

Montasjebygging 1985

Resultat av en Delfianalyse ved NBI

Prefabrication in 1985

Av sivilingeniør Tore Ivar Svare
Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



Norges byggforskningsinstitutt

OSLO 1972

Montasjebygging år 1985

Resultatet av en Delfianalyse ved NBI

Av siviling. Tore Ivar Svare, Norges byggforskningsinstitutt

Artikkelen prøver å kartlegge montasjebyggingens stilling i 1985 sammenlignet med andre byggemetoder. De viktigste hendelser som har ført til at industriell bygging har oppnådd denne posisjon, er også tatt med. Utviklingen for småhusbygging behandles ikke. Det er brukt data fra forskjellige bedrifters og institusjoners forsknings- og utviklingsavdelinger.

Relativt byggevolum

I dette studiet av montasjebyggeriets stilling i dag (1985) vil vi ta utgangspunkt i relativt byggevolum. Innen forskjellige byggtypen vil vi sammenligne byggemåters relative andel (på basis av antall m² grunnflate). En grafisk oversikt over dette er vist i figur 1, med tre forskjellige byggemåter. Denne oppdelingen bruker vi for å plasere bygg med samme prefabrikasjonsgrad i samme gruppe. Dette mener vi å ha oppnådd nokså enkelt ved å ta utgangspunkt i bæresystemets produksjonsmåte.

Byggemåte 1

I denne byggemåten støpes bæresystemet på stedet. På figur 1 har vi valgt å dele dette volumet igjen i to. Oppdelingen er foretatt ut fra måten byggeprosessen er organisert på. Det skraverte feltet representerer det volum av typehus som støpes på stedet. Denne utviklingen begynte for fullt i siste halvdel av 1970-årene med det formål å presse ned prisene. Entreprenører tilbyr typehus tilpasset de forskalingssystemer de har til rådighet. Resten av diagrammet antyder hvor stor del av det totale volum som prosjekteres i hvert enkelt tilfelle.

Byggemåte 2

Bæresystemet er her en kombinasjon av bygningsdeler støpt på stedet og prefabrikerte elementer. Her har vi gjort unntak fra den generelle inndelingsmåten (klassifisering bare ut fra bæresystemet). Ett bygg med bæresystem støpt på stedet, men med ikke-bærende prefabrikerte fasadelementer, indre skillevegger, trapper osv. er tatt med her. Ett bygg med bare prefabrikerte

fasadelementer og trapper hører med til byggemåte 1.

Byggemåte 3

Ved denne byggemåten består bæresystemet av prefabrikerte elementer. Vi må dog legge til at et bygg med vindavstivning støpt på stedet også kan høre med under byggemåte 3. Forutsetningen for dette er at vindavstivningen opptar lite av gravitasjonskreftene. For å kunne studere denne formen litt nærmere har vi i figur 1 delt den opp i fire. Oppdelingen er foretatt ut fra elementenes utseende og produksjonsmåte. I punkt a består hoveddelen av bæresystemet av "skreddersydde" elementer. (Elementers dimensjoner bestemmes i hvert enkelt tilfelle.) I punkt b består den av standardiserte søyler, dragere og etasjeskillere, i punkt c av standardiserte bærende veggelementer og etasjeskillere (boksenheter for våtrommene er inkludert i denne byggeformen), og i punkt d av bokselementer.

I gruppen standardiserte elementer kommer alle elementtyper som er standardiserte for hele bransjen pluss de elementer som fabrikantene bruker i sine typehus.

Vi bør vel også legge til at byggemåte 1 i flere tilfeller benytter seg av prefabrikerte elementer. Det gjelder særlig for trapper og fasader.

Diagrammene i figur 1 bør sees på som indikasjoner siden grensen mellom byggemåtene ikke er skarp.

Av figur 1 ser vi at ca 50 % av oppførte bygg er rene elementbygg. I tillegg kommer alle de prefabrikerte elementene som brukes ved de to andre byggemåtene. Dette er en mangedobling av det som ble bygd med elementer for bare 10–15 år siden. I slutten av 60-årene og i begynnelsen av 70-årene

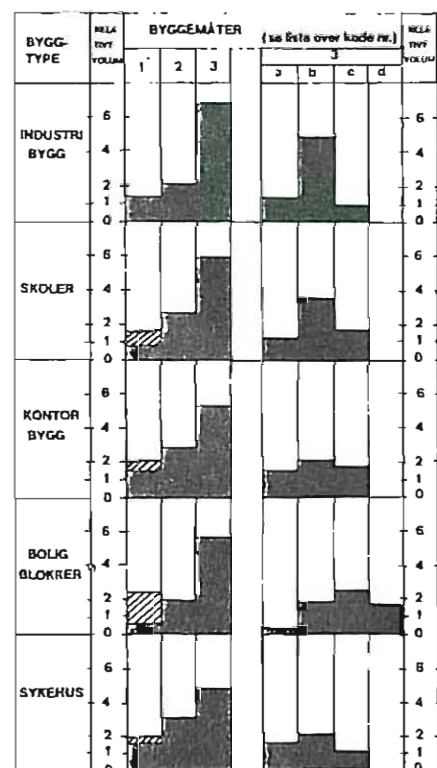


Fig. 1. Relativt byggevolum for forskjellige byggemåter i 1985.

Tegnforklaring:

- 1 Støpt på stedet
- 2 Kombinasjon støpt på stedet/prefab.
- 3 Prefab. elementer
- 3a Spesialelementer
- 3b Bæresystem av standard søyler, bjelker og dekker
- 3c Bæresystem av standard veggelementer og dekker
- 3d Volumenheter (boksar-rom)

var det vesentlig industribygg som ble oppført i elementer.

De fleste elementer som brukes i dag, er standardiserte. Standardene er utarbeidet av bransjeorganisasjonene for å lette produksjonen og for å forenkle prosjekteringen av elementbygg. For

10–15 år siden var elementene i det alt vesentlige ikke standardiserte.

Nedenfor er de forskjellige byggtyper kort kommentert.

Industribygg

Det er industrien som bygger mest med prefabrikerte elementer. For dem som har fulgt utviklingen innen byggebransjen de siste 10–20 år, er dette ikke noen overraskelse. Industrien benyttet seg allerede først i 1970-årene for en stor del av elementer. Denne byggeformen sparte mye tid. I tillegg hadde industrien lettere enn andre grupper for å akseptere denne som fullverdig. Antagelig fordi de selv benyttet seg av de samme prinsipper som bygningsbransjen så forsiktig prøvde å trekke nytte av.

Det er særlig standardiserte elementer som søyler, dragere og etasjeskillere som benyttes. Ved bruk av slike elementtyper er det mulig å prosjektere bygg med stor fleksibilitet. Dette er i dag nødvendig siden industrien gjennomsnittlig trenger å forandre eller utvide produksjonsenhetene hvert 4–6 år.

Grunnen til at en relativ stor del av industrienhetene fremdeles støpes på stedet, er den uensartethet mange slike bygg har.

Skoler

Over halvdelen av alle skoler bygges med prefabrikerte elementer. Utviklingen mot bruk av prefabrikerte elementer i skoler tok for alvor til i begynnelsen av 70-årene. De første elementskoler ble hovedsakelig bygd ut fra ønsket om mest mulig fleksible byggverk.

Mest brukt i skoler er de elementtyper som former et åpent bygg (søyler, dragere og etasjeskillere).

Prefabrikasjonsgraden i byggemåte 2 er meget høy. (Med prefabrikasjonsgrad mener vi forholdet mellom arbeidstid i fabrikk og på byggeplass.)

Figuren viser også at en stor del av de skoler som støpes på stedet, er typehus.

Kontorbygg

For kontorbygg startet elementbyggingen litt senere enn for industribygg og skoler. Tildels brukes også andre typer elementer. I kontorbygg benyttes

det mye skreddersydde elementer og standardiserte veggelementer. På grunn av spesielle krav til større kontorbygg støpes mange av dem på stedet. Dette er også grunnen til at prefabrikasjonsgraden i byggemåte 2 er lav. Men på tross av at kontorbygg til en viss grad er monumentalbygg, prefabrikeres ca halvparten av dem. De små kontorbygg har en høyere prefabrikasjonsgrad enn de store og de bygges i få etasjer.

Boligblokker

Det er mange grunner til at prefabrikerte elementer blir brukt så mye som de gjør i dag. Mange av disse faktorene har frembragt en generell bruk av prefabrikerte elementer. Men for boliger har utviklingen tatt en litt annen retning enn for de andre hustyper. Bæresystemet for boliger egner seg meget godt for standardisering. Dette fordi kravene til blant annet fleksibilitet bare må oppfylles innenfor en liten enhet (hver leilighet). Vi begynte nokså tidlig å bygge en del leiligheter med bærende veggelementer. Disse elementenes prefabrikasjonsgrad var for lav til at den hadde økonomiske fordeler fremfor konstruksjoner støpt på stedet. Bestrebelsene for å presse ned prisene for slike bygg førte tidlig til at firmaer tilbød typehus støpt på stedet. Bruken av prefabrikerte elementer i boliger skjøt først fart etter at elementer og elementsystemer med høy prefabrikasjonsgrad kom på markedet. Utvikling og produksjon av disse har krevd store kapitalinvesteringer. Så det var først da muligheten for dette forelå at prefabrikasjonen av boliger tok seg opp. På dette punkt er forskjellen mellom utviklingen i Norge og flere andre land størst. I noen land favoriserte myndighetene boligbygging med prefabrikerte elementer relativt tidlig. Derfor er utviklingen av de systemer og materialer som blir brukt i slutten av 60-årene og i begynnelsen av 70-årene, ført meget langt. Men dette har igjen ført til at utviklingen til en viss grad har låst seg i en forutbestemt bane. Introduksjon av nye elementer i Norge har bestandig vært et resultat av konkurranse. Dette er grunnen til at de bokselementer som brukes i Norge, er av annen karakter enn f.eks. i Øst-Europa. I Norge bruker vi mye mere aluminium, tre og plast.

Den samme utviklingen har også ført til at Norge bygger forholdsvis flere

boliger med søyler, dragere og dekk-elementer enn mange andre land.

Denne utviklingen har ikke bare vært til fordel for oss. På boligmarkedet finnes det i dag få bedrifter. Disse er store, og de utkonkurrerer de mindre fett, pga. den store kapitalinvestering som må til for en rasjonell og økonomisk produksjon.

De elementtyper som finnes er deler av større systemer. Derfor kan de vanskelig kombineres. Følgelig er markedet blitt oppstykket i mange små delmarkeder istedenfor samlet i ett stort.

Sykehus

Til sykehus bruker vi omtrent like mye elementer som til boliger. Den eneste forskjellen er at sykehusene bygges mere med elementer som danner åpne bygg (bruker søyler, dragere).

På grunn av de mange spesielle krav til sykehus støpes større eller mindre deler av bæresystemet til de fleste av dem på stedet.

Faktorer som har innvirket på bruken av prefabrikerte elementer

Det er flere grunner til at prefabrikerte elementer er blitt mer og mer brukt i de siste årene. Vi vil kort kommentere noen av dem. Her er det utviklingen i de siste 10–15 årene vi tar for oss.

Tidlig i 70-årene var det vesentlig industribygg som ble prefabrikkert. En del boligblokker, noen kontorbygg (særlig i forbindelse med produksjonsenheter), og noen få skoler ble også bygd av prefabrikerte elementer. Foruten disse helt prefabrikerte byggene ble det brukt mange slags elementer i alle hustyper. Av større elementer ble fasadelementer og trapper mye brukt. Elementbyggenes prefabrikasjonsgrad var i 1970 lav, og elementene kunne for en stor del betegnes som skreddersydde.

I mange land har utviklingen mot prefabrikerte elementer vært styrt av myndighetene. Styringen har f.eks. foregått ved at prosjekter har blitt føremerket for bygging med elementer fra en bestemt fabrikk eller gruppe av fabrikk. I Norge er det få offentlige tiltak som har fått vesentlig innflytelse på utviklingen. Det tiltak som antagelig har hatt størst betydning, er at de tekniske skolene tidlig i 70-årene tok

opp montasjebygging som eget fag. NTH var den lærestalt i Norge som var først ute.

I 1970 som i dag var først økonomien avgjørende for valg av byggemåte. Økonomi må vi her forstå i videste forstand. Hele byggverkets levetid, finansieringsmåte, muligheter for ombygging osv. regner vi med. Nedenfor nevner vi en del punkter som medførte at industrialisert bygging var økonomisk lønnsomt i visse tilfeller i 1970.

Det totale forbruk av arbeidskraft ble mindre ved bruk av elementer enn ved bygging på stedet. Fabrikkfremstilling sparte ikke alltid så mange arbeidstimer, men en annen type arbeidskraft ble benyttet. Allerede i 1970 var timelønnen på byggeplass betydelig høyere enn i fabrikk.

Elementene gjorde byggetiden mye kortere og lettere å styre. Særlig for industrien var dette av stor betydning.

Bruk av prefabrikerte elementer gjorde byggene mer fleksible.

Fremdriften i byggeperioden var ikke så avhengig av været ved industriell bygging som ved f.eks. støping på stedet.

Noe av det vi har nevnt her, lot seg vanskelig måle direkte i kroner og øre, så det ble gjenstand for den enkeltes skjønn. En totaløkonomisk vurdering ble derfor ikke alltid foretatt, og følgelig var industrialisert bygging i mange tilfeller økonomisk tvilsomt. Utviklingen fra 1970 og frem til 1985 har medført en markert forandring. Prefabrikasjon er i dag i mange tilfeller den eneste reelle løsning. Det som i første rekke har skapt denne nye situasjonen, kan vi kort summere i tre hovedpunkter.

- Automatisasjon og rasjonalisering innen fabrikkasjon, transport og montering av elementer.
- Tilstrømming av arbeidsmarkedet.
- Nytenkning blant fagfolk.

I de første årene etter at prefabrikerte elementer i bæresystemet kom i bruk, ble byggeprosessen for konstruksjoner støpt på stedet sterkere rasjonalisert enn industrialisert bygging. Det førte med seg at bruk av elementer ikke falt så godt ut økonomisk som man tenkte seg i 60-årene. Men i 1970-årene gikk fabrikkfremstilling av elementer inn i en sterk automatisasjons- og rasjonaliseringsfase. Størst innvirkning hadde standardiseringen av elementene. Men foruten de tiltak standardiseringen ga mulighet til, skjedde også mye annet.

For å se på det materialet som er mest brukt, betong, så var det særlig produksjonen av elementer som ble rasjonalisert. Man tok i bruk metoder for raskere herding, bedre utstøpingsmetoder, ekstrudering av elementer og fabrikkfremstilling av armeringsnett. Fabrikkene fikk også automatiserte blandeverk.

De siste årene er arbeidsmarkedet blitt strammere og strammere. Samtidig er arbeidernes krav om innendørs arbeidsplasser på ett sted blitt sterke. Alt dette trekker i retning av elementbygging.

Et problem som ikke alle innså i 1970, var vanskeligheten med å sanere bygninger støpt på stedet. Det har vist seg at sanering av elementbygg er mye enklere enn bygg støpt på stedet.

Materialer

Betong er foreløpig det mest brukte materiale (her regner vi med alle vanlige former for betong). Men i en del elementtyper har andre materialer kommet sterkere inn i bildet enn tidligere.

Stål blir i dag benyttet mere i industribygninger, skoler og tildels sykehus enn tidligere, særlig i søyler og dragere.

Tre materialer brukes omtrent like mye i fasadeelementer: plast, betong og aluminium. Stål og tre brukes også en del, vesentlig som stendere i ikke bærende elementer.

Til volumelementer brukes mest betong, men som nevnt bygges det i Norge en del hus med volumelementer av en annen karakter enn f.eks. i Øst-Europa. I visse volumelementer bruker vi aluminium, tre og plast. Disse elementene blir som regel båret oppe av et system av søyler, dragere eller vegger av betong. I noen tilfeller er boksen så fleksibel at veggene kan fjernes.

Forsknings- og utviklingsarbeide

I 70-årene ble det meste av forsknings- og utviklingsinnsatsen rettet mot betongelementer, men mye av det som ble gjort, hadde en generell karakter. De problemer vi arbeidet mest med i denne perioden, var systematisering av installasjoner slik at de kunne tilpasses elementbygg, preferanssmål (grunnlaget for standardisering) og overføring av krefter og stabilitet for søyler/dragersystemer. Naturligvis arbeidet vi også

med mange andre problemer, men mange av svakhetene ved elementbygg i begynnelsen var problemer som i virkeligheten allerede var løst. Vanskeligheten besto i at vi hadde for oss en ny byggeform som ikke hadde vært lenge i bruk. Prosjekterende instanser hadde liten erfaring med disse spesielle problemer. Det ble derfor i begynnelsen begått flere unødvendige feil, som skaffet elementbyggingen dårlig reklame. Feilene rettet seg etter hvert som fagfolk begynte å utveksle erfaringer og samarbeide.

I 70-årene foregikk det meste av forskningen i sentrale institusjoner, men den har mer og mer blitt flyttet over til produsentene av elementer og bygningsmaterialer. Hovedgrunnen til denne forandring ligger i den raske utvikling i de siste årene. De store enhetene har vokst, og de mindre har falt bort eller har spesialisert seg på underleveranser. De store bedriftene må satse større og større beløp på produktutvikling for å overleve i kampen mot konkurrentene. Etter at produktutvikling nå er blitt en kontinuerlig prosess, har bedriftene funnet det lønnsomt å opprette egne forskningsavdelinger.

De områder det i dag blir forsket mest på, er nye materialers langtids- og korttidsegenskaper (materialprodusentene), fleksible systemer og midler og metoder til forbindelser (produsentene av systemer).

Bakgrunn

Det vi har presentert her, er et utdrag og tolkning av resultatene fra en perspektivanalyse ved Norges byggforskningsinstitutt. Undersøkelsen tok utgangspunkt i betongelementer, men hensikten var å belyse montasjebygging generelt. NBI ville med undersøkelsen legge et bedre grunnlag for å prioritere sin egen forskning.

Undersøkelsen ble utført som en Delfianalyse. Delfi er en analyseform som i de siste årene er utviklet i USA. En Delfianalyse kan best sammenlignes med en diskusjon på papiret. Deltagerne, som alle er eksperter, benytter intuisjon og kjennskap til et emne til å diskutere seg frem til et resultat.

Resultatene må sees på som indikasjoner, for de er beheftet med den usikkerhet som ligger i alle perspektivanalyser.