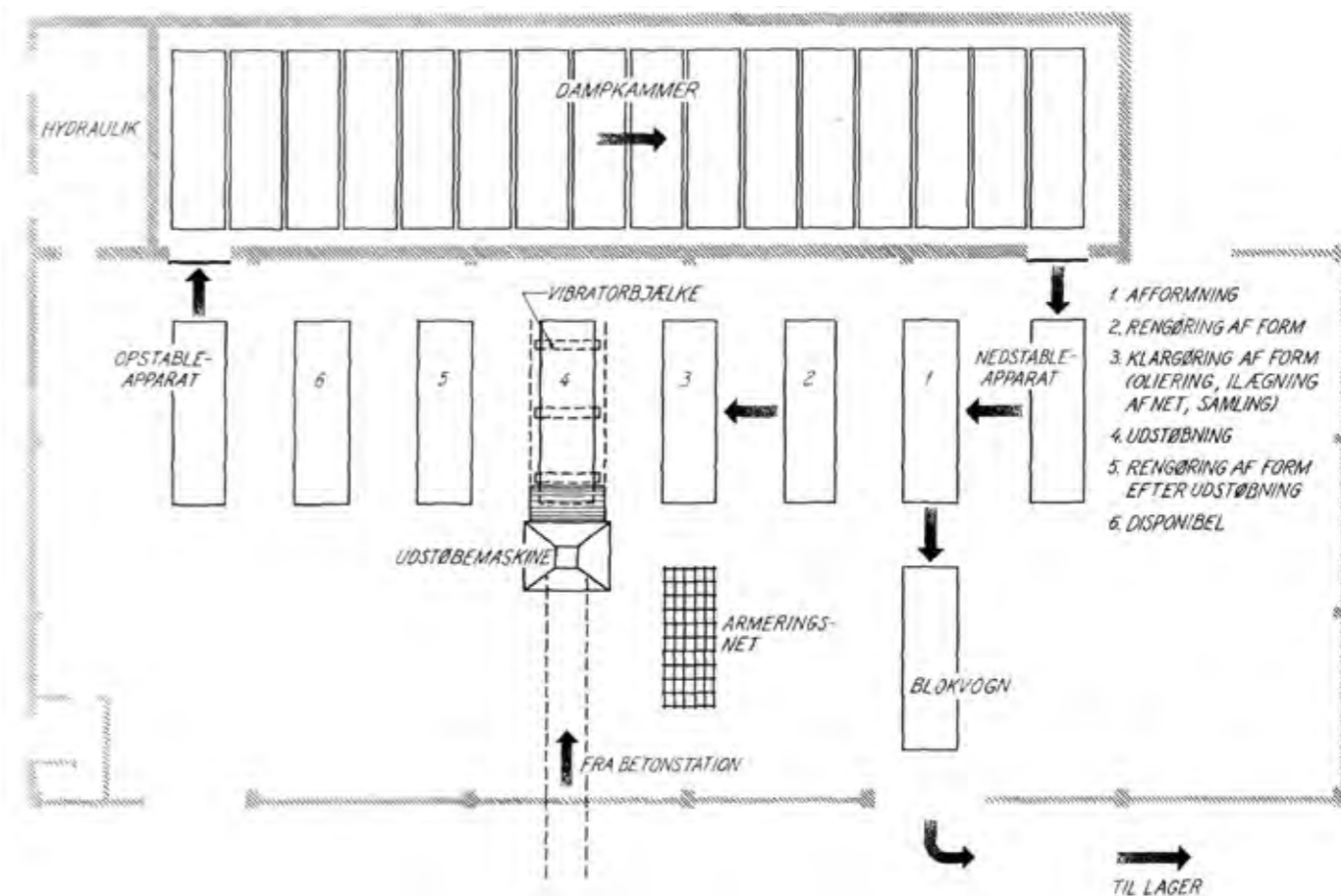
Landets hidtil større elementbyggeri kom i Rødovre og Brøndby kommuner, hvor bebyggelsesplanen i princippet godkendtes i 1952. Planerne omfattede 10 store højhuse på mellem 12 og 17 etager samt en række treetages huse for i alt 3.000 lejligheder. Boligministeriet var efter byggeriet af Bellahøj betænkelig ved udgifter til højhuse, og først efter et ultimatum om samme priser ved højhusene som ved de treetages blokke gav ministeriet byggetilladelse.³⁸⁾

Komplekset i Rødovre kaldes Milestedet. Selvom bebyggelsen fik seks forskellige bygherrer og seks forskellige arkitekter med forskellige løsninger i den ydre udformning, anvendtes ikke alene ens konstruerede betonkomponenter, men i stort omfang også af samme størrelse og detailudformning. Hverken vægge eller lofter blev pudset. Alle ydervægge leveredes fra elementfabrik som rumstore elementer af sandwichtypen. Man valgte rumstore elementer støbt i stålforskalling. Formene var næsten fem gange dyrere end de mindre holdbare træforme, hvorfor man ønskede dem genanvendt ved senere byggerier.³⁹⁾

Det første byggeri opført udelukkende med præfabrikerede elementer blev Klostervej i Viborg 1955-1956. Kun fundamentene til de 2- og 3-etages huse og fugerne mellem elementerne støbtes på stedet. Elementerne blev alle leveret fra en elementfabrik i Hobro og monteret med portalkran.⁴⁰⁾

Byggeriet af Torveparken i Gladsaxe af 336 lejligheder 1955-1957 videreførte principperne fra Milestedet, hvor nu også de bærende skillerum fremstilledes på fabrik. Installationer indstøbtes desuden fra fabrik, således at kun forbindelsen fra etage til etage monteredes på arbejdspladsen.⁴¹⁾ Med alle elementer leveret fra fabrik oplevede man, at tilkørselsrytmen måtte tilpasses meget nøjagtigt for at give en kontinuerlig arbejdsrytme for arbejdskraft og de maskinelle hjælpemidler.

Her i slutningen af 1950'erne var elementbyggeriets teknik og organisation færdigudviklet: et elementbyggeri i stor stil kunne sættes i gang.



GENNEMBRUDET – DE STORE PLANER

Byggeriets gode forhold stoppede brat i 1959 ved regeringens byggestop begrundet i en opbremsning af den overophedede økonomi. Byggestoppet blev paradoksalt nok starten på Danmarkshistoriens største byggeprojekt! Der indførtes en særordning for montagebyggeriet for at undgå, at mange firmaer ophørte og at produktionskapacitet blev afhændet. For første gang blev det derfor muligt at planlægge elementbyggeri for en længere tidsperiode.

Der udarbejdedes i 1960 en statslig plan for 7.500 lejligheder ved montagebyggeri, den såkaldte montagekvote. Et cirkulære angav nøje byggeriets udførelse. Det skulle være seriefremstilling, der skulle anvendes et fælles modulsystem,⁴²⁾ og bygningerne skulle have en ukompliceret udformning (altså ingen arkitektoniske detaljer). Ifølge cirkulæret, skulle de "enkelte byggeforetagender ... indordnes under et fælles produktionsprogram", og der skulle ske et samarbejde mellem bygherrerne "i den udstrækning, dette vil være nødvendigt af produktionstekniske hensyn".⁴³⁾

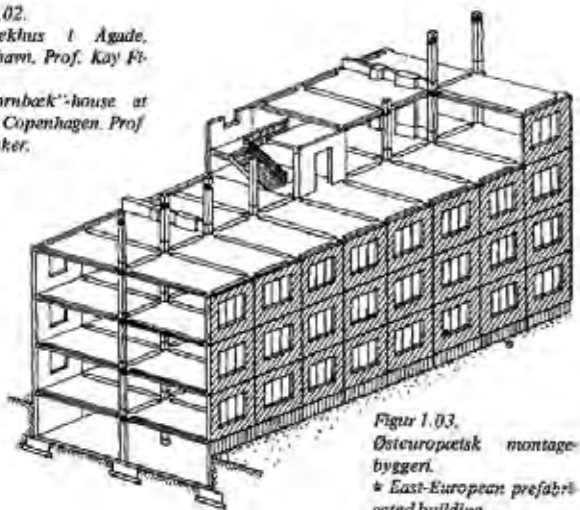
Den store kvote fordeltes på forskellige byggerier. Først kom Ballerup-planen fulgt af Gladsaxe, Albertslund, Sydjylland. Ballerup-planen var færdigprojekteret, mens de øvrige planer endnu ikke var nået så langt.⁴⁴⁾

Ballerup-planen på 1.700 lejligheder skulle omfatte byggerier tre steder i Ballerup-Måløv kommune. De projekterende teknikere bestod af fem arkitektfirmaer og to ingeniørfirmaer. Det fælles projekteringsgrundlag var udarbejdet af arkitekterne Svend Høgsbro fra AAB og Stig Svanholt fra Arbejderbo samt civilingeniør PE. Malmstrøm.⁴⁵⁾ Ministeriet fulgte byggeriet tæt, hvor blandt andet Boligministeriet havde sin chefarkitekt Marius Kjeldsen med ved månedlige møder.⁴⁶⁾ Gladsaxe-planen fulgte Ballerup-planen. Projekteringen udførtes af tre arkitektfirmaer i en fælles tegnestue, samt tre civilingeniørfirmaer, hvor gengangeren fra Ballerup-planen, PE. Malmstrøm, stod for konstruktioner.⁴⁷⁾ Albertslund var en helt ny by, og planen blev vedtaget endnu uden S-togs forbindelse.⁴⁸⁾ I modsætning til de øvrige planer under montagekvoten lå Sønderjyllandsplanen spredt i fem forskellige kommuner. De to- og treetages bygninger blev projekteret af fem arkitekter sammen med gengangeren PE. Malmstrøm.⁴⁹⁾

Et skøn i 1970 viste, at de ønskede besparelser ved at bygge med elementer blev nået. Mens en lejlighed ved det traditionelle byggeri i 1950 anvendte 1.500 timer, hvoraf de 1.100 timer var faglærte, blev det totale timetal nedsat til 400 timer med kun 200 timer for faglærte.⁵⁰⁾ Målet var nået.



Figur 1.02.
Hornbækhus 1 Agade,
København. Prof. Kay Fisker.
* „Hornbæk“-house at
Agade. Copenhagen. Prof.
Kay Fisker.



Figur 1.03.
Østeuropæisk montage-
byggeri.
* East-European prefabricated building.

I lærebogen fra DTH i 1975 om modulbyggeri beskrev man, hvorledes gentagelsesprincippet var vigtigt for rytmen i arkitekturen, men det hed også, at det kraftige virkemiddel skulle anvendes med talent til betagende virkninger, som ved professor Kay Fiskers Hornbækhus i København, men også at der var risiko for monotoni og kedsommelighed ved misbrug, som ved østeuropæisk montagebyggeri.⁵¹⁾

De store byggerier gav danske elementfabrikker en stærkt stilling. I perioder fandtes en stor eksport; billedet viser sending nummer 1.000 til Tyskland fra Specialbeton i Hjallesø i 1965. På den tid fandtes licensproduktion på 35 fabrikker i 20 lande, idet de danske firmaer ikke alene leverede elementer, men også know-how om drift af elementfabrikker, projekteringsledelse og byggeledelse.⁵²⁾

PROBLEMET FAGLÆRTE

Elementbyggeriet ændrede mange af byggeriets traditionelle forhold. Det gav en faglig interessekonflikt, da murerne kunne se en fare i, at deres arbejde bortrationaliseredes. Problemstillingen blev aktuel ved byggeriet af Engstrands Allé. Entreprenørfirmaet fik et krav fra mureres fagforening, om at murere også skulle montere elementer. Efter et forhandlingsforløb, strejkevarsel og trussel af blokade fra De samvirkende Fagforbund (i dag LO) afgjorde den faste Voldgiftsret, at en strejke var ulovlig. Om murerne havde ret til arbejdet skulle afgøres af en faglig opmand,⁵³⁾ og hans kendelse lød, at arbejdsgiveren måtte lade arbejdet være åbent for såvel fag- som ufaglærte, da det var et nyt arbejdsfelt, som ikke krævede større faglige kundskaber.⁵⁴⁾

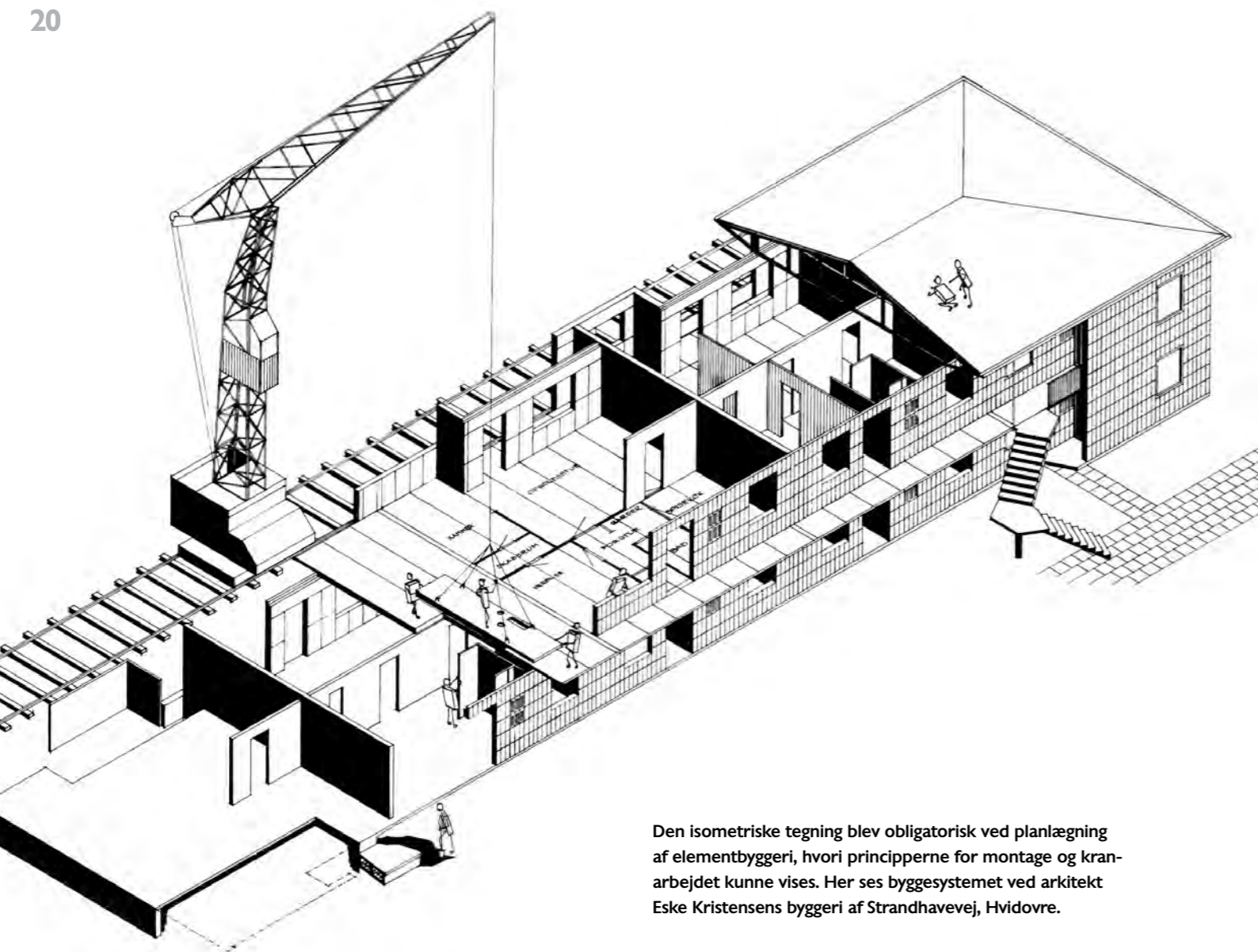
Det blev den eneste større konflikt, antagelig fordi de følgende år havde fuld beskæftigelse for murere. Der var dog en del mindre konflikter ved indførelse af nye arbejdsmetoder og materialer. Det fortælles fra Ballerup-planen, at tømrerne ønskede at montere etagehøje facadeelementer, men efter forhandling blev arbejdet fritstillet. På Gladsaxe-planen omdøbte man en zink inddækning til at være et fugebånd, hvorefter det ikke mere var blikkenslagerarbejde. De helt store problemer opstod til gengæld omkring arbejdsopgaver, som ifølge reglerne skulle udføres af autoriserede faglærte. Ilægning af elektrikerør på elementfabrikkerne hørte til dette arbejde, og her måtte elementfabrikkerne ansætte elektrikere.⁵⁵⁾

TRANSPORT AF ELEMENTER

Transport blev en vigtig del af byggeprocessen. Koordineringen af kørsel skete i et meget tæt samarbejde med den ansvarlige for byggeriets koordinering med en meget stram tidsplan, og transporten skulle fungere sammen med de to andre flaskehalse, elementproduktionen og montagen på byggepladsen.

Et eksempel fra elementbyggeriets storhedstid fra firmaet Larsen & Nielsen viser problemstillingen. Det leverede i 1969 ca. 10 boliger om dagen, hvilket blev til i alt 160.000 ton elementer fordelt på 65.000 enheder.⁵⁶⁾ Byggeplads og fabrik var bundet tæt sammen. Hvis montagen stoppede, ville elementlagrene over-





Den isometriske tegning blev obligatorisk ved planlægning af elementbyggeri, hvori principperne for montage og kranarbejdet kunne vises. Her ses byggesystemet ved arkitekt Eske Kristensens byggeri af Strandhavevej, Hvidovre.

fyldes, og snart ville fabrikken ikke kunne holde sin normale produktionshastighed. Byggetakten bestemtes af byggekranernes kapacitet med deres tæt på 100 % udnyttelse. Takten kunne således kun sættes op ved at indsætte flere kraner, hvilket var dyrt og krævede en langsigtet planlægning. Denne tætte sammenkobling mellem produktion, transport og montage gjorde systemet sårbart, idet blot en mindre forsinkelse eller et uheld betød spildtid ved montagen. For at udnytte byggekraner og andet dyrt udstyr, var man tvunget til at indrette mellemlagre både på fabrikationsstedet og på montagestedet.

Transporten foregik med sættevogne i flere udgaver med både reolvogne og fladvogne. Facader, gavle og vægge transporteredes med en reolvogn (R), mens dækplader transporteredes på fladvogn (F). Units i form af færdige badeværelsesenheder kørt på specielle fladvogne (U). Ud fra byggepladsens montage-takt planlagdes kørslen. Normalt kunne der transporteres 270 tons elementer på en dag. Læssene skulle derfor ankomme i et bestemt mønster med vogne i en række som R, R, R, U, R, F, R, F, F osv.

I 1955 blev den tilladte kørselsvægt for lastvogne næsten fordoblet til 32 ton. Selvom der tidligere kunne gives tilladelse til at køre med større vægte end det tilladte, var processen omstændelig og krævede ofte særlige og længere kørselsruter.⁵⁷ De nye regler næsten halverede transportudgifterne.

KRANER

En af de første gange man i Danmark anvendte byggekran, var ved Systemhuset i Ordrup i 1937.⁵⁸ Københavnerne så for alvor kraner ved opførelsen af den 12 etages høje Panoptikonbygning ved Hovedbanegården 1950-1952. Kranen var anskaffet af byggherren og stillet til rådighed for alle håndværkere på pladsen.⁵⁹ Det angives, at kranen forkortede byggetiden med ca. 3/4 år. Jord- og Betonarbejdernes Aktieselskab udførte byggeriet, og efter afslutningen på byggeriet ønskede selskabet at overtage kranen i sit fremtidige arbejde.⁶⁰

Det samtidige Telefonhuset på Borups Allé monteredes med endnu større elementer, og her foldede kranteknikken sig for

alvor ud.⁶¹ Da husets højde var 55 m, skulle der tre kraner til for at dække hele byggepladsen. I alt blev der ved Telefonhuset transporteret 23.000 t beton og 1.000 t armeringsjern.

Mangel på kraner var en flaskehals i byggeriet. Derfor var Boligministeriets Produktivitetsudvalg i 1953 med til at etablere Byggeriets Maskinstationer, BMS, sammen med Arbejdsgiverforeningen, De almennyttige Boligselskaber og Kooperationen.⁶² Formålet var at yde bistand til mindre og mellemstore firmaer, mens man regnede med, at store firmaer selv kunne skaffe og udnytte materiel.⁶³ De første kraner til udlejning valgtes ud fra Boligministeriets ønske om byggeri af mindre treetages boligblokke.⁶⁴ Ved starten havde BMS lager i Rødovre, og senere i København samt underafdelinger i Vordingborg, Kolding, Randers og Fyn.⁶⁵ I 1978 toppede antallet af kraner med 60 stykker.

Rationalisering ved hjælp af kraner indgik i "Forslag til forenkling af boligbyggeriets udførelse og organisation" fra Dansk Ingeniørforening i 1951.⁶⁶ Der arrangeredes også en delegationstur til USA for at se på kraner, men den viste sig i modsætning til mange øvrige rejser i Marshall-projektet ikke at give det store resultat. I USA benyttedes kraner kun til byggeri af småhuse.

Rationaliseringskonsulenter for byggeriet kom også til at sprede viden om, hvorledes man skulle indrette byggepladser med de store mobilkraner. Deres køreveje på skinner betød ændrede rutiner for oplagring af materialer og placering af hensyn til kranens rækkevidde. Samtidig skulle forbruget af materialer tilpasses kranens kapacitet, så byggematerialer kunne bringes frem i den rigtige rækkefølge, samtidig med at kranen blev udnyttet mest muligt.

MERE END BOLIGER

Artiklen har hidtil udelukkende omtalt boligbyggeri, men elementer blev i stort omfang også anvendt til andre bygninger. Til eksempel byggedes 65 % af industribygningerne med betonelementer.⁶⁷

I det følgende nævnes enkelte eksempler. Forinden skal lige præsenteres en ny og meget anvendt teknologi ved fabriksbygninger og andre bygninger med store spænd nemlig den såkaldte

forspændte beton, som i korthed består af beton spændt hårdt sammen med tråde eller stænger af stål. Forspændt beton findes i to udgaver: Ved strengbeton støbes cement omkring måske flere hundrede meter tynde opspændte tråde på fabrik.⁶⁸⁾ Strengbeton kan også anvendes til mindre bygningsdele, som ellers ikke kunne fremstilles i beton; allerede i 1950'erne fremstilledes betonvinduer til svømmehaller og ovenlysrammer til fabrikker.⁶⁹⁾ Den anden type forspændt beton er den såkaldte efterspændte beton, hvor betondelen støbes først, hvorefter en wire eller stang efterfølgende spænder stykket sammen.

Allerede i 1948 byggedes broer med forspændt beton. To broer i Haderslev fik plader støbt i København, mens en bro ved Lammefjorden fik sine plader støbt på stedet.⁷⁰⁾ Myndighederne ønskede at gennemprøve konstruktionen her i landet, hvorfor det gav amtsvejvæsenet materialebevilling til alle tre broer.⁷¹⁾

En af de første større bygninger med forspændt beton hos De forenede Textilfabrikker i Aalborg, hvor der i 1950 kunne holdes rejsegilde på en bygning på 5.000 m².⁷²⁾ En omfattende anvendelse af forspændt beton skete ved opførelse af NKT's store fabrikspark i Brøndby. I 1951 blev store tværdragere på 12 tons støbt på en feltfabrik ved byggepladsen til at klare et tryk på 16 tons.⁷³⁾

Fabriksfremstillede elementer kom også til industrien. Et af de første fabriksbyggerier bygget næsten udelukkende ved elementer var en bygning hos Mikroværk i Gladsaxe i 1951. På grund af firmaets presserende eksportordrer skulle byggeriet være færdigt inden for 4 måneder, hvorfor alle dele bortset fra lange krandrager blev støbt på fabrik.⁷⁴⁾

Den offentlige sektor voksede kraftigt i efterkrigsårene, og her anvendtes også de nye produktionsmetoder. Fra 1955 udgjorde ikke-erhvervsjendomme de fleste år mere end 10 % af det samlede bebyggede areal.⁷⁵⁾ Ved byggeriet af Rødovre Rådhus 1954-1955 tegnet af Arne Jacobsen blev der i stor udstrækning anvendt forspændte elementer.⁷⁶⁾

Et andet offentligt byggeri var skoler for Statens Åndssvageforsorg udført som montagebyggeri. Projekteringen af de første af 33 bygninger i det skræbete byggeri startede i 1961, og var uden de store arkitektoniske ambitioner langt fra tidens byggeri

af f.eks. rådhus. De bærende elementer var stålrammer, og plader til tag og loft leveredes færdige fra fabrik i England.⁷⁷⁾

Tilsvarende gik en række kommuner sammen om at bygge skoler i projektet "Rationelt Skolebyggeri", hvor Centralkontoret for praktiserende arkitekter på Fyn opførte 16 skoler på Fyn og en enkelt i Vejle.⁷⁸⁾

Standardiseret elementbyggeri i stor stil var dog ikke muligt for erhverv og institutioner på grund af de mange forskellige behov. Derimod udviklede byggebranchen efterhånden selv så mange standardelementer, at der til sidst alligevel nærmest var tale om et elementsystem. Rasmussen & Schiøtz havde således udviklet et "turn-key" system for etages produktions- og lagerhaller, som var baseret på søjler, dragere, tag og ydervægge af betonelementer.⁷⁹⁾

ELEMENTFABRIKKER

Der var ikke mange af landets mere end syvhundrede betonstøberier (1948), som i større stil kom i gang med at støbe dele til byggeriet.⁸⁰⁾ Kun KH Beton kom som nævnt ind i branchen, og etablerede datterselskabet Betonvarefabriken Sjælland. Allerede i begyndelsen af 1940'erne havde selskabet erhvervet rettighederne til strengbeton i Danmark,⁸¹⁾ men antagelig på grund af mangel på egnet stål begyndte strengstøbning først for alvor i 1951. Firmaet gik ind på markedet med færdige store betonlementer til boligbyggeriet, men produktionen ophørte dog i takt med at entreprenørfirmaernes elementfabrikker overtog markedet.

En anden elementfabrik var Skandinavisk Spændbeton, som i 1961 var blevet landets næststørste elementfabrik.⁸²⁾ Der opbyggedes et stort udvalg af standardelementer fra fabrikken, hvor især kraftige elementer stod i firmaets katalog.

I de første år var disse to virksomheder undtagelsen fra reglen om, at kun entreprenørselskaber drev store elementfabrikker. Der var ved de store byggerier et så stort behov for at samordne produktion og montage, at kun entreprenører kunne løfte opgaven.

Boligkomplekset Bellahøj, Danmarks første højhuse, var en fiasko bedømt isoleret. Det var ikke billigere end traditionelt byggeri, og man fandt ikke fremtidens byggeri. Men byggeriet var et nødvendigt led i en perlekæde af byggerier med eksperimenter med nye metoder. Samtidig kom en række af tidens vigtigste teknikere til at arbejde sammen under rammer givet af politikere og boligselskaber (foto: Kresten Hartvig Klit).



Ikke kun boliger, men også industri og handel anvendte elementbyggeri som her ved opførelsen af Århus Flæskehal i 1965. De lange bjælker af forspændt beton monteres af kran lejet af BMS, Byggeriets Maskinstationer (foto: Børge Venge, Den Gamle By).



De første elementer blev bygget ved såkaldte feltfabrikker opført i tilknytning til byggeriet, som det var tilfældet ved byggeriet af husene i Herlev og Engstrands Allé.

Efterhånden fremstilledes mindre elementer på egentlige fabrikker. Eksempelvis blev der til opførelsen af de første 1.600 lejligheder ved bebyggelsen Milestedet i Rødovre leveret facadeelementer fra fabrikker i København, Roskilde og endda for et af afsnittenes vedkommende fra Jylland.⁸³⁾

Entreprenørfirmaet Larsen & Nielsens etablerede som nævnt elementfabrik i Glostrup i 1951 efter at have fået den store ordre til forsvaret.⁸⁴⁾ Da staten ønskede store leverancer til Ballerup-planen og de efterfølgende byggerier, fik firmaet imidlertid ikke ordren. I stedet gik firmaet ind på modulbyggeri af etagebygninger efter model udviklet ved bebyggelsen Hyrdevangen i København, og der blev i alt leveret 2.700 lejligheder. Et senere system, LN-Bo, blev leveret til 8.000 lejligheder og det efterfølgende system, LN-NYBO, til ca. 2.400 lejligheder.⁸⁵⁾ Systemerne havde store elementer på fem ton, mens øvrige elementfabrikker nøjedes med op til to ton.⁸⁶⁾ Fabrikken firedoblede kapaciteten 1964-1967, hvorved den kunne producere 207.000 t i rekordåret 1971. På grund af byggekrisen faldt behovet, og fabrikken lukkede i 1974.⁸⁷⁾

Et andet entreprenørfirma med egen elementfabrik var et af landets største Højgaard & Schultz, som byggede meget andet end boliger. Med etableringen af elementfabrik i Herlev i 1950 kom firmaet med fra elementbyggeriets start.⁸⁸⁾ Ved siden af produktion af almindelige betonelementer, kom firmaet til at støbe den såkaldte chokbeton, som det i 1951 havde fået licens på for Skandinavien. Denne beton havde en smuk glat overflade samt en øget betonstyrke, hvorfor betonkonstruktioner kunne gøres spinklere. Metoden er velegnet til figurer herunder facadeelementer.⁸⁹⁾ Da byggeriet for alvor kom i gang i 1960'erne, etableredes yderligere en fabrik med chokbeton i Viby Sj. i 1965.

Elementfabrikken Modulbeton ejedes af entreprenørfirmaet Jespersen & Søn, men fabrikken leverede i sine første år elementer til andre entreprenørers arbejde og ikke til moderfirmaets. Det ændrede sig med vedtagelsen af montagekvoten, hvor firmaet fik størstedel af leverancerne. En ny moderne fabrik

med fuldautomatiske maskiner i Ølstykke kom til at støbe langt størstedelen af elementerne.⁹⁰⁾ Stordriften betød, at bygherrerne fik elementer til 20 % under den daværende normalpris.⁹¹⁾ Det begyndte med elementer til Ballerup-planen, og da der senere også kom produktion til Gladsaxe-planen, skulle der leveres 8 lejligheder om dagen, hvilket dagligt betød omkring 250 elementer.⁹²⁾

Der fandtes yderligere en del fabrikker. Rasmussen & Schiøtz startede først egen fabrik op i Ishøj i 1961, og den kunne levere facadeelementer med frilagte materialer eller mosaikstifter. Vest for Storebælt havde Betonfabrikken Godthåb og Specialbeton i Hjallesøe godt gang i fabrikationen af forskellige dele til byggeriet.

Da firmaet Dansk Velux så mulighed for at udvide sin vinduesproduktion med lette facadeelementer til Ballerup-planen, valgte man at bygge fabrik på Fyn. Den færdige fabrik, Gedsted Bygningsindustri, kunne i 1960 fremstille elementer på 1,2 x 1,8 m, som færdigmalet med isatte vinduesruder pakkedes i containere for transporten til Ballerup på en specialbygget trailer med 50 elementer ad gangen.⁹³⁾

NYE ROLLER OG SAMARBEJDSFORMER

Planlægningen af et større elementbyggeri nærmest krævede totalprojektering. Hele byggeprojektet skulle gennemarbejdes inden arbejdet blev igangsat. De projekterende måtte derfor tænke på, hvorledes arbejdet skulle udføres i marken og herunder organiseringen på arbejdspladsen. Det gav derfor en helt ny arbejdsform med et nøje samarbejde mellem de projekterende arkitekter og ingeniører og de udførende fabrikanter og entreprenører.

Projekteringen af utraditionelt byggeri tog lang tid med alle nødvendige detailtegninger, opmålinger, mængdeberegninger m.v. allerede, inden licitationen afholdtes. I 1953 regnede man med, at det ved et større byggeprojekt tog mindst 6-8 måneder. Til gengæld ville der kun være administrative opgaver under det efterfølgende byggeri, som så til gengæld kunne udføres på meget kortere tid.⁹⁴⁾

Den industrielle byggeteknik var ved at være færdig-udviklet, da Milestedet i Hvidovre blev færdiggjort i 1955-1957. Bebyggelsen blev bygget udelukkende med elementer, hvor en del fabrikeredes på en lokal feltfabrik. Først den samtidige bebyggelse Klostervænget i Viborg var et fuldt industrielt byggeri med alle elementer fra fabrik.

Især arkitektens rolle forandredes. I det traditionelle byggeri havde arkitekten været den naturlige projektkoordinator, planlægger, byggeleder og de facto tilsynsførende med rækken af fagentreprenører.⁹⁵⁾ I elementbyggeriet var han ikke mere den ledende person. For arkitekten blev det klart, at den tid var forbi, hvor denne faggruppe kunne alt om byggeri, og at ingeniører nu på visse områder havde den største indsigt, mens en lang række opgaver kun kunne løses gennem et intimt samarbejde mellem arkitekt og ingeniør.⁹⁶⁾ Eksempelvis måtte der samarbejdes omkring tegninger, som for et højhus som Milestedet løb op i omkring 200.

Boligministeriets Produktivitetsfundsudvalg var klar over, at dets arbejde ikke kun skulle dreje sig om teknik. Der indførtes en ordening med særlige rationaliseringskonsulenter til rådighed for hjælp ved tilrettelæggelsen af ikke kun projekteringen, men også ved praktiske forhold på arbejdspladsen herunder valg af udstyr so f.eks. kraner, da den overordnede flaskehals var kran-kapaciteten, som styrede hele byggetakten.⁹⁷⁾

Fra 1968 skulle byggeriet indordne sig under endnu et cirkulære. Alt offentligt støttet byggeri skulle fremover bygges på fast tid og til fast pris. Overskridelse af tidsplanerne betød højere bøder end hidtil. Herved blev der lagt et ekstra pres på en effektivisering af planlægningen. Ordningen fik ikke kun betydning for det støttede byggeri, men principperne gik også i stor udstrækning ud over det private byggeri.

Ved siden af disse regler fandtes stadig en fast styring af byggeriet. Boligministeriet skulle godkende alle støttede boligprojekter, hvorfor projekteringen alene af den grund skulle udføres meget omhyggeligt. Især ønskede ministeriet oplysninger om mandskabsforbruget både på byggeplads og på elementfabrik.⁹⁸⁾

STANDARDER OG NORMER

Normer og standarder er både en branches de facto anerkendelse af en fælles måde at løse et teknisk problem på, en faggruppes enighed om en fælles standard, men også regler besluttet af en overordnet myndighed. De frivillige normer kunne efterfølgende overtages af myndighederne. F.eks. kunne kom-

muner anvende normer til at godkende projekter ved blot at henvise til, at visse normer blev overholdt.⁹⁹⁾

I årtierne efter befrielsen kom der mange standarder og regler for byggeriet. Boligministeriet udsendte i en stadig stigende strøm forordninger, reglementer og fortolkninger, hvor der i det følgende kun er plads til at nævne et fåtal. Den måske vigtigste var ønsket om ensartede byggeelementer for rationalisering og billiggørelse af byggeriet. Mange initiativer udgik fra det rationaliseringsudvalg, som Dansk Ingeniørforening nedsatte i 1949. Sideløbende etablerede ministeriet sit rationaliseringsudvalg, som i 1953 omdannedes til Produktivitetsfundsudvalget med en bred deltagelse af ingeniører, arkitekter, håndværkere, entreprenører, producenter og andre aktører i byggebranchen.¹⁰⁰⁾

Udvalget anbefalede som det første en fast etagehøjde i boligbyggeriet. Hidtil havde fabrikerne leveret hele trappeløb i mange forskellige højder, men med en standard for trapperummets længde og bredde, kunne ikke alene trapper men også reposerne leveres færdige.¹⁰¹⁾

Standardisering af køkkener var vanskeligt at udføre, da byggerier altid havde mange forskellige løsninger for placering af ledninger for gas, aftræksrør, affaldsskakt osv. En standardisering gennemførtes på initiativ af de store bygherrer, og Fællesorganisationen af almenyttige danske boligselskaber i 1952 kunne offentliggøre et forslag, "Dansk Køkkensæt". Selskaberne stod for at skulle bygge 3-4.000 køkkener de følgende år, og en standard for mål ville give en betydelig besparelse. Udvalget var godt klar over, at de foreslåede forskellige installationsvarianter ikke dækkede alle kombinationer, men arkitekterne blev opfordret til at tænke problemstillingen ind i deres løsninger.¹⁰²⁾ Der blev tegnet køkkener af gode danske arkitekter, som ikke alene anvendtes af boligselskaber, men også til private boliger. De projekterende arkitekter behøvede kun at angive de enkelte elementers placering ved et nummer og derved spare tid ved ikke selv at skulle udføre detailtegning. Der kom først en officiel dansk standard på køkkener i 1964 efter forbillede fra det svenske SIS standard.¹⁰³⁾

Mange ønskede et modulsystem for de vandrette mål. Med sådanne standarder kunne ingeniørerne projektere meget hurtigere, og myndighederne efterfølgende godkende tilsvarende



hurtigt. Med elementer som standardvarer, kunne håndværkere give tilbud med fastpris med en meget mindre risiko.¹⁰⁴⁾ Det blev i øvrigt meget relevant efter cirkulæret i 1968 om fast pris og fast tid.¹⁰⁵⁾ I 1956 udgav Dansk Ingeniørforening pjecen "Modulordningen". Forslaget fik for alvor gennemslagskraft, da regeringen i 1960 vedtog montagekvoten. Heri stilledes krav om et fælles modulsystem for alle byggerier under kvoten. Alle husdybder skulle være delelig med 1,2 m, og alle spændvidder langs i huset delelig med 30 cm.¹⁰⁶⁾ Der var tilsvarende krav om en fast etagehøjde på 28M, som det i øvrigt havde været for boligbyggeri med statslån siden 1953.

En anden standard var elementernes udformning, men faktisk fungerede alle danske fabrikkers systemer i mange år som stort set et system. Det var muligt at sende et hvilket som helst projekt i udbud uden at skulle ændre tilbudsbeskrivelsen. Man konkurrerede ikke mere på den tekniske udformning, men på organisationstalent.¹⁰⁷⁾ Fabrikernes systemer var efterhånden blevet "åbne", idet Malmstrøms deltagelse i mange projekter nærmest gjorde hans system til en "de facto" standard godt begrundet af, at Malmstrøm selv var åben for andre med hensyn til at levere tegninger, beskrivelser og erfaringer.

Moderfirmaet Jespersen & Søn for Modulbeton påtog sig ingen montageentrepriser for at undgå en unfair konkurrencefordel frem for de andre entreprenørselskaber. Denne politik holdt indtil 1973, hvor firmaet udviklede "Jespersen systemet" eller "I2M"-systemet udviklet af arkitekten Børge Nagel og Malmstrøm. Herefter kunne firmaet arbejde på eksportmarkederne, hvilket Larsen & Nielsen havde gjort i mange år.¹⁰⁸⁾

Standardiseringen af moduler fortsatte til internationale initiativer: Således nedsatte Nordisk Råd en modulkomité, Den økonomiske samarbejdsorganisation for Europa, OEEC, startede i 1954 en indsats for modulkordination gennem sit produktivitetstitut, EPA i Paris og desuden arbejdede FN's kommission for Europa, ECE, Den internationale standardiseringsorganisation og Den Internationale Arkitektunion, UIA, med problematikken.¹⁰⁹⁾ I 1958-1960 udførtes forsøgsbyggeri i II lande ud fra 10 cm modulet, hvor byggeriet af Strandparken i Dragør var et dansk bidrag for standard af beton. Selvom det ikke straks blev

en international standard, så vedtog adskillige lande det som standard, ligesom det internationale standardiseringsorgan ISO fik forslaget til overvejelse.¹¹⁰⁾

AKTØRERNE

Aktørerne i den store omstillingsproces var mange. Stort set alle involverede i tidens byggeri måtte forholde sig til nye forhold og omstille vaner og dagligdag. Mange har bidraget til den nævnte udvikling, og en kort artikel kan kun nævne enkelte.

På den tekniske side bør arkitekt Mogens Lassen (1901-1987) og ingeniør Ernst Ishøj (1890-1859) nævnes for deres Systemhus fra 1937. Pioner for indførelse af forspændt beton var Christen Ostenfeld (1900-1976). Han troede – med rette – på konstruktionens muligheder og allerede fra begyndelsen af 1940'erne agiterede han for teknologien. Han var rådgivende ingeniør på mange brobyggerier, ligesom han hjalp byggeindustrien med viden om store bjælker og mindre elementer i strengbeton.¹¹¹⁾

Det var dog en anden kreds, som blev aktiv omkring den store omstilling af boligbyggeriet. Mange af gruppens medlemmer kan karakteriseres som fagbureaukrater med en høj faglig etos og med en selvstændig indsats for en fælles sag: billige boliger til almindelige mennesker.¹¹²⁾ En lille gruppe arkitekter, ingeniører og entreprenører arbejdede sammen på kryds og tværs i rationaliseringsudvalg, kommissioner, i vekslende projekterings- og montagesamarbejder og ved udarbejdelse af modulsystem, elementtyper og tids- og arbejdsplanlægning. Én af deltagerne har angivet, at "Dette tekniske provinsmiljø var antagelig også medvirkende til, at udviklingen gik hurtigt og konsekvent".¹¹³⁾

En central person var civilingeniør Poul Egon Malmstrøm (1917-1985), hvis rådgivende firma stiftet i 1950 i løbet af meget kort tid blev branchens førende. Han var i mange år aktiv i Ingeniørforeningen bl.a. 1948-1954 formand for bygningsingeniørgruppen og 1962-1966 formand for foreningen. Han sad centralt i udvalg og bestyrelser. Således var han formand for redaktionsudvalget for Ingeniøren 1951-1953 og for Foreningen af rådgivende ingeniører 1967-1970. Tillige var han en aktiv skribent med utallige faglige artikler og pjecer.¹¹⁴⁾



"Velfærdsingeniøren" vil man kunne kalde Poul Egon Malmstrøm (1917-1985). Han stiftede eget rådgivende ingeniørfirma i 1950, og herigennem var han de næste årtier med til at planlægge næsten alle de vigtigste montagebyggerier. Som formand for Dansk Ingeniørforening 1962-1966 prægede han den tekniske udvikling i de år, hvor velfærdssamfundet blev opbygget (Foto: Det Kongelige Bibliotek).

Chefingeniøren hos P.E. Malmstrøms ingeniørfirma var i mange år Johs. F. Munch-Petersen (1928-2012).¹¹⁵⁾ Han var aktiv i Dansk Ingeniørforenings udvalg for byggeriets rationalisering, og han blev sekretær for de tre af de fire arbejdsudvalg samtidig med at han var sekretær for hovedudvalget.¹¹⁶⁾ Han blev professor DTH i 1970.

En række arkitekter var aktive i arbejdet for et mere moderne byggeri. Eske Kristensen (1905-2000) var med fra starten, og tegnede bygninger sammen med kendte arkitekter som Kay Fisker og C.F. Møller. Han underviste på Kunstakademiet 1935-1955, var med i Det danske moduludvalg og formand for Dansk Standardiseringsråds fagråd for byggeri 1961-1976 m.m. Kristensen kaldes i sin biografi for "velfærdsarkitekten" for sin deltagelse i mange af tidens store byggerier heriblandt de "utraditionelle" byggerier som Herlevhuse, Engstrands Allé, Bellahøj og Milestedet.

Arkitekt Gunnar Milthers (1901-1995) arbejde for Arbejderne Andels Boligforening gjorde ham kendt. Hans store gennembrud blev to af højhusene i Milestedet og otte 3-etages blokke i Rødovre 1954-1960, han fortsatte med Lilletoften i Skovlunde 1959-1961 og deltog senere i projekteringen af Ballerup-Planen.

Arkitekt Svend Høgsbro (1911-1998) var sammen med Milthers arkitekt på Milestedet, og havde ellers som chefarkitekt i Arbejderne Andels Boligforening indtil 1963 en stor andel i tidens store byggeprojekter herunder Ballerup-planen samt senere i Brøndby Strand.

Boligministeriet ansatte et par personer, som på hver deres måde stod bag planerne om "utraditionelt byggeri" fra 1953 og Montagekvoten i 1960. En central person var Axel Skalts (1906-1970), som udnævntes til departementschef ved ministeriets etablering i 1947.¹¹⁷⁾

Marius Kjeldsen (1924-2004) blev som færdiguddannet arkitekt i 1950 samme år ansat i Boligministeriet og blev afdelingsarkitekt i 1962. Han var sekretær i det vigtige Boligministeriets produktivtetsudvalg 1953-1971 og fungerede som redaktionssekretær ved tidsskriftet Byggeindustrien 1957 og som redaktør fra 1961.¹¹⁸⁾

For ministeriet var tillige ingeniør W.R. Simonsen (1900-1982) beskæftiget som konsulent i industrialiseringssspørgsmål. Han arbejdede tæt sammen med branchens folk via sin deltagelse i

teknikerudvalget omkring Bellahøj. Han sad samtidig centralt placeret som ansvarshavende redaktør af tidsskriftet Byggeindustrien.

Fra entreprenør-selskaberne sad lederne af de store firmaer, som er omtalt andetsteds i artiklen. Aktører var også boligselskaberne med de vigtige AAB, AKB, Arbejderbo og KAB; sidstnævnte med datterselskabet DOMINIA som byggeansvarlig, og ved byggeriet af Gladsaxeplanen med seks boligselskaber involveret, havde alle overladt administrationen til Arbejderbo.¹¹⁹⁾

KONKLUSION

Danmarks store boligmangel i efterkrigsårene blev elimineret på få årtier. En bevidst satsning på industrialiseret byggeri gav mange familier store moderne boliger med alle tidens bekvemmeligheder som køleskab, elkøleskab og adgang til vaskemaskine. Den totale omstilling af byggesektoren tog kun 15 år, så man allerede omkring 1960 var klar til de følgende års store byggerier.

Omstillingen skete på mange områder samtidig. Selvom den ministerielle embedsmand tættest på cirkulæret, arkitekt Marius Kjeldsen, nedtonede statens rolle: "Det må ikke glemmes, at udviklinger sjældent skabes af administrativ vej – en allerede begyndt udvikling kan mere eller mindre fremmes ad sådanne kanaler, men heller ikke mere,"¹²⁰⁾ så var der en politisk vilje, da det nyetablerede Boligministeriet styrede udviklingen gennem målbevidst långivning og behændig rationering af bygningsartikler. Desuden udvikledes bevidst de "fem redskaber" til at styre udviklingen: standardisering, modulkordination, landsdækkende bygningsreglement, funktionskravformulering og langtidspanlægning.¹²¹⁾

Statens samarbejde med etagebyggeriets bygherrer skete ofte i samarbejde med de sociale boligforeninger, hvis grundlag allerede var lagt i 1930'erne, men hvor de gennem det industrielle byggeri opnåede en dominerende styrke på boligmarkedet.

Artiklen har fulgt det syn på velfærdshistorien, som Peter Thule Kristensen i bogen om Eske Kristensen konkluderer, at den "også inddrager bygninger og design på lige fod med lovtekster, når vi beskriver velfærdsstatens anatomi." og ikke som velfærdshistorie har haft tendens til at redegøre "for lovgivning,

betænkninger, partiprogrammer og overenskomster, som om det skrevne ord alene udgjorde velfærdsstatens byggesten.¹²²⁾ Byggeriets natur kan kun fattes ved at beskrive byggepladsernes virkelighed.

Mens en industrivirksomhed er et veldrevet hierarki, skal der ved hvert nyt byggeri skabes en midlertidig organisation, når byggeriet sker på skiftende lokaliteter, med skiftende opgaver og med skiftende sammensætning af aktører fra forskellige firmaer, bygherrer og leverandører. Denne virkelighed kan forstås gennem begrebet *teknologisk tradition*, hvor en tradition er en sammenhængende teknisk løsning med en total sum af viden og teknologisk kunnen.¹²³⁾ Til tradition vil jeg også medtage store dele af de politiske og organisatoriske rammer. Byggebranchen er et af de mindst fleksible erhverv med en indbygget modstand mod teknologisk forandring, fordi der er en særlig risiko ved store og derved dyre bygningsværker, som skal holde i årtier.

Forandring af en teknologisk tradition sker ikke ved revolutionære teknologiske nybrud, men gennem en stadig og gradvis forbedring af nye idéer. Byggeri er ikke baseret på grundvidenskab. Meget udvikles gennem ”try and error”. I den lange perlerække af byggerier afprøves nye metoder, hvor de vellykkede videreføres ved nye byggerier, mens de mindre vellykkede løsninger erstattes gennem nye eksperimenter.

Bag den hektiske udvikling stod en ret snæver kreds af arkitekter, ingeniører, bygherrer, entreprenører og fabrikanter. De udviklede en dansk løsning for elementbyggeri ofte baseret på indvendige bærende vægge og med facadeelementer uden bærende funktioner. Selvom facadeelementerne ikke mere behøvede at være af beton, gjorde man det ofte af økonomiske årsager for at have et materiale, der kunne beholde sit udseende over lang tid. Væg- og loftelementer fremstilledes ofte på elementfabrikkers gode forme, således samlinger kunne ske ved ”tørre samlinger”, hvilket medvirkede til et hurtigt byggeri – også om vinteren.

Elementbyggeri var afhængigt af meget. Et effektivt transport-system var nødvendigt fra elementfabrikker og til de skiftende byggepladser. Det angives af Jørgen Sestoft i værket *Danmarks Arkitektur* (1985), at byggeriets sene industrialisering skyldtes, at

den forudsatte et fintmasket transportsystem med stor kapacitet. Det lyder sandsynligt; ikke mindst den fordoblede vægtgrænse i 1955 betød, at den industrielle produktion for alvor blev konkurrencedygtig.¹²⁴⁾

Kraner blev nødvendige for montage, og i løbet af få år anskaffedes et rimeligt antal. De var flaskehals i byggeriet, hvorfor der skulle en nøje planlægning til af montagen og øvrige opgaver. Den nøje planlægning skulle også ske ved projektering af byggerierne. I takt med at projekterne blev større, voksede kravene til planlægningen. I denne proces ændredes meget af byggeriets væsen. Håndværket mistede sin dominerende stilling, hvor håndværksmestre og delvis også arkitekter fik mindre magt. Derimod var ingeniørerne vigtige, og som ny ”magthaver” i processen kom entreprenørerne ind for at bestemme byggerytme og andet i den praktiske udførelse.¹²⁵⁾ Byggeprocessens nøjagtighed betød også, at entreprenørfirmaerne etablerede de elementfabrikker, de skulle arbejde tæt sammen med.

En ny teknologisk tradition var skabt efter 15 år hektisk udvikling. Fra 1960 kunne det industrialiserede byggeri for alvor udfolde sig som et vigtigt supplement til det traditionelle byggeri.

Litteratur

- Andersen, M. Folmer (1956): Et utraditionelt rådhus i Rødovre. I: *Byggeindustrien* (10. december), s.417–426.
- Bentzen-Bilkvist, Ole (1970): Transportstyring i montagebyggeriet. I: *Transport II* (3), s.21-22, 25-26.
- Bertelsen, Sven (1997): *Bellahøj - Ballerup - Brøndby Strand. 25 år der industrialiserede byggeriet*. Hørsholm: SBI.
- Bjørkto, Roar (1958): Modulkoordinering i bygningsindustrien. I: Norges byggforskningsinstitut (udg.): *Nyere metoder i betongbyggeri Norges byggforskningsinstitutt's kurs*. Oslo, s.56–61.
- Boligministeriet (udg.) (1955): *Betænkning afgivet af Byggelovsudvalget af 1948. Betænkning nr. 141*.
- Boligministeriet (udg.) (1957): *Bygge- og boligforholdene 1946-56. En redegørelse for udviklingen i tiden siden Boligministeriets oprettelse*. København.: Boligministeriet.
- Bresnen, Mike; Marshall, Nick (2000): Building partnerships: case studies of client–contractor collaboration in the UK construction industry. I: *Construction Management & Economics* 18 (7), s.819–832.
- Burchardt, Jørgen (2017): *Gods på vej. Vejtransportens danmarkshistorie : forsyningskæder, teknologi, regulering*. Ringe, Helsingør: Forlaget Kulturbøger; Danmarks Tekniske Museum.

- Burchardt, Jørgen (2018): From invention to production. The introduction of prestressed concrete. I: Wouters, Ine, Voorde, Stephanie Van de, Inge Bertels (red.): *Building knowledge, constructing histories Vol. I*. Bruxelles, s.409–416.
- Byggeriets Maskinstationer (udg.) (2003): *BMS 50 år*. Rødovre: BMS.
- Danmarks Statistik (udg.) (1951): *Arbejdsløsheden 1950*. København: Danmarks Statistik.
- Denoël, Jean-François; Espion, Bernard; Hellebois, Armande; Provost, Michel (red.) (2013): *Histoires de Béton Armé. Patrimoine, Durabilité et Innovations*: FEBELCEM & FABI, Bruxelles.
- Dinges, Tyson (2009): The history of prestressed concrete: 1888 to 1963. Kansas State University.
- Dybdahl, Lars (2008): Scientific management i ’hjemmets fabrik’. I: Lars Dybdahl, Ida Engholm (red.): *Design: køkkenet*: København: Gyldendal, s.25–46.
- Ejlers, Erik; Graversen, Henning (1962): Montageskoler for Statens Åndssvageforsorg. I: *Byggeindustrien* (9), s.149–153.
- Elzen, Boelie (1986): Two ultracentrifuges: A comparative study of the social construction of artefacts. I: *Social Studies of Science* 16 (4), s.621–662.
- Engholm, Ida (2008): Forstadens drømmekøkken. I: Lars Dybdahl, Ida Engholm (red.): *Design: køkkenet*: København: Gyldendal, s.81–100.
- Gravesen, Frits (1981): *Træk af byggeriets udvikling 1920-77*. Lyngby: Institut for Husbygning (IFH-rapport, 148).
- Grue, Olav (1967): *Byggevirksomheden og den økonomiske udvikling*. København (Studier/Københavns universitets Økonomiske institut, 12).
- Harris, Graham (2007): Ove Arup and Box Frame Construction. I: *Construction History* 22, s.61–73.
- Hartmann, Johan (1952): Synspunkter ved valg af byggekran. I: *Byggeindustrien* (august), s.229–232.
- Hartoft-Nielsen, E. (1951): Træsituationen – og udsigterne fremover. I: *Byggeindustrien*, s.53–56.
- Hashemi, Arman (2013): Review of the UK housing history in relation to system building. I: *ALAM CIPTA, International Journal of Sustainable Tropical Design Research and Practice* 6 (1), s.47–58.
- Hastrup, Bjarne (1972): *Murerfagets fremtidige muligheder*. Rapport. København: Håndværksrådet.
- Heiberg, Edvard (1952): Elementkøkkener. I: *Byggeindustrien* (november), s.335-338.
- Høgsbro, Svend (1952): Mulighederne for boligbyggeriets udvidede rationalisering. I: *Byggeindustrien* (oktober), s.293–298.
- Jacobsen, Torsten Cumberland; Forsvarets Bygningstjeneste (red.) (2002): *Forsvaret i byggeriet – byggeriet i forsvaret. Forsvarets Bygningstjeneste 1952-2002*. København: Forsvarets Bygningstjeneste.
- Jensen, Arno (1954): Prefabrikerede bygningsdele. I: *Byggeindustrien* (25. januar), s.27–30.
- Jensen, Kurt Boye (1990): *Rønne kommuneatlas. Bevaringsværdier i byer og bygninger 1990*. København: Miljøministeriet.
- Jones, Peter; Arup, Ove Nyquist (2006): *Ove Arup: Masterbuilder of the twentieth century*. Yale University Press.
- Jørgensen, Lisbet Balslev (1998): *Arkitekten Mogens Lassen. En biografi*. København: Arkitektens Forlag.
- Jørgensen, Ulrik; Schou Pedersen, Lars (1983): *Rapport. Kompetenceopbygning i industrialiseringsprocessen*. Lyngby: DTH.
- Kjeldsen, Marius (1956): En milepæl på Roskildevej. I: *Byggeindustrien* (25. maj), s.163–168.

- Kjeldsen, Marius (1961): Byggeriets udvikling fra 1950-60. I: *Byggeindustrien* (sæmnummer), s. 5-12.
- Kjeldsen, Marius; Simonsen, W. R. (1965): *Industrialised Building in Denmark*. København: International Council for Building Research Studies and Documentation.
- Kjærgaard, Poul (1955): Arkitekten og byggeteknikken. I: *Arkitekten* (4).
- Kristensen, Eske (1951): Trapper, helt færdigstøbte? I: *Byggeindustrien* (marts), s.117–120.
- Kristensen, Eske (1953): Uttraditionelt byggeri. I: *Byggeindustrien*, s.283–286.
- Kristensen, Eske (1954): Hvad har vi lært af Engstands Allé og Bellahøj? I: *Byggeindustrien* (10. februar), s.43-51, 58.
- Kristensen, Eske (1958): Trekk av montasjebyggeriets utvikling i Danmark. I: *Nyere metoder i betongbyggeri Norges byggforskningsinstitutt's kurs*. Oslo, s.62–71.
- Kristensen, Eske; Malmstrøm, P. E. (1952): Rækkehuse til familier med 3 à 4 børn. I: *Byggeindustrien*, s.165-168.
- Kristensen, Peter Thule; Schoop, Kenn; Lindhe, Jens (2017): *Svenn Eske Kristensen - velfærdsarkitekten*. København: Aristo.
- Lind, Olaf; Møller, Jonas (1996): *Bag hækken. Det danske parcelhus i lyst og nød*. København: Arkitektens Forlag.
- Lind Larsen, Morten; Riis Larsen, Troels (2007): *I medgang og modgang. Dansk byggeri og den danske velfærdsstat 1945-2007*. Ballerup: Byggecentrum.
- Manniche, N. J. (1952): Et byggeri uden stilladser. I: *Byggeindustrien* (januar), s.7–10.
- McCutcheon, Robert (1975): Technical change and social need: the case of high rise flats. I: *Research Policy* 4 (3), s.262–289.
- Meister, Knud (1978): *25 løfterige år*. København: Byggeriets Maskinstationer.
- Munch-Petersen, Johs. F. (1962): Ballerupplanen 3: Betoneleneter (I). I: *Byggeindustrien* (19), s.332–336.
- Munch-Petersen, Johs. F. (1980): *Politiske & teknologiske initiativer*. Lyngby: Danmarks Tekniske Højskole. Institutet for Husbygning (Rapport, nr. 149).
- Munch-Petersen, Johs. F. (1981): K. *Hindhede. Bilag 2 til Knud Erik Skouby: Virksomhedsøkonomi*. Lyngby (Ifh-rapport, 152).
- Munch-Petersen, Johs. F. (1985): Byggeteknologiens udvikling. I: Institut for Husbygning (udg.): *Boligbyggeriet i Danmark efter anden verdenskrig Kompendium*, s.2-1 - 2-30.
- Munch-Petersen, Johs. F. (1985): Faser, parter og fagområder i et byggeri's planlægning og udførelse. I: Institutet for Husbygning (udg.): *Boligbyggeriet i Danmark efter anden verdenskrig. Kompendium*, s.3-1-3-18.
- Møller, Thomas Traasdahl, Nielsen, Erling Busch; Valeur, Ib (2002): Enkelte af Bygningstjenestens større ingeniørarbejder. I: Torsten Cumberland Jacobsen (red.): *Forsvaret i byggeriet – byggeriet i forsvaret. Forsvarets Bygningstjeneste 1952-2002*. København: Forsvarets Bygningstjeneste, s.105–127.
- Nissen, Henrik (1975): *Modul og montagebyggeri*. Lyngby: Polyteknisk Forlag.
- Olsen, Thorkild (1963): Fabrikation af lette facadeelementer. I: *Byggeindustrien*, s.112–115.
- Ostenfeld, Chr. (1942): Armering af jernbetonkonstruktioner. I: *Moderne betonteknik. Betonteknikens udvikling gennem de senere aar. Foredrag og diskussioner*. København, s.98–130.
- Rambøll, B. J. (1955): *Rationelt byggeri*. København: Teknisk Forlag.
- Rosling, N. E. (1963): En standard industrihal. I: *Byggeindustrien* (19), s.990–995.
- Sanabra-Loewe, Marc (2016): Why did modern post-tensioned floors flourish in the US and not in Europe – a matter of tradition? I: James W.P. Campbell et al. (red.): *Further Studies in the History of Construction*. Cambridge: Construction History Society, s.381–392.

Schoop, Kenn (1994): *At bygge boliger. FSBs historie 1933-1994*. København: FSB, Foreningen Socialt Boligbyggeri.

Sestoft, Jørgen (1962): Udviklingen af industriens bygningsformer. I: *Tidsskrift for Ingeniør- og Bygningsvæsen* (10/2).

Sestoft, Jørgen (1985): *Arbejdets bygninger*. København: Gyldendal (Danmarks arkitektur, [2]).

Simonsen, W. R.; Munch-Petersen, Johs. F. (1957): *Montagebyggeriet i dag*. København.

Simonsen, W.R. (1955): Maskinstationer, konsulenter og oplysningstjeneste for byggeriet. I: Henry Frænkel (red.): *Håndbog for Bygnings-Industrien*, København, Nyt Nordisk Forlag, s. 718-722.

Skak, Johs.; Munch-Petersen, Johs. F. (1962): Ballerupplanen 4: Elementfabriken Modulbeton. I: *Byggeindustrien* (22), s.387-391.

Slots- og Kulturstyrelsen (udg.) (2017): *Fredede bygninger. Februar 2017*. København.

Suenson, E. (1911): *Byggematerialer*. København: Gjellerup.

Vale, Brenda (1995): *Prefabs. A history of the UK temporary housing programme*. London: Spon (Studies in history, planning, and the environment, 17).

Wærum, Jul (1970): Planlægning og koordinering af byggeriets transport. I: *Transport* (3), s.16-19, 26.

Noter

- 1) Boligministeriet 1957, s. 25.
- 2) Danmarks Statistik 1951, s.30-31.
- 3) Hartoft-Nielsen 1951.
- 4) Danmarks Statistik, Tiårsoversigt + Statistisk Årbog, diverse år, Bjarne Hastrup: "Murerfagets fremtidige muligheder", Håndværksrådet 1972. Citeret fra Jørgensen og Pedersen.
- 5) Byggeindustrien november 1952, s. 323.
- 6) McCutcheon 1975, Jones 2006, Harris 2007 og Vale 1995.
- 7) Kjeldsen 1961.
- 8) Lind og Møller 1996.
- 9) Ingeniøren 18/5 1957.
- 10) Ingeniøren 2/2 1957.
- 11) Jørgensen og Pedersen 1983, s. 147-152.
- 12) Jørgensen og Pedersen 1983, s. 119-120.
- 13) Jørgensen og Pedersen 1983, 1959-163.
- 14) Hjemmeside for Forstadsmuseet, tilgæet 12/8 2018.
- 15) Hjemmeside for danskbyggeskik.dk, emne "Medier", tilgæet 14/8 2018.
- 16) Dansk Filminstitut. Hjemmeside, emner "Huse til mennesker" og "Til hus-behov"; tilgæet 14/8 2018.
- 17) Suenson 1947.
- 18) Danmarks StatistikStatistisk Tabelværk 1963:VII .
- 19) Munch-Petersen, Johs. F. 1981.
- 20) Aftenbladet 30/9 1947.
- 21) Ingeniøren 2/8 1968, s. 8-10.
- 22) Nationaltidende og Land og Folk 21/10 1948.
- 23) Jensen 1990.
- 24) Gravesen 1981.
- 25) Munch-Petersen 1981. Andetsteds er angivet årstallet 1934 i stedet for 1931.
- 26) Kjeldsen 1956.
- 27) Jørgensen 1998, Rambøll 1955, s. 173-174 og Slots- og Kulturstyrelsen 2017.
- 28) Kristensen 1958.

- 29) Kristensen og Malmstrøm 1952.
- 30) Byggeindustrien august 1952, s. 240-241.
- 31) Kristensen 1954.
- 32) Kristensen 1958.
- 33) Kristensen 1958.
- 34) Møller, Nielsen og Valeur 2002.
- 35) Skak m.fl. 1962.
- 36) Munch-Petersen 1980, s. 30.
- 37) Jørgensen og Pedersen 1983, s. 92-93.
- 38) Byggeindustrien 10. maj 1955, s. 161-162.
- 39) Kjeldsen 10. juni 1956.
- 40) Kjeldsen 1961.
- 41) Kristensen 1958.
- 42) Byggeindustrien nr. 17, 1961, s. 299-317.
- 43) Cirkulære Boligministeriet 30. marts 1960.
- 44) Byggeindustrien nr. 17, 1961, s. 299-317.
- 45) Byggeindustrien nr. 17, 1961, s. 299-317.
- 46) Munch-Petersen 1980, s. 54.
- 47) Byggeindustrien nr. 17, 1961, s. 299-317.
- 48) Byggeindustrien nr. 17, 1961, s. 299-317.
- 49) Byggeindustrien nr. 17, 1961, s. 299-317.
- 50) Munch-Petersen 1980, s. 2 og 6.
- 51) Nissen 1975, s. 13-14.
- 52) Munch-Petersen 1980, s. 58.
- 53) Byggeindustrien december 1952, s. 372-374.
- 54) Kristensen, Schoop og Lindhe 2017, s. 91-93.
- 55) Jørgensen og Pedersen 1983, s. 76-77.
- 56) Bentzen-Bilkvist 1970.
- 57) Burchardt 2017.
- 58) Rambøll 1955, s. 173-174.
- 59) Byggeindustrien maj 1951, s. 186.
- 60) Hartmann 1952.
- 61) Berlingske Tidende 4/11 1951.
- 62) Simonsen 1955.
- 63) Meister 1978, BMS 2003 og Wærum 1970.
- 64) "Flere og billigere boliger", Produktivitetsnyt, nr. 4, 1954, s. 15-17.
- 65) BMS 2003.
- 66) Hartmann 1952.
- 67) Munch-Petersen 1980 og Jørgensen og Pedersen 1983, s. 9-10 (skønnede tal baseret på oplysninger fra Betonelementforeningen).
- 68) Burchardt 2018.
- 69) Jensen 1954.
- 70) Kallundborg Avis 7/10 1948.
- 71) Holbæk Amts Venstreblad 6/10 1948.
- 72) Aalborg Amtstidende 26/10 1951.
- 73) Land & Folk 28/9 1951.
- 74) Manniche 1952.
- 75) Grue 1967.
- 76) Andersen 1956.
- 77) Ejlers og Gravesen 1962 og Byggeindustrien nr. 3, 1963, s. 38-39
- 78) Kjeldsen og Simonsen 1965, s. 112-115.
- 79) Rosling 1963.
- 80) Danmarks Statistik, Erhvervsstrukturen 1948-1958. 1970.

- 81) Ostenfeld 1942.
- 82) Ingeniøren 2/8 1968, s. 8-10, og Rigsarkivet, Industriel Produktionsstatistik 1961, Danmarks Statistik.
- 83) Kristensen 1958.
- 84) Jørgensen og Pedersen 1983, s. 92-93.
- 85) Munch-Petersen 1980, s. 35 og Byggeindustrien, nr. 18 1963, s. 914-915.
- 86) Bertelsen 1997, s. 75-76.
- 87) Jørgensen og Pedersen 1983, s. 94-95.
- 88) Bertelsen 1997, s. 80-81.
- 89) Ingeniøren 22/9 1951.
- 90) Munch-Petersen 1962.
- 91) Schoop 1994, s. 112.
- 92) Skak og Munch-Petersen 1962.
- 93) Olsen 1963.
- 94) Kristensen 1953.
- 95) Munch-Petersen 1985, s. 3-II.
- 96) Kjærgaard 1955.
- 97) Jørgensen og Pedersen 1983, s. 83-85.
- 98) Byggeindustrien nr. 12, 1963, s. 655.
- 99) Jørgensen og Pedersen 1983, s. 56-57.
- 100) Kristensen, Schoop og Lindhe 2017, s. 439 og Kjeldsen 1961, s. 5.
- 101) Kristensen 1951.
- 102) Heiberg 1952 og Dybdahl 2008. Dybdahl angiver dog 1953 som oprettelsesår.
- 103) Engholm 2008.
- 104) Høgsbro 1952.
- 105) Jørgensen og Pedersen 1983, s. 41-42.
- 106) Byggeindustrien nr. 17, 1961, s. 299-317.
- 107) Munch-Petersen 1980, s. 42.
- 108) Bertelsen 1997, s. 74-75.
- 109) Bjørkto 1958.
- 110) Byggeindustrien nr. 9, 1962, s. 145-148.
- 111) Burchardt 2018.
- 112) Kristensen, Schoop og Lindhe 2017, s. 114 og Den Store Danske, opslag "Fagbureaukrati".
- 113) Munch-Petersen 1980.
- 114) Den Store Danske, opslag P.E. Malmstrøm.
- 115) Jørgensen og Pedersen 1983, s. 13-14.
- 116) Simonsen og Munch-Petersen 1957.
- 117) Dansk Biografisk Leksikon, opslag Axel Skalts.
- 118) Wikipedia, opslag Marius Kjeldsen 20/8 2018.
- 119) Byggeindustrien nr. 17, 1961, s. 299-317.
- 120) Kjeldsen 1961, s. 7.
- 121) Munch-Petersen 1985, 2.
- 122) Kristensen 2017.
- 123) Begrebet introduceres i Boelie Elzens artikel om løsningen på byggeri af komplicerede tekniske apparater, men passer pænt med udviklingen i det danske byggeri i perioden. Elzen 1986. Sanabra-Loewe 2016 har tilsvarende overvejelser om, hvorfor den amerikanske, men ikke europæiske industri benyttede en bestemt teknologi til etageadskillelser.
- 124) Sestoft 1979.
- 125) Se også overvejelserne om forskel på traditionelt og utraditionelt byggeri i Bresnen og Marshall 2000.

Summary

The road to industrial construction: 15 years of ambitious technology development

After the end of the Second World War, Denmark stood in great need for new homes, while also having to build factories and institutions of the welfare state that many had long dreamed of. Thanks to intensive development work, it was possible to switch to full industrial construction in just 15 years, so that annual output could be quadrupled compared with pre-war figures.

This article explains how such a drastic change could have taken place. Post-war reconstruction succeeded thanks to a collective development response of the Danish construction industry, where standardized factory-built elements played a central role. History shows that innovation is not only the use of new technology but is a complete transformation of thinking and renewal of organizational forms, company constellations, education, public administration and financial management. The development was run by a relatively small group of technicians supported by courageous politicians. Parallel developments taking place abroad were inspiring to the Danes and likewise Danish solutions provided inspiration to foreign innovators.