

«Operation Breakthrough»

«Operation Breakthrough» for økt boligbygging i USA
Subsidiert konkurranse mellom industrialiserte byggesystemer

Amerikansk gjennombrudd for industriell boligproduksjon

Rapporter fra en studiereise i USA 1972

Av sivilingeniørene

Odd Brynildsen, Norsk Treteknisk Institutt,

Åge Hallquist og Odd Sjøholt, Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



OSLO 1972

"Operation Breakthrough" for økt boligbygging i USA

Subsidiert konkurranse mellom industrialiserte byggesystemer

Av sivilingeniørene Odd Brynildsen, Norsk Treteknisk Institutt, Åge Hallquist, Norges byggforskningsinstitutt og Odd Sjøholt, Norges byggforskningsinstitutt.

For å øke boligproduksjonen i USA startet myndighetene i 1969 en konkurranse. De mest lovende industrialiserte byggesystemene ble plukket ut og demonstreres nå på ni byggeplasser rundt om i landet. Etter adskillige forsinkelser har det først i det aller siste vært mulig å vurdere de virkelige resultatene av konkurransen.

Forfatterne har samlet ferske opplysninger på en studiereise nylig og beskriver i denne artikkelen hovedinntrykkene fra besøk på fem prototypbyggefelt hvor ca 15 byggesystemer ble oppført. Ytterligere bygningstekniske detaljer og vanlige impulser til byggebransjen i Norge vil bli beskrevet i tidsskriftet Bygg, og tatt opp direkte med prosjekterende og utførende firmaer.

Operation Breakthrough skulle øke boligproduksjonen

I 1969 satte Department of Housing and Urban Development (HUD) igang et målrettet forsknings- og utviklingsprosjekt som de ga navnet Operation Breakthrough. Det skulle sette større fart i boligproduksjonen ved å fjerne hindringer for industriell produksjon, skape et marked for masseproduserte boliger og fremfor alt stimulere byggeindustrien til satsing og nytenkning.

Operation Breakthrough består av tre hovedtrinn. I første trinn ble 22 byggesystemer valgt ut blant konkurransebidragene. I annet trinn bygges nærmere 3000 boligheter av disse typer på ialt ni byggeplasser forskjellige steder i USA. Som tredje trinn var ventet at de utvalgte produsenter selv skulle komme igang med masseproduksjon. Offentlige midler gikk i første trinn til engasjerte rådgivere for programutforming og bedømmelse av forslagene. I annet trinn fikk de utvalgte bedriftene dekket en vesentlig del av de utviklingskostnadene som vanlig markedspris for boligene ikke kunne dekke. Ialt er ca 65 mill. dollar disponert på denne måten.

Annet trinn har vært det mest omfattende. De relativt enkle konkurranseutkastene er blitt detaljprosjektert. Samtidig har man arbeidet med utformingen av ni prøvebyggefelter, med vekt på å skape komplette boligmiljøer og å tiltrekke beboere med forskjellig sosial og økonomisk bakgrunn.

Utvelgelsen av prosjekter

Prosjektet ble slått stort opp og ble mottatt med stor interesse fra industrien. Enkeltfirmaer og grupper av firmaer gikk sammen om å levere inn prosjektforslag, ialt ble det levert over 600. Tidsfristen for innlevering var

imidtredt meget knapp, og prosjektene ble derfor lite gjennomarbeidet. Det store antallet, og det at forslagene nærmest lå på idéplanet, gjorde at utvelgelsen tok lang tid. Den stramme tidplanen for prosjektet ble forskjøvet, og ytterligere forsinkelser fikk man da de 22 byggesystemene med tildels store mangler skulle godkjennes. Resultatet var at mange av de "gode idéene" ble endret til mere konvensjonelle løsninger ved detaljprosjekteringen.

Blant de 22 finner man foruten større boligprodusenter også noen av USAs største industrikonserner. Slike som General Electric, Republic Steel, ITT og ALCOA. Disse ble valgt ut for å tilføre byggebransjen nye impulser fra andre industrigrener.

Erfaringer fra romfartsindustrien ville man spesielt utnytte. Bl.a. regner man med nyttig erfaring på organisasjons- og administrasjonsområdet, samt omfattende materialteknisk viten spesielt for lettere materialer. Et bidrag fra denne siden er da også et "bokshus" bestående av vegger og tak av glassfiberarmert polyester. Idéen vil trolig slå igjennom, hvis det kan satses nok til å overvinne begynnervanskene.

Ensartede og funksjonsrettede byggeforskrifter et viktig resultat

For prøveprosjektene ble alle lokale byggeforskrifter satt ut av kraft og HUD overtok myndighet og ansvar for godkjenning. Et omfattende grunnlagsmateriale i form av funksjonskrav til en bolig ble utarbeidet på oppdrag av National Bureau of Standards. Dessverre var man ikke kommet dit at bedriftene selv kunne bruke dette materialet i sitt utviklingsarbeid. Derfor ble det først og fremst brukt til kontroll av forslagene til byggesystemer. Dette omfattende arbeidet ga en rekke erfaringer til hjelp for fremtidig praktisk utnyttelse.

Fabrikkproduserte bokshener på marsj inn i boligsektoren?

Det ble lagt vekt på å plukke ut endel systemforslag basert på bokshener av "lette" materialer. Fabrikkene og sluttproduktene er foreløpig preget av begynnerproblemer, både tekniske og organisatoriske. Stikkord her er arbeidskraftdyktighet, kvalitetskontroll, toleranser, transportkader og etterarbeider på byggeplass. Men det var meget positivt å se at variert sammenkopling av bokser og forskjellig materialbruk kunne skape liv i boligmiljøene.

Noe betenkelig kan det være hvorledes veibreddene innvirker på boligens planløsninger. De fleste amerikanske stater tillater veitranport av 4 m brede bokshener, og endel stater hele 4,65 m. (I Norge tillates det opp til 3 m bredde når man benytter spesiell lederbil.) Produsentene velger i dag en av de to nevnte maksimumsbredder. Et tredje alternativ ble benyttet av en produsent, og det er trolig av særlig interesse for norske forhold:

Prinsippet var at to bokser ble montert ved siden av hverandre med ca 1,2 m mellomrom. I mellomrommet ble golv og tak utført på stedet, delvis av elementer. Dette arealet ble dels korridor og dels en utvidelse av arealet, enten for den ene eller den andre av de to boksene. Derved unngikk man også dobbelte vegger slik som når to bokser settes inntil hverandre. Utførelsen på stedet av dette mellombygget var godt forberedt, således var golvteppet bare å rulle ut fra tilstøtende bokser.

Betongelementbygging uten innovasjoner

De utvalgte systemer var henholdsvis engelsk, fransk, kanadisk og ett fra Puerto Rico. De første består av plane elementer og det siste av en til to bokser

pr leilighet. Et annet system var basert på oppjekkning av én og én etasje, med stadig tilføring av elementer på grunnplanet. Systemet måtte imidlertid utgå da det ble for kostbart. — Ingen av de utvalgte systemer omfattet betongstøping på stedet og bruk av forskalings-systemer.

Vanskelig samspill med material- og vareprodusenter

Det synes som utviklingen av byggesystemer i alt vesentlig ble basert på det som allerede fantes tilgjengelig på byggesektorens material- og varemarked. De aller fleste husprodusentene var små kunder på dette markedet, og speielt i en utviklingsperiode. Derfor var det vanskelig å få material- og vareprodusenter til å interessere seg for utviklings samarbeid.

Nyheter og tendenser innen materialer og konstruksjoner

Slik byggesystemene var valgt ut, kunne man ikke statistisk få frem tendenser innen bruk av materialer og konstruksjoner. Ved utvelgelsen satset man nemlig på å få frem ulike konkurrerende alternativer for ulike boformer. Men enkelte ting pekte seg likevel ut på tvers av en rekke systemer.

Som lette bærende golv- og vegg-elementer var det satset på flere nye materialkombinasjoner. Tidligere er nevnt glassfiberarmert polyester, med utvendig og innvendig hud av henholdsvis 2 og 1 mm, og med 1–2 mm mellomløpende skjæravstivning i sikk-sakk. Et annet system brukte skjæravstivning av bikubeformede, pressede papirplater. Dette var ennå ikke tilfredsstillende utviklet. En annen veggtype besto av kompakt gips utstøpt på samleband og med stålstendere lagt i gipsen før den var avbundet.

Konvensjonell byggemetode med kryssfinér som utvendig kledning og gipsplater innvendig var en kombinasjon som flere benyttet. Mellomliggende avstivninger var for det meste tre-materialer eller tynne kanalformede stålprofiler, i ett enkelt tilfelle også aluminiumsprofiler. En interessant variant av den utvendige avstivningsplate og samtidige kledning, var trefiberplater. Både disse og kryssfinérplater utvendig var stort sett forsynt med noen mm dype, smale, vertikale utfresninger i 20 til 30 cm avstand, for å etterligne panel. Samtidig var overflaten forsøkt gitt en viss struktur, bl.a. ved mønster som om

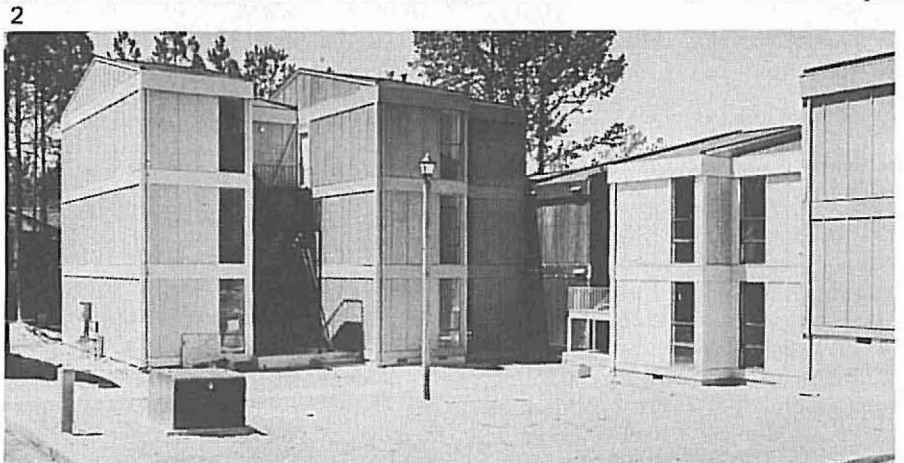
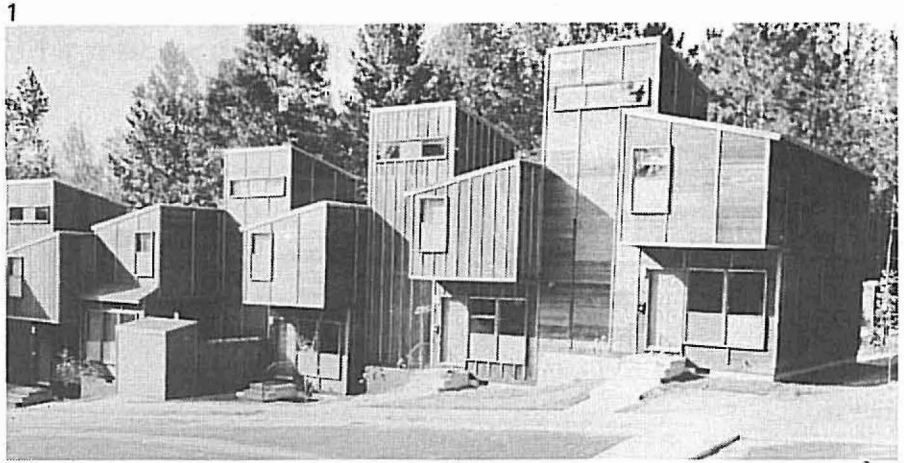


Fig. 1 Byggesystem Hercules. To bokstyper som kan stables horisontalt og en som reises vertikalt.

Fig. 2 Byggesystem Boise Cascade. Bokser med bærekonstruksjon av tynne stålprofiler.

Fig. 3 Byggesystem General Electric. Bokser med vegger av stålstendere innstøpt i gips-element.

de var skåret på sirkelsag. For på lignende måte å bryte flatene ble også brukt smale vertikale lekter i stedet for utfreste spor, men dette var mindre pent.

Som utvendig kledning ble et sted benyttet kryssfinér belagt med tynn aluminium på utsiden og stålfolie på innsiden. En annen produsent benyttet en dårlig kvalitet kryssfinér som utvendig avstivning på sine fabrikkproduserte bokser. Kledning ble utført på byggeplassen, med et utall av varianter, bl.a. for å tilfredsstille forskjellige kunders ønsker.

Der man ikke benyttet takstoler, besto et takelement ofte av kryssfinér på oversiden og gipsplate på undersiden, med bjelker eller tynne stålprofiler. Takbelegg på skrå tak var pappshingel, mens bl.a. et gummi-materiale ble forsøkt på flate tak.

Tilsvarende besto golvene i alt vesentlig av kryssfinér oppå trebjelkelag og i et tilfelle av tynne stålprofiler. Som gulvbelegg var heldekkende tepper enerådende, med unntak av vinyl på kjøkken og bad.

Som følge av 110 volts spenning og andre elektriske forskrifter utføres elektriske installasjoner vesentlig enklere enn hos oss. Såkalt "wire harness" (ledningsseletøy) var mye brukt. Dette ble gjort ferdig på verkstedet. For hver boligenhet besto det av sikringsboks med de enkelte ledninger ferdig tilkoplede i riktig lengde og stort sett påmontert stikkontakter og brytere. Ved installasjon i boks på fabrikk eller byggeplass ble ledninger uten rørbeskyttelse rullet ut i bjelkelag eller tak og sluppet ned med stikkontakter og brytere på de riktige steder i veggene.

For røropplegg var det stor interesse for å få tatt plast mere i bruk. Det ble benyttet av mange til avløpsledninger, mens en enkelt også benyttet plast til såvel kaldt som varmt vann.

Et felles interessant trekk var bruken av en kombinert badekar- og dusjenhet med sammenhengende vegger opp til tak på tre sider, utført av glassfiberarmert polyester. En rekke produsenter var på markedet.

Standarden på kjøkkenutrustningen

var meget høy. For fabrikkproduserte bokser ble alt installert ferdig på fabrikk. For øvrige byggesystemer ble spesielle kjøkkenboksar eller kjøkkenvegger brukt.

Hva med byggekostnadene?

Produsentene vokter seg vel for å røpe noe om byggekostnadene. Kalkylene for disse prøveprosjektene bygger trolig på nokså usikkert grunnlag, men en kan regne med at de har satset på en skikkelig kostnadsoppfølging. Dermed burde de nå være i stand til å lave brukbare kalkyler for eventuelle fremtidige lengre serier.

Demonstrasjonsbyggene innen OB belastes også med utviklingskostnader og pga. små serier, en relativt stor andel av kapitalkostnader. Derfor ligger kostnadene høyt over det selges for, men ifølge de enkelte kontrakter dekker da HUDs tilskudd en vesentlig del av de overskytende kostnader.

Når man målene?

Prosjektet er et vesentlig bidrag til å fjerne hindringer mot økt boligbygging, slik som et press på å oppnå ensartede bygningsbestemmelser og å få dem

bygget opp funksjonsrettet. Videre har man oppnådd en viss nytenkning, men den vil muligens kreve ny kapitalinnsprøytning for å overleve. Noe egentlig marked for byggesystemene er ikke skapt. Hvorvidt systemene vil få noen volummessig betydning for boligproduksjonen i USA avhenger nå av hvorvidt de kan hevde seg i pris og kvalitet sammenlignet med andre systemer. I denne konkurransen vil ikke de 22 OB-systemene bli tilgodesett med spesielle fordeler.

Det er heller ikke sikkert at byggesystemene vil nyte fordelene av et ekspansivt marked. Målet var å øke produksjonen fra ca 1,4 mill. enheter i 1967 til 2,6 enheter pr år eller ca 12 enheter pr 1000 innbyggere. Spørsmålet er nå om det er politisk vilje til en slik sterk prioritering av boligsektoren. Alt i alt ble det nok stilt altfor store forventninger i USA til hva som direkte kunne komme ut av Operation Breakthrough. Man undervurderte både i tid og kostnader hva som kreves for å utvikle nye byggesystemer.

Til tross for dette begynner også kritikerne å se mere positivt på tiltaket. Man er stort sett enige om at OB bl.a. har skapt en mere positiv innstilling — og større interesse for å prøve nye løsninger i bransjen.

Amerikansk gjennombrudd for industriell boligproduksjon

Operation Breakthrough

En organisasjonsmessig utfordring

Prosjektopplegget ble utarbeidet av Department of Housing and Urban Development (HUD). Første skritt var å velge ut ni prototyp-byggefelt blant over 200 kontakter. Blant HUDs betingelser var at man på disse stedene lot HUD fastlegge byggeforskrifter i henhold til de funksjonskrav, "Guidance criteria" (2), som National Bureau of Standards hadde utarbeidet. De utvalgte feltene var forskjelligartede, fra saneringspreget byfornyelse til jomfruelig terreng for forstadsbebyggelsen. Videre ble det blant 82 utkast til reguleringsplaner pekt ut en vinner for hvert byggefelt. Utkastene er senere vesentlig omarbeidet på grunn av forandringer av de byggesystemer som skulle plasseres der. Det største arbeidet ble nedlagt i utvalgelse av 22 byggesystemer blant 236 konkurrenter. Flest mulig interessante alternativ skulle medtas, samtidig som forslagsstillerne ble nøye vurdert. Til slutt valgte man ut firmaer til å lede og koordinere utbyggingen på hvert av byggefeltene.

Fullføringen av byggefeltene er trolig forsinket mellom ett og to år. En meget grov oversikt over det virkelige forløp fremgår av tabell 1. Boligtyper og antall bolighenheter av de enkelte systemer er vesentlig forandret siden den første planen i 1971, samtidig som de er kastet noe om mellom prototyp-byggefeltene. Oversikten i tabell 2 er ajourført for de fem byggefelt vi besøkte.

HUD måtte bygge opp et stort apparat for å styre prosjektet. Foruten staben sentralt i Washington, plasserte de en teknisk kontrollgruppe på hvert byggefelt. Organisasjonsformen vises på figur 1.

Mange informasjonskilder

HUD har vært flink til å sende ut generell informasjon om prosjektet Operation Breakthrough (OB). Opplegget og satsningen innen OB tydet på at det skulle komme frem verdifulle nyheter. For å samle opplysninger direkte fra kildene, besøkte forfatterne i perioden april-mai i år fem av prototyp-byggefeltene; Macon, Memphis, St. Louis, Indianapolis og Kalamazoo, og besøkte her 15 av byggesystemene samt besøkte fire fabrikker. Tidspunktet ble

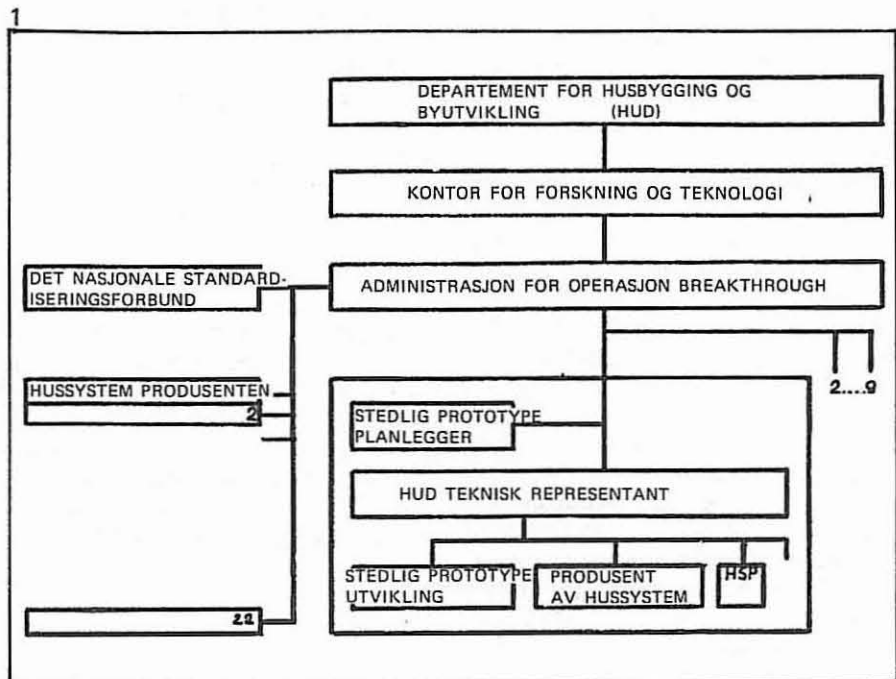


Fig. 1. Organisasjonsmodell for Operation Breakthrough.

	1969	1970	1971	1972	1973
Valg av					
• Prototypbyggefelt (9)	x x				
• Planleggere (reg.plan) (9)	x x				
• Produsenter (byggesystemer) (22)	x x x	x		
• Utbyggere (utv.anl., koord.) (9)		x			
Byggeplass start			xx xx		
Innflytting				xxx xx ..	

Tabell 1. Fremdriftsplan

nøye valgt slik at man kunne se flest mulig arbeider igang. I besøksprotokollene så vi forøvrig at to mindre norske grupper allerede hadde vært omkring. Skal vi gi råd til andre som ønsker å hente impulser fra USA, kan vi foreslå et studium av det materiale som finnes om prosjektet OB først, og ved eventuelt besøk å legge vekt på noen få utvalgte problemstillinger. Men det er for sent å se arbeid i gang på prototyp-byggefeltene.

I en fyldig arbeidsrapport (3) beskrives reiseopplegget og de enkelte besøk og byggesystemer. Arbeidsrapporten er tilgjengelig fra Norges byggforskningsinstitutt, mens skriftlige bilag fra de enkelte husprodusenter etc. kun finnes i

ett eksemplar i NBIs bibliotek. Det samme gjelder med ca 350 fargelysbilder og 150 sort/hvitt-bilder. Ett av bilagene (4) inneholder en 2-siders beskrivelse av hver av de ca 400 byggesystemene som ble foreslått i konkurransen. I noen grad må beskrivelsene her betraktes som idé eller ønsketenkning, fordi det blant de 22 utvalgte har vist seg å bli tildelt stor forskjell mellom forslag og virkelighet. En annen publikasjon (5) inneholder navn på alle medvirkende konsulenter, bedrifter etc. innen Operation Breakthrough. OB er forøvrig behandlet i en rekke amerikanske tidsskriftartikler, foruten at stoffet er formidlet til tidsskrifter i mange andre land etter omfattende internasjonale besøk.

Byggesystem – konsortium	Type boliger						Type byggesystem						Byggefelt – antall boligenheter									
	Rekkehus	Frittliggende eneboliger	Eneboliger i kjede	Boligblokker, lave	Boligblokker, middels	Boligblokker, høye	Betongelementer	Skjeltbygg betong, megastr.	Lettbetong (seksjoner)	Seksjonshus (vesent. trekonstr.)	Seksjonshus (stål, aluminium)	Elementer (alum., tre, stål)	Indianapolis	Jersey City	Kalamazoo	Macon	Memphis	Sacramento	St. Louis	Kings County	Seattle	Sum
Alcoa Construction	X	X		X						X	X				44	52			86			182
Boise Cascade Housing Development	X	X		X											50	75						176
Building Systems Internat. Inc.	X				X	X	X								100							100
CAMCI, Inc. MCI	X			X		X	X						153									153
Christiania-Western Structures, Inc.	X	X		X		X					X				26		73		54			153
Descon/Concordia Systems Ltd.	X			X		X	X						141					128				269
F.C.E. – Dillon, Inc.	X			X	X	X	X					36					112					200
General Electric Corporation				X							X	43				48						91
Hercules	X			X					X						35	50						85
Home Building Corporation	X	X							X													120
Levitt Technology Corporation	X			X					X										75			111
Materials Systems Corporation	X	X	X	X						X										28		130
National Homes Corporation	X							X		X										10		30
Pantek, Inc.	X	X		X							X						45					85
Pantom, Inc.	X	X	X	X						X												20
Republic Steel Corporation	X	X									X											4
Rouse-Wates, Inc.	X			X		X	X							4								241
Scholz Homes	X			X					X						30				241			76
Shelley Systems								X	X													152
Stirling-Homex Corporation					X	X				X						206						206
Townland Marketing and Develop. Corp.					X	X		X			X										58	58
TRW Systems Group	X	X								X												20
Sum	17	9	1	14	4	7	5	2	1	4	6	283	446	229	292	305	407	464	178	58	2662	

Tabell 2. Oversikt over antall prøvehus av de enkelte byggesystemer på hvert byggefelt

Beskrivelse av de utvalgte byggesystemene

Alcoa Construction

Kombinasjon av våtseksjon og prefabrierte veggelementer med lav ferdiggjøringsgrad. Bærekonstruksjon i tre (Macon) eller aluminium (Kings County). Også for bjelkelag og tak er bærekonstruksjon av aluminium ferdigutviklet, men vil ikke bli lansert før etter OB. Vekter for bærende veggelementer med bindingsverk av aluminium er oppgitt å være ca 40–45 % av tilsvarende av tre. Utvendig kledning varierte: aluminium panel, tegl, trefiberplater.

Det spesielle med systemet er våtseksjonen med høy ferdiggjøringsgrad. Alle tekniske installasjoner og utstyr for kjøkken, bad, oppvarming etc. monteres på fabrikk.

Boise Cascade Corporation

Seksjonshus med bærekonstruksjon av tynnplateprofil i stål. Boksene er selvbærende og ble stablet i opptil tre etasjer. Bredden på boksene er enten 3,0 m eller 3,6 m, lengden har flere variasjonstrinn. Produksjonsopplegget utvikles i en prototypfabrikk hvor 58 arbeidere nå er oppe i en ukeproduksjon på 11 bokser, figur 2.

Stålprofilene punktsevises sammen til golvbjelkelag, yttervegger, delevegger og takbjelkelag. Undergolvet av kryssfinér ble skrudd til bjelkene med "Tek-Point"-skruer, uten forboring, det samme ble innvendig 12,5 mm gipsplatekledning. For å oppfylle brannkravene måtte det legges dobbelt lag gipsplater i taket. Yttervegger hadde en underkledning av 12,5 mm gipsplater, og i Macon en værhud av 9,5 mm kryssfinér er belagt med pynteletter for å dekke skjøter og bryte opp fasaden. Estetisk virket dette mindre bra. På neste byggefelt, Memphis, hadde man tatt i bruk 16

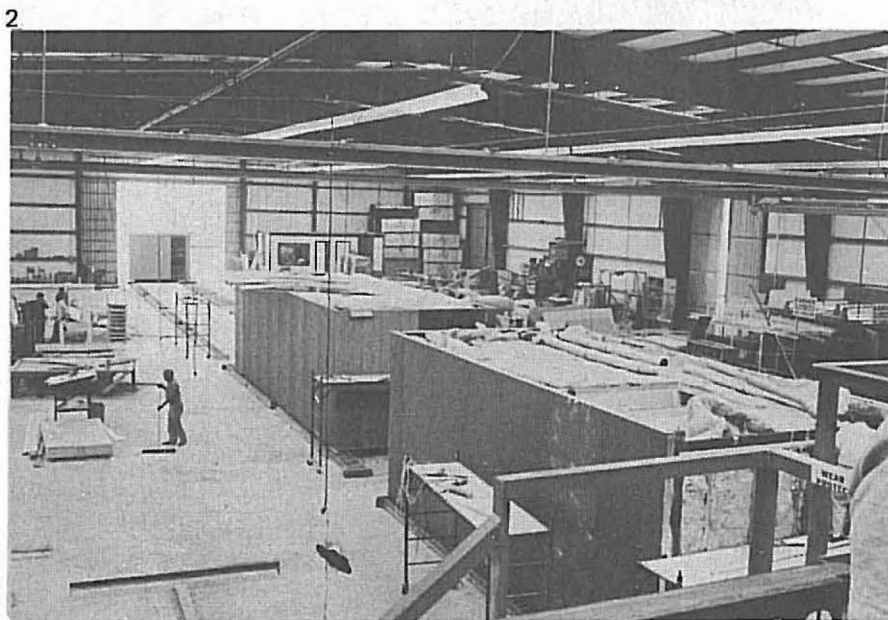


Fig. 2. Byggesystem Boise Cascade. Produksjonshall for boksenheter som bygges sammen av elementer.

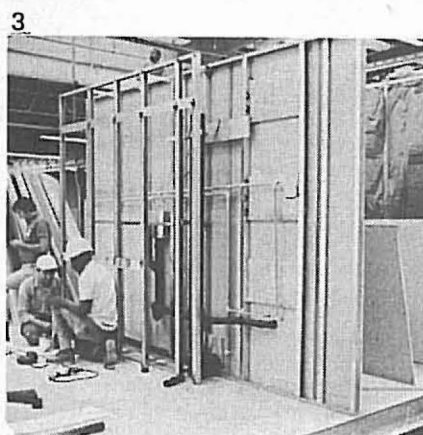


Fig. 3. Byggesystem Boise Cascade. Våtvegg i bindingsverk av tynne stålprofiler og med vann- og avløpsledninger av plast.

mm kryssfinér med utfreste spor, det ga et langt bedre inntrykk. Våtvegg med plast vann- og avløpsledninger utføres som dobbeltvegg, figur 3.

Teknisk utstyr inklusive komfyr, kjøleskap og oppvaskmaskin monteres på fabrikk, og vegger samt himling sparkles og sprøytemales.



Descon/Concordia System Ltd.

Betongelementsystem utviklet i Canada. "Tørr" sammenføyning med bolter gjennom innstøpte stålfester. I St. Louis bygges tre flerfamiliehus i henholdsvis 2, 3 og 5 etasjer, ved vårt besøk var fundamenteringen fullført.

F.C.E. — Dillon, Inc.

Dette er det eneste betongelementsystem i OB utviklet i USA. Prefabrikerte elementer og plasstøpt betong (tunnelforskaling) kombineres med lette ytterveggselementer av tre. Heisesjakten prefabrikeres i etasjehøyde enheter som sveises sammen. Kjøkken og bad leveres som prefabrikerte bokser. Systemet virket konvensjonelt, men ga et godt inntrykk utførelsesmessig.

General Electric Corporation

Seksjonshus hvor bæresystemet karakteriseres ved at veggene er støpt i glassfiberarmert gips 13 mm tykkelse i løpende streng (på horisontal form), med bredde lik vegghøyden. I gipsen legges, før den herdet, tynne stålprofiler (c/c 0,40 m). Gipsflaten danner innvendig veggflate i det ferdige bygget. Utvendig veggkledning var i Memphis malte kryssfinérplater, skrudd til stenderne. Golv og tak i boksene er også konvensjonelt oppbygd, kryssfinér spikerlimt til trebjelker i golv og gipsplater i himling. Her har man måttet avvike fra systemutkastet som hadde en "bikube"-konstruksjon, som muligens ikke tilfredstilte brannkravene. Som utvendig taktekkning benyttes Hypalon (Goodrich) på 12,5 mm kryssfinér.

Boksene leveres fullt utstyrt og malt fra fabrikk. Det hadde oppstått betydelige transportskader på boksene til Memphis. Dette skyldes både transportlengden (ca 2000 km) og utilstrekkelig tildekning mot regn. Det er også mulig at boksene ikke har vært stive nok for den benyttede løfteteknikk. Alt teknisk utstyr er basert på General Electrics egne produkter. Boksene er 3,65 m brede, og lengden varierer fra 7,3 m til 9,1 m. Vekten varierer mellom 4,5–7 tonn.

Hercules

Seksjonshus med to bokser som kan stables horisontalt på hverandre og én som kan reises vertikalt. Seksjonene er selvbærende og tilpasses lett til varierte terrengforhold. Bærekonstruksjonen er av tre og utvendig kledning er enten aluminiumpanel på 3/8" (9,7 mm) kryssfinér eller redwood kryssfinér. Teknisk må systemet karakteriseres som konvensjonelt, men kombinasjonsmulighetene for sammenstilling av boksene ga husene et særpreg. Det gjorde også utvendig "pynt" og kledning som varierte mellom kryssfinér og aluminium, figur 4. Ferdiggjøringsgraden er høy på systemet.

Home Building Corporation

Seksjonshus med en kombinasjon av fabrikkframstilte bokser og gulv-, vegg- og takelementer.

Boksene monteres med 0,9 m avstand og forbindes med gulv-, vegg- og takelementer. De unngår dermed problemet med doble vegger. Midtfeltet benyttes til korridor eller som del av et rom. Bærekonstruksjonen er i



Fig. 4. Byggesystem Hercules, Variasjon i utseende skapes ved utvendig "pynt" og veksling mellom kryssfinér og aluminium kledning.

Fig. 5. Byggesystem Material System. Boksenhet av plast, etterarbeider på byggeplass.

Building Systems International

Betongelementsystem utviklet i Frankrike under navnet Balency. Bærende elementer i dekket og vegger har innstøpte bøyler hvor armeringsjern tres igjennom og skjøtene istøpes med mørtel. Utvendig har elementene frilagt stein. Trappene utvendig er av stål hvor inntrinn fylles med betong. Elektriske ledninger støpes inn i elementene på fabrikk. VVS-opplegg monteres på stedet.

Modular Communities Incorporated

Dette systemet er også fransk, Tracoba. Tracoba anvender massive, prefabrikerte, bærende betongelementer i dekker og tverrvegger, i fasaden benyttes enten "sandwich"-elementer av betong eller lettbetongelementer. Dekkeelementene hviler på tverrveggene med to knaster i hver ende, utsparingen mellom knastene istøpes på stedet. Skillevegger inngår ikke som en del av systemet.

Ferdiggjøringsgraden fra fabrikk er relativt lav, da alle arbeider utenom betongelementene ble utført konvensjonelt på stedet. MCI har hatt sin elementfabrikk i drift i to år og produserte med 65 arbeidere, bærende elementer til fire leiligheter pr dag.

Christiania-Western Structures Inc.

På grunn av diverse vanskeligheter (muligens godkjenning), har firmaet flere ganger omarbeidet systemet — fra elementer til seksjoner og tilbake igjen. Man trodde at firmaet ville ende opp med å måtte utføre sine 26 enheter i Macon som tradisjonelle trehus.

tre, kledning og utstyr er konvensjonelt. Normalt monteres boksene med kran. For å eliminere krankostnadene for noen enkeltstående hus, har firmaet prøvet å skli boksene fra tilhenger inn på fundamentet. Dette stiller krav til terrenget rundt fundamentet for å komme nær nok med tilhengeren: metoden er visstnok oppgitt.

Levitt Technology Corporation

Seksjonshus hvor boksene har bindingsverk av tre, innvendig veggkledning 16 mm gipsplater og utvendig kryssfinér med utfreste spor. Selve boksenheten er således konvensjonell, men det hevdes at fremstillingen er sterkt mekanisert.

Materials System Corporation

Seksjonshus bygget sammen av plast vegg- og takelementer på et tradisjonelt trebjelkelag i fabrikk, figur 5. Plastelementene består av to huder adskilt med et trapesformet profil i glassfiberarmert polyester, materialtykkelse 1 og 2 mm. Elementene isoleres med glassull som sprøytes inn i hvert hulrom. Ved montering settes vegglementene på og limes til en tresvill som er festet i riktig posisjon på bjelkelaget. Ved vindus- og døråpninger settes inn trestendere. Standardvinduer passer ikke til systemet, partier over og under vinduer må derfor bygges som bindingsverk i tre. Vegglementene skjøtes sammen (limes med urethan/epoksy-lim) med spesielle skjøtemuffer av samme plastmateriale som i elementene. Overflatene sprøytebehandles, utvendig benyttes en tilsetning av mineral-korn. Våtegg bygges sammen som bindingsverk av tre.

National Homes Corporation

Seksjonshus hvor bæresystemet i boksene er bindingsverk av stål både i golv, vegger og tak. Utvendig kledning var 9,7 mm kryssfinér belagt med aluminiumsfolie på begge sider og lakkert på værsiden. Husene ga et godt inntrykk.

Pantek, Inc.

System basert på lette elementer. Systemet er endret fra hva som er beskrevet i konkurransutkastet. Firmaet trekker seg antakelig ut av husproduksjon etter OB.

Pentom, Inc.

Seksjonshus som består av to bokser stablet oppå hverandre, den øvre forskjøvet med stort overheng. Boksene er konvensjonelt oppbygget med bærekonstruksjon av tre. Firmaet har hatt store problemer med håndverksmessig utførelse på grunn av at ufaglært arbeidskraft er tatt inn på fabrikken rett fra gaten. Også dette firmaet trekker seg ut av husbygging etter OB, det konsentrerer seg om hovedvirksomheten, bygging av Mobile Homes.

Republic Steel Corporation

Det blir kun levert fire eneboliger av dette systemet som anvender elementer i vegger og tak. Elementene har en hud av stålplater og en

kjerne av pappkartong i honey-comb limt til platene med epoksy-lim. Fundamentering på peler med kantdrager av stål, som også tjener som kanal for varme- og ventilasjonsanlegget. På toppen av dragerne er det lagt en kanal for føring av ledninger. Ved å trekke tilbake gulvteppet kan en komme til ledningene. Kjøkkenskap, komfyr, vaskemaskin etc. leveres ferdig installert til et vegglement. Byggesystemet har vært beheftet med en rekke småfeil som det har tatt tid å rette opp, og utviklingskostnaden er høy. Flere i USA trodde at når systemet ble utviklet noe videre, ville dette bli et av de få systemene som virkelig kan hevde seg.

Rouse-Wates, Inc.

Betongelementsystem utviklet i England av Wates Ltd. Benyttes i St. Louis hvor det bygges et hus på 12 etasjer med 84 leiligheter, et hus på 6 etasjer med 27 leiligheter og 130 boliger i 3-4 etasjes høye blokker. Kjøkken og bad kommer som bokser som deles i to og trekkes fra hverandre, deretter bygges lettvegger på stedet. Vekten på kjøkkenenheten inklusive utstyr ble sagt å være ca 300 kg, figur 6.

Scholz Homes

Seksjonshus hvor variasjon skapes i første rekke gjennom ulike kledninger slik at samme basisbokser 3,60 m x 12-15 m kan anvendes. Bærekonstruksjonen i boksene er av tre. Kryssfinér og gipsplater spikerlimes til bjelker og stendere. Takkonstruksjonen er hengslet for lavere transporthøyde. Av utvendige kledninger nevner vi 9,7 mm trefiberplater med 3 mm dype og 40 mm brede spor. Man mente at platetykkelsen bør økes da platene krummet seg ved den anvendte stenderavstand på 0,60 m. Utvendig kledning og innvendig overflatebehandling utføres på byggeplassen for å unngå etterarbeid.

Shelley Systems

Systemet består av bokser i betong som monteres i et sjakkbrettmønster for å unngå doble vegger. Bæresøylenes hevdes å være en innovasjon, og de gjør det mulig å bygge opp til høyder på 22 etasjer med konvensjonelt utstyr. Boksene skal ha høy ferdiggjøringsgrad. Systemet var ikke klart for oppførelse våren 72, men det er tidligere benyttet til 1500 leiligheter i Puerto Rico.

Stirling-Homex Corporation

Systemutkastet baserte seg på ferdiggjøring av en og en etasje på grunnplanet før den ble jekket opp. Systemet faller antagelig ut av OB.

Townland Marketing and Development Corporation

Systemet er basert på en megastruktur hvor selvberende bokser i 2-3 etasjer skulle stables mellom hver plattform. Man har hatt problemer med bl.a. stivheten av bygget og systemet faller trolig ut.

TRW System Group

Opprinnelig lansert som et system hvor plastbokser skulle spinnes på karusell. Byggesystemet har siden gjennomgått store endringer, og vi sitter ikke inne med sikre opplysninger om endelig utforming av systemet.

Konklusjoner

Det er noe tvilsomt om Operation Breakthrough har ført til resultater som fullt ut berettiger den økonomiske innsats. Mange av resultatene ville ha kommet gjennom den "naturlige" utvikling. Det beste er trolig at produktutviklingen er satt i søkelyset – og at man er på glid mot funksjonsrettede og mer ensartede byggeforskrifter i USA.

Hovedandelen av byggesystemene er basert på 2- eller 3-etasjes rekkehus bygget sammen av bokser. Det er også ett system som bruker bokser (betong) for høyhus, de øvrige høyhussystemene

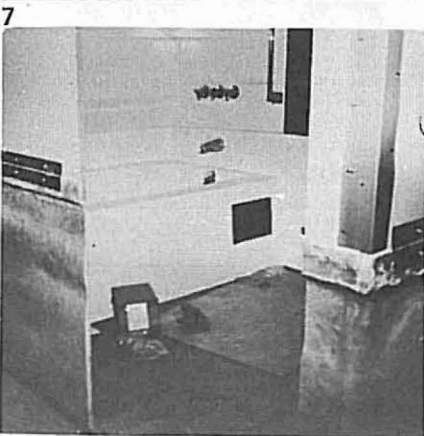
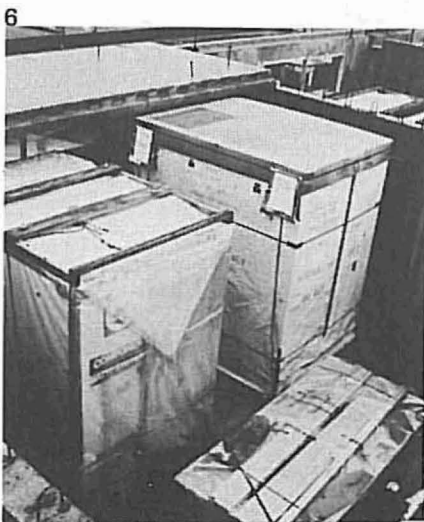


Fig. 6. Byggesystem Rouse-Wates. Kjøkken og bad leveres i bokser som danner endevegger i disse rommene.

Fig. 7. Byggesystem Rouse-Wates. Baderomsenheten av glassfiberarmert plast under montering.

er basert på betongelementer. To-tre av systemene for småhus er basert på elementer. Sett under ett er det skuffende få nye systemidéer som blir gjennomført i OB. Mange i USA mente imidlertid at det ville være langt flere interessante løsninger hvis man hadde fått mer tid på prosjekteringen. Manglende kriterier for bedømmelse av nye løsninger gjorde også at man ofte for å få godkjenning måtte ty til tradisjonell utførelse. Endel idéer ligger nok lagret i industrien for videre bearbeiding og vil antakelig komme frem etter at OB er avsluttet.

Når det gjelder materialvalg og konstruksjonsdetaljer, er det flere løsninger vi bør vurdere nærmere for tilpassing til norske forhold. Vi vil her nevne noen av tingene vi merket oss:

- Gipsplateelement med innstøpte stålprofiler. (General Electric)
- "Stressed skin"-element av glassfiberarmert polyester. (Materials System)
- "Stressed skin"-element med stålplater som hus og kjerne av bikube pappkartong. (Republic Steel)
- Lette bokser for kjøkken og bad. (Rouse-Wates)
- Kombinasjon av boksenheter (med installasjoner) og tak, vegg- og gulvelementer (Alcoa, Home Builders)
- Stabling av tre boksenheter oppå hverandre
- Bruk av tynne profiler av stål og aluminium. Profilene ble brukt både som bærende materialer i bokser og som rammeverk i mellomvegger. (Boise Cascade, Alcoa, National Homes og andre)
- Trefiberplater som utvendig kledning. (Scholz)
- Kryssfinér som avstivende materiale, og både som under- og ytterkledning.
- Badekar/dusjenhet med 3 sidevegger av glassfiberarmert polyester.
- Bruk av lim på byggeplass og i fabrikk.

Til slutt vil vi invitere alle interesserte til å ta nærmere kontakt med NBI eller NTI for å få mulige ytterligere opplysninger — vi står med glede til tjeneste.

Litteratur

- (1) Brynildsen, O. m.fl. "Operation breakthrough" for økt boligbygging i USA. Teknisk Ukeblad, b. 119, nr 36, 1972, s. 13-15.
- (2) National Bureau of Standards. Guide criteria for the design and evaluation of Operation breakthrough: experimental housing systems, a preliminary report. Washington D.C. 1970. 4 b.
- (3) Brynildsen, O. m.fl. Boligbygging i USA: rapport fra studiereise april/mai 1972 vedr. Operation breakthrough. Oslo 1972. Utg. av Norges byggforskningsinstitutt og Norsk Treteknisk Institutt, Arb.rap. F 914.
- (4) Department of Housing and Urban Development. Operation breakthrough. Washington D.C. (udatert).
- (5) Department of Housing and Urban Development. Operation breakthrough: questions and answers. Washington D.C. 1971.