

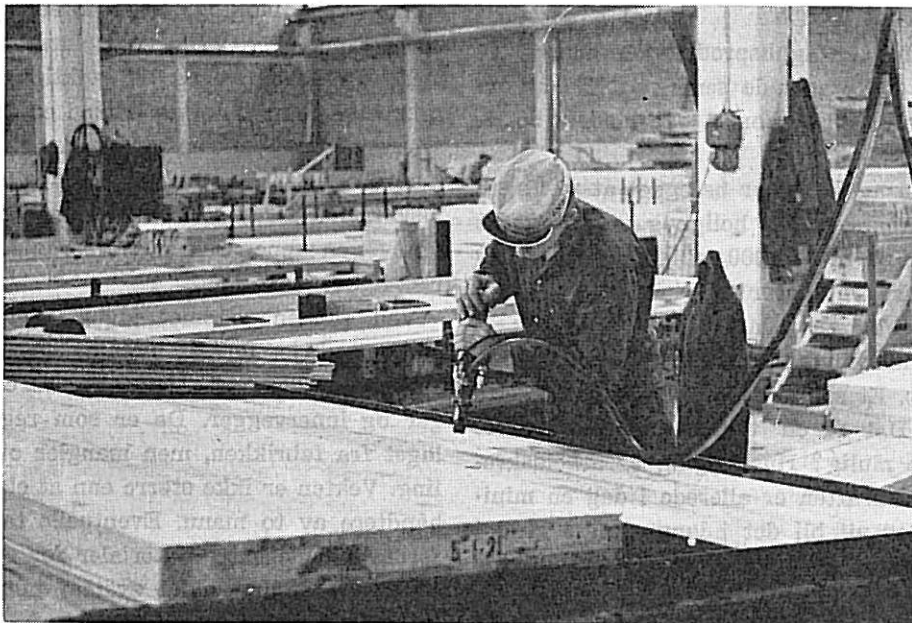
Produksjon av trehus på fabrikk

Av sivilingeniør **PETTER LOSSIUS**
Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



OSLO 1965



Fra en ferdighusfabrikk. Maskinell spikring av veggelementer.

Produksjon av trehus på fabrikk

Av sivilingeniør Petter Lossius

Norges byggforskningsinstitutt

DK 69.002.2

1. Innledning.

Produksjon av trehus på fabrikk har vi hatt i lang tid uten at den har spilt noen vesentlig rolle i landets boligproduksjon. Det er vanskelig å gi tallmessige oppgaver over omfanget av denne industrien, men det kan antydes at antallet trehus produsert på norske fabrikker for tiden er av størrelsesorden noen hundre pr år. Visse tegn tyder på at produksjonen nå tar seg opp.

Med produksjon av trehus tenkes her på vanlige bolighus for permanent bebyggelse. Hytter og forskjellige former for midlertidig bebyggelse er jo et område der prefabrikeringen allerede spiller en betydelig rolle.

Hva er så et ferdighus, et prefabrikert hus eller et monteringshus? En enkel definisjon eksisterer ikke. Svenskene sier det er et hus «där element ingår i avsevärd omfattning», og element er prefabrikerte enheter som enkeltvis eller sammen med andre enheter danner funksjonelle deler av et bygg, f. eks. vegger, bjelkelag og takstoler. Definisjonene er vanskelige. Det som her skal behandles, er bygging av hus på fabrikk, dvs. at husets deler lages ferdig slik at arbeidet ute på byggeplassen prinsipielt blir et monteringsarbeid.

Foredrag holdt i Bygningsgruppen av NIF Oslo avd. den 7. oktober 1964.

Begrepet bygging av trehus på fabrikk representeres av tilsynelatende forskjellige organisatoriske former. Ved en form lager fabrikk bygningsdeler etter tegninger og bestilling fra f. eks. en entreprenør. Ved en annen form lager fabrikk bygningsdelene som byggekomponenter. Disse selges som andre bygningsartikler og kan bestilles etter katalog. I USA har trelastbransjen utarbeidet en manual, Unicom, som skal gjøre det mulig å operere med standarddeler som kan settes sammen i mangfoldige kombinasjoner til hus. Ved en tredje form lager fabrikk ferdig alle deler til hus som den selv utformer eller til hus som er tilpasset fabrikkens byggesystem, og selger i den forbindelse foruten trematerialene også andre bygningsmaterialer og innredninger til huset. Det er denne form for bygging av trehus på fabrikk som særlig har utviklet seg her i Norden.

Byggforskningsinstituttet har arbeidet med dette spørsmål dels i forbindelse med en pågående egen undersøkelse av småhusbygging, dels gjennom oppdrag for en offentlig komité, dels ved å studere svensk ferdighus-produksjon. Det som her fremlegges, bygger på de generelle slutninger vi kan trekke av vårt arbeid hittil.

2. Bakgrunnen i Norge.

Interessen for ferdighusproduksjon har vært sterkt stigende i Norge i de senere år. En av årsakene til dette er ønsket om å øke landets boligproduksjon.

Boligkomitéen av 1962 har beregnet at vi i siste halvdel av 60-årene må øke boligbyggingen fra det nåværende nivå på 27—28 000 leiligheter til 40 000 leiligheter pr år. Det betyr en økning på 50 % i forhold til det vi bygger i dag.

For å nå denne høye produksjon må nok mange vilkår oppfylles. Et spørsmål vi i denne forbindelse kan stille er: Har vi en teknisk byggekapasitet som gjør dette mulig? Husbygging er arbeidskrevende og arbeidskraften er allerede i dag en minimumsfaktor. Den vil bli det i langt større grad i fremtiden. Gjennom en årrekke vil vi få en stor avgang av arbeidskraft i bygningsindustrien, og rekrutteringen er liten. Dette betyr at vi må interessere oss for nye tekniske metoder. Produksjon av trehus på fabrikk er *en* slik mulighet. Kan en slik produksjon gi større arbeidsproduktivitet, betyr den innsparing i arbeidstid på byggeplassen. Vil den løse andre problemer som i dag tynger produksjonen av trehus på tradisjonell måte? Det tenkes da særlig på organisering av materialtilførselen. Vi må prøve å analysere disse faktorer og gjøre oss opp en mening basert på teknisk-økonomisk innsikt.

3. Forskjellige systemer.

I det følgende vil vi gi en oversikt over aktuelle byggesystemer og de krav som stilles ved produksjon, transport og montering og endelig prøve å antyde en del foreløpige konklusjoner. Det bør poengteres at vi ikke har forsøkt å se virkelig radikalt på det å bygge hus, tvert om har vi holdt oss til kjente ting — nærmest den slagne landevei.

En ferdighusprodusent kan velge forskjellige byggesystemer for sine trehus. Valget av byggesystem influeres av og har betydning for en rekke forhold. Byggesystemene kan grupperes på følgende måte:

1. Systemet med prekuttede materialer.
2. Systemet med elementer.
3. Systemet med seksjoner.

Systemene omfatter kun konstruksjoner til den delen av huset som ligger over grunnmur. Grunnmur og fundamenter forutsettes laget på byggeplassen.

Ved prekuttsystemet leveres trematerialene i riktige lengder, men ikke sammenbygget til noen bygningsdel. Det kan kanskje diskuteres hvorvidt dette systemet representerer noen egentlig ferdighusproduksjon. Siden det iallfall representerer et

første skritt mot en større foredling av de materialer som leveres til byggeplassen, bør det være med. En annen — og like viktig grunn — er at prekutting er det første trinn i en produksjonsprosess også for dem som produserer elementer og hele hus. Dessuten er prekutting noe som rent teknisk kan utføres både av sagbruk og trelasthandlere — en annen sak er om forholdene organisatorisk ligger til rette.

Ved elementsystemet lager fabrikken elementer som utgjør ferdige bygningsdeler. I sin enkleste form har systemet elementer bare for yttervegger og innervegger. De er som regel helt ferdiglaget fra fabrikken, men mangler overflatebehandling. Vekten er ikke større enn at elementet lar seg håndtere av to mann. Eventuelle takstoler leveres ferdig sammensatt. Materialer for øvrig er prekuttet. I et videreutviklet system inngår bjelkelags-elementer. For å holde vekten nede lages disse elementer smale, likevel blir de snart for tunge til å kunne håndteres av to mann. Tunge elementer krever særskilt løfteutstyr for håndtering og montering. Baseres byggesystemet på tunge elementer, lages vegger og bjelkelag i større enheter som tilpasses transportutstyr og løfteutstyr.

Ved seksjonssystemet bygges romstore enheter av huset på fabrikk. Huset bygges for så vidt helt ferdig på fabrikk, men for å kunne transportere huset til byggeplassen må huset nødvendigvis deles opp. Hver husdel eller seksjon gjøres ferdig med bjelkelag, vegger og yttertak, med alle installasjoner på plass og med ferdig overflatebehandling. Seksjonene transporteres så til byggeplassen og settes der sammen til det ferdige hus.

Systemene er således vidt forskjellige. Hvilket av dem er mest hensiktsmessig for fabrikken?

Man kan uten videre hevde at prekuttsystemet ikke gir fabrikken mulighet for noen egentlig foredling, men at det passer for alle hus og hustyper. Om elementsystemet kan man hevde at det må binde husets planløsning og eksteriør i høy grad og kanskje umuliggjøre at jeg får mitt hus akkurat slik som jeg vil ha det. Og seksjonssystemet, kan dette ha noen mulighet i Norge der vi bor høgt oppi bakken eller i bratte lier? Dit skal man transportere hele, svære rom og løfte dem på plass. Har vi veier, så vi kan få frem slike transportere?

4. Behandling av skurlasten.

Produksjonen på fabrikk omfatter prinsipielt alt som har med trevirke å gjøre til selve huset, dvs. til bjelkelag, vegger og tak, dessuten listverk. Den kan også omfatte all innredning til huset, dvs. vinduer, dører, kjøkkeninnredninger, skapinnredninger. Flere husfabrikker har dessuten eget sagbruk

for skjæring av tømmer til skurlast. I det følgende behandles produksjonen av selve huset.

Den egentlige produksjon i husfabrikken begynner med mottaking og lagring av skurlast.

Skurlasten må fra lager transporteres til stasjon for saging til riktige dimensjoner, kutting til riktige lengder og justering og høvling. Sammensetningen av bygningsdeler og monteringen av dem på byggeplass stiller så vidt store krav til toleranser at en justering av dimensjoner og lengder er nødvendig.

Håndteringen av skurlasten har interesse for alle systemalternativ fordi det ved dette produksjonstrinnet blir et visst materialspill som er av økonomisk betydning, og som til en viss grad kan reguleres.

I og med at fabrikken tar hånd om saging og kapping av skurlasten, må den selv finne et rasjont opplegg for god utnyttelse av lasten. En god utnyttelse må begynne med sortering. Sorteringen må skje etter den fordeling som foreligger med hensyn til dimensjoner og lengder, etter krav til konstruksjonsvirke og etter krav til materialer for listverk og paneler. Fordelingen på dimensjoner og lengder bestemmes bl. a. av konstruksjonenes utforming og detaljer. Ved utforming av konstruksjonene bør en hensiktsmessig lengdefordeling etterstretes. F. eks. ved å bruke samme dimensjoner på stolper, spikerslag og sviller i et bindingsverk kan fordelingen på de forskjellige lengder ventes å bli gunstig og redusere materialspillet.

5. Skjøting av materialer. Spill.

Materials spill eller kapp kan man likevel ikke unngå tross sortering og god tilrettelegging ellers. Kapp med stor nok lengde kan imidlertid skjotes sammen med fingerskjøt. Flere husfabrikker benytter seg av dette. Lengden på kapp som går til fingerskjøting, er fra ca 1 fot og oppover. Skjøten limes med karbamidlim. Skjøtingen gir en lang streng som kappes i ønskede lengder. De fingerskjøtte materialer blir brukt til sekundære konstruksjoner, f. eks. til dørkarmer.

Det kunne være ønskelig å fingerskjøte alle materialer til en streng som så kunne kappes i riktige lengder. Derved skulle materialspillet bli minimalt. Fingerskjøtte materialer ville da inngå i bærende konstruksjoner, f. eks. som stolper i bindingsverk. For materialer til slike konstruksjoner må en forlange at skjøten skal ha en viss styrke, og at limet er bestandig mot normale ytre påkjenninger. I praksis vil dette si at kun resorcinlim for øyeblikket kommer på tale. Dette limet er relativt kost-

bart, det stiller relativt store krav til fuktigheten i materialene og temperatur og fuktighet i lokalene under skjøting, og forlanger dessuten relativ lang tid for urtherding under press. Limet kan i tilfelle bli årsak til ekstra investeringer til oppvarming og klimatisering av lager- og produksjonslokaler, til utgifter til ekstra nedtørking av materialene og til en relativt lav kapasitet av anlegget.

Med hensyn til skjøting av paneler er der i dag visse vanskeligheter. Ved skjøting av utvendig panel må det settes strenge krav til limets vannfasthet, og alternativet er igjen resorcinlim. Dette limet har en utpreget mørk farve, og da det under produksjonen uunngåelig vil bli trykket ut en del lim av skjøten under sammenpressingen, vil dette kunne virke skjemmende. Løsningen blir derfor ikke uten videre akseptabel.

For innvendige paneler skulle PVA-lim kunne brukes til skjøting, da dette er lett å ta bort hvis det blir presset ut. Panelingsbordene skulle derfor kunne skjotes etter at de er høvlet. Dette forutsetter dog en meget stor nøyaktighet ved selve freisingen og føringen ved sammenpressingen. Ved uprofilerte paneler kan fremgangsmåten være mulig.

Fingerskjøting har vært fremholdt som en nødvendighet hvis man skulle redusere materialspillet i trehusbyggingen. Materials spillet kan imidlertid reduseres på en annen måte, nemlig hvis husfabrikken får lengdesorterte materialer. Da vil spillprosenten bli meget lav. Byggforskningsinstituttet har undersøkt spillprosenten ved prekutting på sagbruk av lengdesorterte materialer. Undersøkelsen omfattet materialer til 4 å 5 trehus. Spillprosenten fremgår av tabell 1.

TABELL I

Spillprosent ved prekutting på sagbruk av lengdesorterte materialer

	Materialdimensjon	Spillprosent
Bindingsverk	2" × 4" og 4" × 4"	1%
Bjelkelag	2" × 6" og 2" × 8"	3%
Tømmerm. panel	7/8" × 3 1/2" og 7/8" × 7"	1,5%
Rupanel	3/4"	
Stående veggpanel	1/2" × 3" og 7/8" × 6"	1%

Disse spillprosenten sier direkte at husfabrikker får en meget god utnyttelse av materialene hvis tømmeret kappes i hensiktsmessige lengder. Tilrettelegging for produksjon bør derfor begynne alt i skogen, der man bestemmer leveranse av tømmer i lengder 1 cm som er tilpasset fabrikkens krav. Da kan man også sørge for å ta ut særlig høyklassig virke til bærende deler, bjelker etc. I Sverige har man eksempel på slik tilrettelegging.

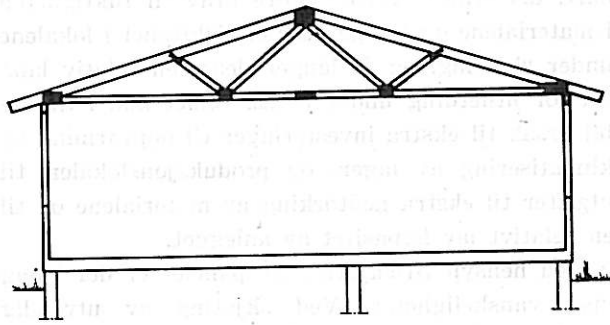


Fig. 1: Frittstående takstol.

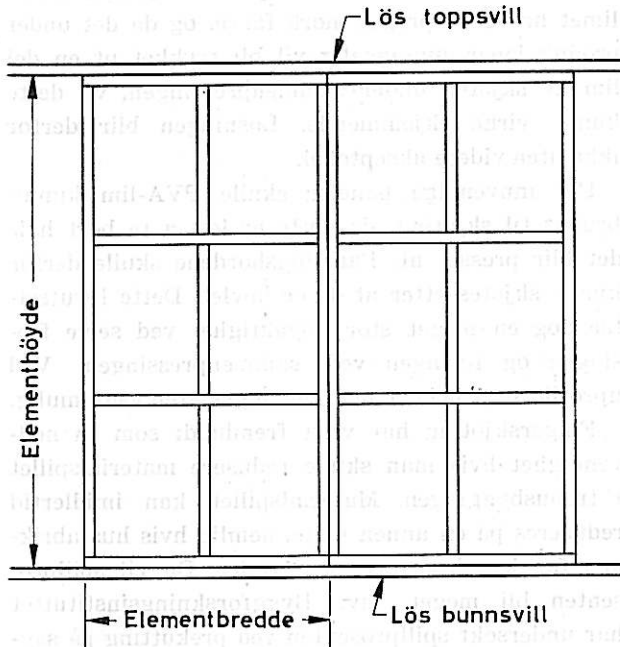


Fig. 2: Bindingsverk i veggselement.

6. Saging og prekutting.

Flere av de svenske husfabrikkene har eget sagbruk. Sagbruket var for mange husfabrikker fra først av den eneste virksomheten. Siden kom prefabrikeringen til som et ledd i trelastsalget.

Sagingen er tildels sesongbetont. Håndtering av tømmer og saging er mest intensiv i vinterhalvåret. Om sommeren blir en større del av arbeiderne overført til selve husfabrikasjonen. Avsetningen av ferdighus er nemlig langt større om sommeren enn om vinteren. I høysesongen kan avsetningen pr dag være like stor som avsetningen er pr måned om vinteren.

Skurlasten lufttørkes eller tørkes kunstig. Deretter går materialene videre i produksjonslinjen via buffertlager til saging, kutting, justering, høvling.

Ved prekuttsystemet gjenstår etter kutting og justering av materialer å få dem merket, sortert og lagret på en hensiktsmessig måte. Prekutning forutsetter at det eksisterer kapplister for det som skal prekuttet. Bindingsverk, bjelkelag og takstoler må derfor tegnes ut og detaljeres. Utarbeidelse av

kapplister vil koste en del penger. Det betyr at skal en prekuttleveranse være lønnsom, må den gjelde visse typehus, f. eks. hus i en gruppebebyggelse eller hus i fabrikkens huskatalog.

De prekuttete materialer må lagres etter en viss sortering og slik at de er lette å ta ut ved effektivering av en bestilling. Systemet stiller relativt rimelige krav til lagerplassens størrelse.

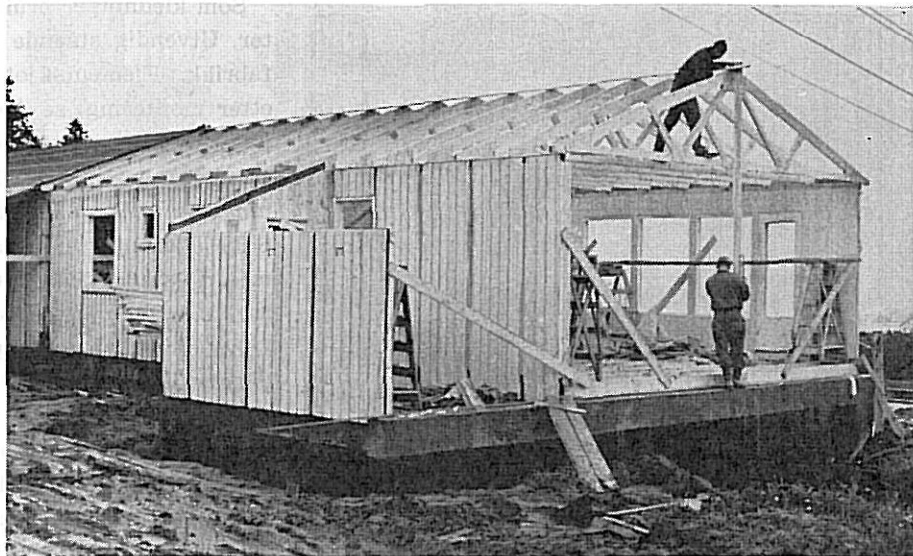
Investeringene i produksjonslokaler og lagerlokaler blir derfor små for dette system. Til gjengjeld tar systemet hånd om få arbeidsoperasjoner, og det får karakteren av en trelastleveranse. Husfabrikken kan imidlertid la leveransen omfatte også øvrig bygningsmateriell, vinduer, dører og all innredning. Dermed presterer den en organisert og samlet materialleveranse til vedkommende hus og deri ligger en rasjonalisering.

Takkonstruksjoner er også i prekuttsystemet blitt gjenstand for prefabrikasjon. Fagverkstakstoler bærer fritt fra yttervegg til yttervegg. Fordelen med denne konstruksjon er at huset forholdsvis fort kan lukkes inn og det videre monteringsarbeid fortsette under tak. Dessuten medgir konstruksjonen stor frihet i planløsningen, se fig. 1.

Fagverkstyper og detaljer ved fagverket varierer en del. Utviklingen går mot fagverk der alle inngående staver har samme tykkelse og ligger i samme plan. Materialer til takstoler må derfor dimensjonsjusteres og lengdejusteres. Takstolen sammenbygges i en jigg. Stavene forbindes til hverandre med lasker av tre, eventuelt stål, eller med spikerplater. Lasker av tre spikres med håndkraft eller med spikermaskin. En spikermaskin arbeider raskt og sparer muskelkraft, men har to karakteristiske begrensninger. For å utnytte maskinen rasjonelt, må man holde seg til en spikerdimensjon, og benyttet som håndmaskin lager den slagmerker i treet. Disse begrensninger har ingen betydning ved takstoler.

Produksjon av takstoler kan også baseres på spikerplater som forbindelseselement. Spikerplater er plater av stål påsatt stift eller spiker som en slår eller presser inn i trevirket. Platene forekommer i en rekke utførelser, en av dem heter «Gang Nail». Den er amerikansk og brukes til takstoler i Norge og også i Sverige. Bruken av denne type spikerplater forutsetter en presse. Investeringen til presse og annet nødvendig utstyr samt produksjonslokaler er store. Kapasiteten på anlegget kan bli betydelig. Anlegg som er levert, har et produksjonsvolum på 30 takstoler i timen. Besparelsen i manuell arbeidskraft sammenliknet med spikring er vesentlig. Arbeidskostnaden ved pressing med spikerplater kan være ca $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{8}$ av arbeidskostnaden

Figur 3: Montering av elementhus. Skjot mellom elementer dekkes etter montering med skjotebord.



ved spikring med håndkraft. Transport og håndtering er da holdt utenfor. Materialprisen for spikerplater er relativt høy og er større enn for spiker.

Produksjonen av takstoler medfører visse konsekvenser for fabrikken. I tillegg til nødvendige maskiner og produksjonslokaler kommer nødvendig lagerplass. Fagverkstakstoler krever på grunn av sin form, stor plass ved lagring og transport. I denne forbindelse gir spikerplatene fordeler fremfor lasker av tre.

Variantebegrensning av takstoler er på grunn av produksjon og lagring ønskelig. Det betyr at variasjonen av takhelling og husbredde begrenses. Takhellingen velges passende til de vanligste tekkingsmaterialer, eventuelt til hus med innredet loft. Husbredden velges passende til planløsning og eksteriør. Begrensning av valgmulighetene for takhelling og husbredder reduserer byggesystemets fleksibilitet med hensyn til hustyper, planløsninger og eksteriører. En utstrakt fleksibilitet i så henseende er ellers prekuttsystemets store fordel.

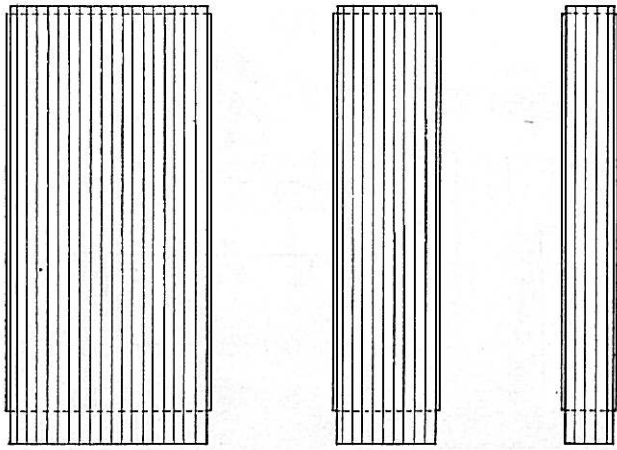
7. Konstruksjon av elementer. Fleksibilitet.

Fleksibiliteten er høyst forskjellig ved byggesystemene. Man kan direkte si at jo mer arbeid som legges ned i huset på fabrikk, desto mindre fleksibelt er systemet, og desto vanskeligere er det å tilpasse huset individuelle krav. Vi møter dette allerede ved bruk av prefabrikerte takstoler. Vi møter det enda mer ved bruk av veggelementer og bjelkelagselementer. Et rasjonelt produksjonsopplegg ved elementsystemet må medføre en redusert fleksibilitet med hensyn til planløsninger og eksteriører, fordi opplegget må kreve få varianter av elementene. Produksjon av trehus på fabrikk forutsetter derfor en typisering av husene. Typer av hus kan utarbeides for større gruppe-

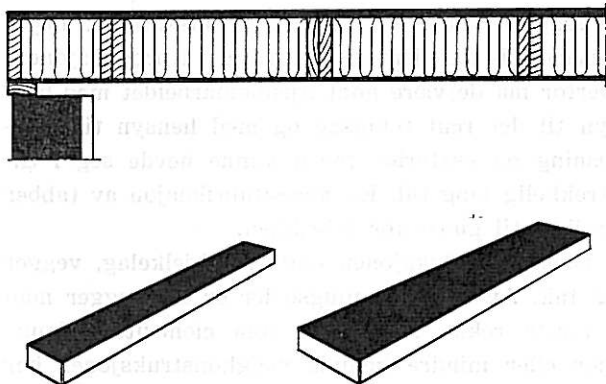
bebyggelser eller for fabrikkens huskatalog. Typehusene blir da gjentatt og gjentatt i produksjonen. Derfor må de være godt gjennomarbeidet med hensyn til det rent tekniske og med hensyn til planløsning og eksteriør for å kunne hevde seg i tilstrekkelig lang tid. En massefabrikasjon av tabber er ikke til gunst for fabrikken.

Elementproduksjonen omfatter bjelkelag, vegger og tak. Av disse bygningsdeler er det vegger man i første rekke fremstiller som elementer. Mange mer eller mindre geniale veggkonstruksjoner har i den anledning sett dagens lys. Disse oppfinnelser har ikke alltid blitt noen suksess for fabrikken. De fleste husfabrikker bruker i dag vanlige, kjente konstruksjoner i sine elementer. Kravet til elementene er at de skal være riktig konstruert og tilfredsstillende såvel brukskrav som produksjonstekniske krav.

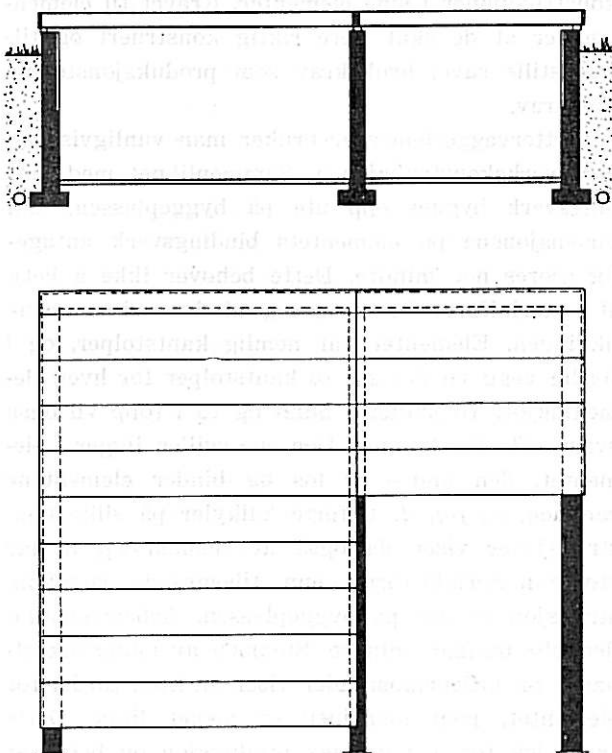
I ytterveggselementer bruker man vanligvis bindingsverkskonstruksjonen. Sammenliknet med bindingsverk bygget opp ute på byggeplassen, kan dimensjonene på elementets bindingsverk antagelig gjøres noe mindre. Dette behøver ikke å bety at materialforbruket viser seg mindre ved sammenlikningen. Elementet har nemlig kantstolper, og i ferdig vegg vil der stå to kantstolper for hver elementskjot. To sviller i bunn og to i topp vil også svært ofte forekomme. Den ene svillen ligger i elementet, den andre er løs og binder elementene sammen, se *fig. 2*. Utførte kalkyler på slike konstruksjoner viser da også at elementveggen har større materialforbruk enn tilsvarende veggkonstruksjon bygget på byggeplassen. Arbeidskostnaden blir derimot mindre. Summen av materialkostnader og arbeidskostnader viser en liten fordel for elementet, men marginen er meget liten. Dette er typisk for denne slags produksjon og betyr at volumet må være stort for å få lønnsomhet.



Figur 4: Breddevariasjon av veggelementer.



Figur 5: Bjelkelagselementer.



Figur 6: Bjelkelag av elementer.

Som kledninger brukes paneler eller bygningsplater. Utvendig stående panel er påsatt elementet på fabrikk. Elementskjøten dekkes med skjøtebord etter montering, se *fig. 3*. Utvendig liggende panel påsettes etter at veggen er montert. I det tilfellet er elementet på fabrikk utvendig påsatt en bygningsplate. Bygningsplaten kan erstatte pappen. Slike elementer er også egnet når veggen skal kles med $\frac{1}{2}$ -steins tegl. Muligheten for bruk av alternative kledninger utvendig er ønskelig.

En stor gruppe kjøpere treffer nemlig sitt valg på grunnlag av husets utseende. Dette leder iblant til at all utvendig kledning påsettes på byggeplassen. I utland der alternativet teglkledning er sterkt etterspurt, kan denne løsning være nødvendig å akseptere. Hos oss er teglkledning av trehus en sjeldenhet. Derfor går vel utviklingen her mer mot elementer påsatt ferdig kledning på fabrikk. Vanligvis brukes da stående panel. Dette medfører mindre arbeid på byggeplassen.

Som innvendig kledning på elementene brukes panel eller bygningsplater. Hvis rupanel brukes, må panelet gis en overflatebehandling eller en overflatekledning på byggeplass. Hvis høvlet panel som rustik eller vekselpanel brukes, har elementet fått en ferdig innvendig overflate. Et slikt element krever varsom behandling ved transport og montering for å unngå skjønnhetsskader i overflaten.

Innervegger er mindre kompliserte å utføre som element. De kan bestå av et bindingsverk med kledning. Ofte lager fabrikkene bare bindingsverket og kler veggen etter montering med plater av stort format. Veggelementene lages med bestemte bredder. Høyden på elementene holdes konstant og tilsvarer etasjehøyden. Vekten av et ytterveggelement med bredde 120 cm og med kledninger påsatt er omkring 100 kg. To mann kan håndtere et slikt element. Valg av elementbredder bestemmes også av hensynet til fleksibilitet og til mulighet for kombinerings av elementer. Se *fig. 4*. Et modulsystem er dermed nødvendig. Som grunnmodul brukes 1 dm, som planleggingsmodul brukes 2 dm eller 3 dm; for yttervegger har man i visse tilfelle gått helt opp i 12 dm. Det medfører en sterk variantbegrensning av elementer og av husets ytre mål.

Bjelkelagselementene lages i et par forskjellige bredder og lengder og med mål i henhold til modul. Høyden velges likt for alle elementer, se *fig. 5*. Vekten blir omkring 100 kg hvis bredden er 60 cm og lengden 4 meter. Elementene bygges av bjelker og bygningsplater. Bjelkene dimensjoneres for hele lasten, platene inngår ikke som bærende del av bjelken. Bruk av bjelkelagselementer medfører at husets bredde, evt. lengde, fikseres til noen få bestemte mål, og at grunnmurer og innvendig bæ-

Figur 8: Produksjonslokale for lette elementer.



rende vegger må gis en bestemt plassering i plan. For arbeidet på byggeplassen er bruken av bjelkelagselement en fordel. Ved monteringen legges bjelkelagselementene ut først. Dermed har man en arbeidsplattform for det videre monteringsarbeid. Gulvbelegget blir senere lagt på på byggeplassen, se fig. 6.

Materialforbruket i slike konvensjonelt konstruerte bjelkelagselementer er like stort som i konstruksjoner bygget på plassen. Likesom for vegg-elementer viser kalkulasjoner for bjelkelagselementer at materialkostnader og direkte arbeidskostnader tilsammen blir noe lavere for elementene enn for den plassbygde konstruksjonen, og at marginene er meget små.

For å kunne redusere kostnadene vesentlig må man ta i bruk materialbesparende konstruksjoner. Konstruksjonene må medføre lavt materialspill og utformes med tanke på maksimal utnyttelse av treet styrkeegenskaper, slik at materialmengden blir minimal. Dessuten må konstruksjonene medgi lavt timeforbruk ved produksjon i fabrikk. Linje-produksjon er antakelig den minst arbeidskrevende

produksjonsmetode, og krever sannsynligvis utstrakt bruk av lim som sammenføyningsmiddel for elementene.

Et eksempel på et slikt konstruksjonsopplegg har man i AB Elementhus' konstruksjoner. Alle elementer er konstruktivt like, se fig. 7. Elementene har på hver side en kledning av krysslimt tre som er festet til to harde trefiberplater. Det krysslimte treet er samtidig kledning og elementets bærende del. Dessuten er trematerialene plassert der påkjenningene er størst. I bjelkelagselementene f. eks. er det krysslimte treet samtidig gulvbord og øvre flens i bjelken. Videre er det krysslimte treet samtidig himling og nedre flens i bjelken. De harde trefiberplatene er bjelkens steg. Konstruksjonene muliggjør en linjeproduksjon, men krever en høy maskininnsett.

8. Produksjon på fabrikk.

Fabrikker som lager mer tradisjonelle elementer må også sørge for effektiv produksjon. De enkleste deler i elementene sammenføres ved spikring. Dels brukes håndspikring, dels spikermaskiner, se fig. side 1. Produksjonen er vanligvis en punktproduksjon. Elementene lages på stasjonære arbeidsbord. Ved hvert arbeidsbord arbeider 1 eller 2 mann. I nær tilknytning til bordene lagres prekuttede materialer og øvrige bygningsmaterialer som inngår i elementet. Transport av materialer og ferdige elementer utføres av spesialtraller. Materialet lages på bukker av stål, se fig. 8. Arbeidsbordene kan i en mer avansert utførelse manøvreres ved trykknapper eller pedaler både for fastspenning av elementet, vending av elementet og for manøvrering av bordet opp og ned i passende arbeidsstilling.

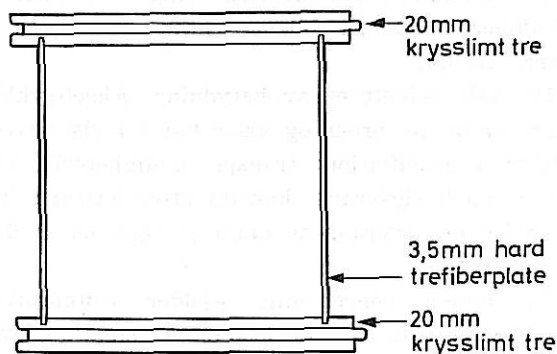
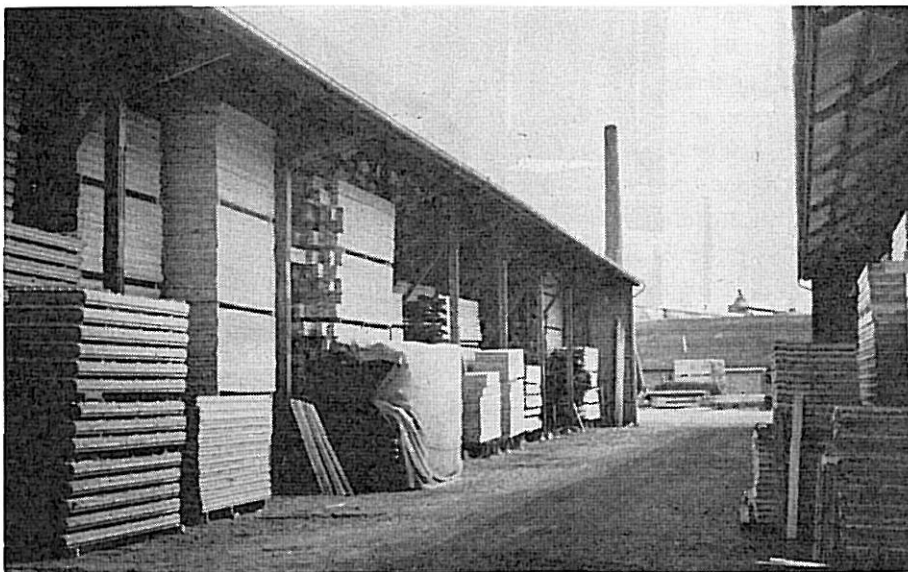


Fig. 7. — Konstruksjonsprinsipp for elementer til vegger og bjelkelag. AB Elementhus.



Figur 9: Lagring av ferdige elementer på fabrikk.

Interne transporter og lagring av råmaterialer, halvfabrikata og ferdige produkter er et fremtredende trekk ved produksjon av trehus på fabrikk, se *fig. 9*. De interne transporter utføres med forskjellige typer trucker. Da husfabrikkenes lokaler og lagertomter dekker ganske store arealer, 300—400 mål, har man i visse tilfelle en sentral dirigering av transportene, ledet fra et sentralt tårn hvorfra man har telefonforbindelse med hver truckfører. På den måten mener man å få en bedre utnyttelse av transportmateriellet.

Systemet med lette elementer brukes av en rekke husfabrikker. Systemet med tunge elementer er lite brukt. Det utmerker seg ved at løfteutstyr er nødvendig ved håndtering og montering. Ved bruk av store elementer kan større sammenhengende deler av huset gjøres ferdig på fabrikk. Overflatebehandling og installasjoner kan i en viss utstrekning utføres på fabrikk. Flere arbeidsoperasjoner kan derfor overføres fra byggeplass til fabrikk. Kravet til en rasjonell produksjon vil sannsynligvis i høy grad begrense variasjonen i hus typer og planløsninger. Derimot synes muligheten å være til stede for levering av yttervegger med alternative kledninger, f. eks. stående eller liggende panel, eller av bjelkelag med f. eks. linoleum eller parkett pålagt.

Ved systemet med seksjoner deles huset opp i noen få helt ferdigbygde deler. Alle arbeidsoperasjoner er derfor utført på fabrikk. Monteringen kommer som et tillegg. Hver seksjon for seg må bygges og leveres med selvstendig bærende system for bjelkelag, vegger og tak. På grunn av håndteringen ved transport og montering, er det nødvendig at seksjonen er utformet som en stiv kasse. Seksjonens bredde er bestemt av største tillatte

bredde for transportveien. Dette forhold samt forholdet ved husets deling i seksjoner vil i høy grad bestemme planløsningen. Sannsynligvis må produksjonen bindes til et fåtall, bestemte planløsninger.

Fremstilling av seksjonen kan skje ved rullende produksjon med en rekke stasjoner med faste arbeidsoperasjoner. Seksjonen bygges på et arbeidsbord som er forskyvbart fra stasjon til stasjon. Prefabrikerte røreheter monteres i de aktuelle seksjonene. Det samme gjelder for det elektriske anlegget. Skapinnredninger, kjøkkeninnredninger og vinduer leveres stasjonen ferdig malt og med glass innsatt. Seksjonen skal males og golvbelegg anbringes før den forlater båndet og kjøres ut til lagring.

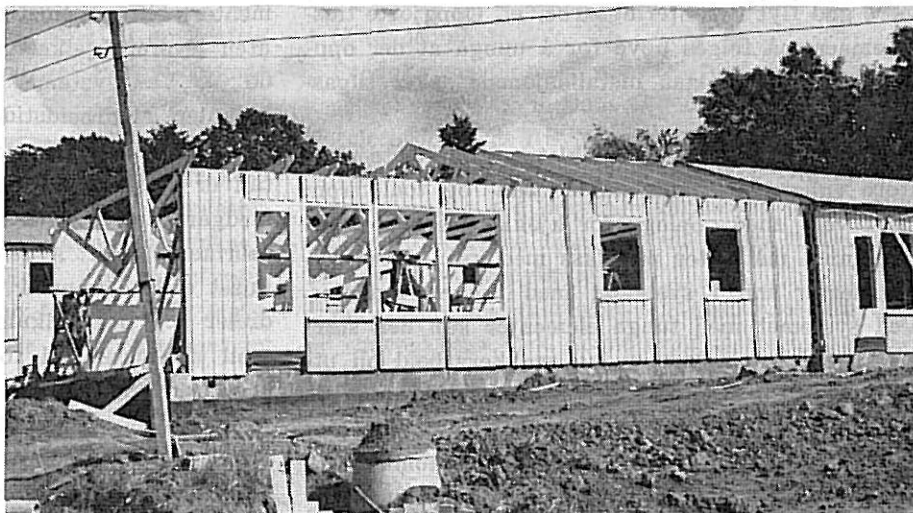
9. Transport.

Transport fra fabrikk til byggeplass utføres normalt av lastebil med tilhenger. Transporten utføres ofte av transportfirmaer fordi disse har muligheter for returtransporter hvilket er avgjørende for transportøkonomien. Bilen er helst utstyrt med kran. Pålessing foregår gjerne ved hjelp av fabrikkens gaffeltrucker som også samler leveransens forskjellige deler fra lagrene. Tunge elementer og seksjoner lesses på bilene gjerne ved hjelp av større kraner.

Et godt veinett er av betydning. Akseltrykkets begrensning på broer og veier kan på visse strekninger vanskeliggjøre transportmulighetene. Vekten av en husleveranse kan alt etter husstype, husstørrelse og leveransens omfang ligge på mellom 10 og 15 tonn.

En annen begrensning gjelder lasteprofilen. Bredden på lastebilen og lass er maksimert i loven. Som tidligere fremholdt, vil bestemmelsen om maksimalbredde særlig ha betydning for seksjonssysteme-

Figur 10: Montering av elementbygd trehus. — Ytterveggselementer er reist, og takstolene er under montering. På huset til høyre er takbord og takpapp lagt — arbeidet inne kan begynne.



met. Tillatt maksimalbredde på transportveien eller på jernbanen er ved dette system et av de vesentlige forhold som må være kjent ved planlegging av hustyper og produksjonsopplegg. Vekten av seksjonen er liten i forhold til volumet. Høyden på seksjonen er stor og betinger at man har lave lastepplaner. Jernbaneunderganger o.l. setter en grense for høyden på lasset. For transport av seksjoner kan det derfor bli spørsmål om bruk av spesialvogner. Lave jernbaneunderganger kan også ved prekutt-systemet og elementsystemet virke begrensende på transportkapasiteten.

Lossing på byggeplass av prekuttete materialer og lette elementer utføres med håndkraft eller bilkran. For den interne transport på byggeplass og for monteringen er det viktig at lossing og lagring skjer etter en oppgjort plan. Hensikten med planen må være å redusere til et minimum den videre håndtering av leveransen.

Tunge elementer og seksjoner må losses med en større kran, f. eks. en mobilkran. Kranen må plassere elementene, respektive seksjonene, direkte på plass i bygget. Seksjoner kan også losses og monteres ved hjelp av ruller og don-krefter. Seksjonene bør være slik plassert på bilen at de ikke behøver vendes ved montering, men kan ruller rett inn på plass.

10. Montering.

Monteringsarbeidet er avhengig av det system som velges. Dette gjelder både arbeidsmengde, metoder og det utstyr som brukes. Monteringsarbeidet må utføres etter en bestemt plan slik at det ikke oppstår ventetider. Grunnmuren må stå klar før monteringen begynner. Med ferdig grunnmur forstås grunnmuren avrettet, utvendig drenering lagt og grøftene igjenfylt, slik at man kan kjøre helt inntil kjellerveggen om ønskelig. Det vil også være en fordel om vann- og kloakkledninger

er lagt, grøfter igjenfylt og kjelleren kultet og grovstøpt innvendig.

Grunnmuren må ha nøyaktig mål og være avrettet i plan og vater for å unngå opprettingsarbeid ved monteringen. Det har stor betydning at monteringen og lukkingen av huset kan skje raskt, slik at innredninger og kompletterende arbeider kan foregå uavhengig av været. Dette har også betydning for lagring av materialer, ferdige bygningsdeler og utstyr.

Bruk av prekuttete materialer medfører at arbeidet med kapping av trelast er overført fra byggeplass til fabrikk. Kapping på byggeplass er en arbeidsoperasjon med lavt timeforbruk. Et rent prekuttssystem vil derfor bare i liten grad redusere timeforbruket på byggeplassen.

Ved systemet med lette elementer blir en stor del av tømmer- og snekkerarbeidet utført på fabrikk. Det betyr en merkbar reduksjon av timeforbruket på byggeplassen, selv om arbeidet med monteringen tar en viss tid, se *fig. 10*. Monteringsarbeidet er i de fleste tilfelle relativt enkelt å utføre, dog kan en viss instruksjon fra husfabrikkens side være nødvendig. Ved spesielle elementsystemer er en inngående instruksjon nødvendig, og det kan være hensiktsmessig å utdanne spesielle montører.

AB Elementhus bruker spesialarbeidere til montering av sine hus. Disse spesialarbeidere eller husmontører utfører alt arbeid på bygget, også arbeidet med elektriske installasjoner og rørinstallasjoner.

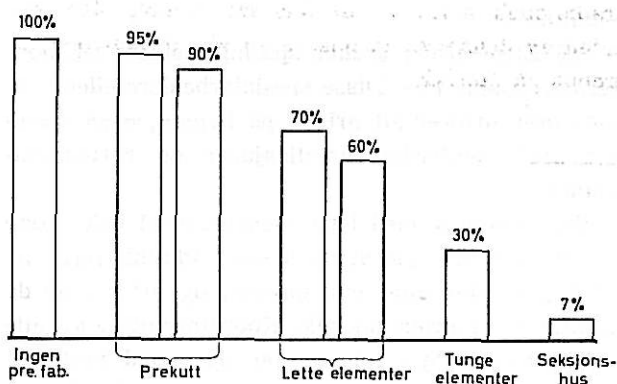
Ved systemet med lette elementer vil i de fleste tilfelle arbeidet på byggeplassen administreres av en byggmester eller entreprenør, og utføres av de vanlige kategorier fagfolk. Koordineringen av alle arbeidene på byggeplassen er også ved prefabrikkerte hus et problem. For å utnytte prefabrikeringsfordeler med hensyn til byggetid, må der

være god flyt i monteringsarbeidet. Oppgjorte tids-skjemaer må følges nøye for å unngå at der oppstår ventetider. Også installasjonene søkes tilpasset dette krav.

I noen land har man utviklet prefabrikerte romstore enheter som inneholder bad- og toalettrom samt vegg med opplegg for kjøkkenets behov. En slik enhet må løftes på plass med kran. Den passer derfor inn i systemet med tunge elementer. Ved systemet med tunge elementer kan den største delen av alt tømrer- og snekkerarbeid bli utført på fabrikk. Dessuten kan en på fabrikk få utført diverse installasjonsarbeider og arbeider med overflatebehandling. Monteringen kommer til som særskilt arbeidsoperasjon og utføres med mobilkran. Monteringsarbeidet må utføres av spesialtrene folk. Husfabrikken kan enten selv stå for monteringen eller overlate monteringen til utvalgte byggmestre eller entreprenører.

Ved seksjonssystemet omfatter monteringen plassering av seksjonene, dekking av skjøter mellom seksjonene, oppsetting av diverse golv- og taklister, sammenkopling av installasjoner etc. og eventuelt påsetting av takrenner og beslag. Monteringsarbeidet må utføres av husfabrikken og med særskilte monteringslag. Systemet betinger at man kan komme til med transportutstyret på selve tomte og så nær grunnmur som er nødvendig for lossing. Seksjonene kan enten løftes eller rulles på plass.

Byggforskningen har kalkulert arbeidstiden på byggeplass ved de forskjellige systemer, se fig. 11. Arbeidstiden gjelder alt arbeid på huset over grunnmur. Hvis huset bygges uten prefabrikering er arbeidstiden 100 %. I forhold hertil er arbeidstiden ved de forskjellige systemene oppført. Et rent prekuttsystem reduserer arbeidstiden på byggeplass til 95 %. Hvis prekuttsystemet omfatter prefabrikerte takstoler, synker arbeidstiden til 90 %. Leverer husfabrikken også ferdige veggele-



Figur 11: Arbeidstid på byggeplass ved forskjellige konstruksjonssystemer.

menter, blir arbeidstiden 70 %, og hvis den dessuten leverer bjelkelagslementer, blir arbeidstiden 60 %. Ved systemet med tunge elementer har vi kalkulert at arbeidstiden blir 30 %, og endelig ved seksjonssystemet er den 7 %. De angitte prosenttall er altså satt i forhold til den arbeidstid som medgår på byggeplass når huset bygges uten prefabrikerte deler. Arbeidstiden gjelder alt arbeid på huset over grunnmur. Det må understrekes at det dreier seg om kalkulerte arbeidstider. Noen kontroll av disse ved forskjellige systemer har der ikke vært anledning til. Ved kalkulasjonene har vi tenkt oss at man på fabrikk utfører så mange arbeidsoperasjoner som det er teknisk mulig innenfor rammen av vedkommende system.

Et viktig forhold ved monteringen er hvem som kontraktmessig har ansvaret for arbeidet på byggeplassen. Har husfabrikken ansvaret, betyr dette at fabrikk er entreprenør for en avgrenset del av huset eller for hele huset levert ferdig med nøkkel i døra. Den andre muligheten er at arbeidet på byggeplassen administreres av en byggmester eller entreprenør. Husfabrikken er da å betrakte som en materialleverandør. I husleveransen kan fullstendige tegninger og beskrivelser inngå. Husfabrikken kan være byggherren hjelpelig med å innhente og vurdere tilbud og kan også tenkes å gi byggherren en skriftlig garanti for den totale byggekostnad for huset inklusive kjeller. Dette betyr at husfabrikken overtar samtlige byggherrefunksjoner og kan levere kunden huset med nøkkel i døra. Husfabrikken kan også selge sitt produkt direkte til selvbyggere og blir i så tilfelle å betrakte som materialleverandør.

11. Leveransens omfang og kostnader.

Verdien av en husleveranse bestemmes av byggesystem og av leveransens omfang. Et eksempel fra Sverige:

Ved systemet med lette elementer var verdien av leveransen omkring 23 000—25 000 svenske kroner. Foruten husleveransen inngikk også dører, vinduer og all fast innredning, men ingen installasjoner. I selve husleveransen var der lagt ned ca. 2000 svenske kroner i direkte arbeidskostnader. Kostnader for salg og administrasjon kunne ligge mellom 1000 og 1500 sv. kr. pr. hus.

Det store beløp i leveransen er materialkostnaden. Materialinnkjøp og materialbesparelser får dermed stor betydning. Materialinnkjøpet skal ikke berøres her. Materialbesparelser etterstrebes ved alle former for husproduksjon enten huset produseres på fabrikk eller på byggeplass. Man etterstreber en lavere spillprosent og et lavere material-

forbruk i selve konstruksjonene. I årene etter krig har vi da sett at dette har ført til en kraftig materialbesparelse. Spørsmålet er: kan vi komme stort lenger?

Angående spillprosenten forsøker husfabrikkene to veier. Den ene er fingerskjøting av all kapp over en viss lengde, den andre er bruken av lengdesorterte materialer. Fingerskjøtte materialer brukes i sekundære konstruksjoner. Skal fingerskjøtingen få noen større betydning, må fingerskjøtte materialer kunne brukes i bærende konstruksjoner og som utvendig panel. Dette er blant annet et spørsmål om å finne et lim som er teknisk og økonomisk gunstig.

Bruken av lengdesorterte materialer krever leveranse av tømmer i lengder i cm tilpasset husfabrikkens krav. Forsøk på å få levert tømmeret i de riktige lengder vil antakelig møte diverse praktiske vanskeligheter. Sådant levering er likevel gjennomført på visse hold. Typehus og standardiserte løsninger av bygningskonstruksjonene er nødvendige forutsetninger for bruk av lengdesorterte materialer.

Materialbesparende konstruksjoner kan fabrikkene lage ved å ta i bruk industrielle fremstillingsmetoder. Som tidligere fremholdt, sparer man materialer ved f. eks. å la kledningene inngå som bærende del av konstruksjonen.

De fleste husfabrikker har imidlertid ikke kommet noen særlig vei med materialsparing i konstruksjonene. Tvert imot ser man eksempler på fabrikklagde konstruksjoner som inneholder atskillig mer materialer enn en tilsvarende konstruksjon bygd på stedet gjør. Vi kan jo spørre på hvilket grunnlag husfabrikkene da kan konkurrere.

Den direkte arbeidskostnaden for å spikre sammen en bygningsdel blir høyere på byggeplassen enn på fabrikk. I våre kalkulasjoner regner vi da med at arbeidsoperasjonene krever større timeforbruk på byggeplass. Dessuten regner vi med at utbetalt timelønn er ca 50 % høyere på byggeplassen enn på fabrikk. Under disse forutsetninger viser kalkulasjonene at materialkostnader og arbeidskostnader tilsammen blir noe lavere når bygningsdelen lages på fabrikk. Marginen er liten. Det

må bety at produksjonsvolumet må være stort for å få lønnsomhet.

Produksjonsvolumet ved de større husfabrikkene i Sverige er mellom 500 og 2000 hus pr år. Totalt produseres i Sverige ca 10 000 trehus på fabrikk, hvorav ca 1000 hus går til eksport. Store utvidelser pågår ved flere av fabrikkene, og det hevdes at utvidelsene samtidig vil gjøre fabrikkene mer konkurransedyktige.

En annen mulighet som husfabrikkene utnytter, er «huspakken», dvs. denne organiserte og samlede materialleveranse til huset. Leveransen inneholder alt til huset over grunnmur, og byggmesteren får leveransen levert ved grunnmur. For byggmesteren betyr dette mindre administrasjon. Bygging av prefabrikerte hus stiller imidlertid store krav til koordineringen av alle arbeidsoperasjoner. En god koordinering er nødvendig for å utnytte helt de muligheter prefabrikasjonen gir til å oppnå kortere byggetid og dermed større produktivitet.

12. Konklusjon.

Den kanskje viktigste forutsetning for lønnsomhet må imidlertid være at fabrikk lager typehus. Fabrikk produserer et visst antall forskjellige elementer eller bygningsdeler om igjen og om igjen. Disse bygningsdelene kombineres så til bestemte hustyper. Hustypene er mer eller mindre forskjellige, men det er de samme elementene som går igjen i dem alle. Dette må være forutsetningen for en rasjonell produksjon. Husfabrikkene har egne typehus utarbeidet av deres egne arkitekter og samlet i huskataloger. Dessuten leverer de gjerne til gruppebebyggelse også om gruppebebyggelsen omfatter andre hustyper enn deres egne, men de må være tilpasset fabrikkens byggesystem.

Konklusjonen må derfor være at produksjon av trehus på fabrikk i dag må gjelde typehus. Prefabrikerte hus må konkurrere i kvalitet og pris med hus bygd på stedet. Byggebransjen står i dag neppe overfor et valg: enten hus bygd på fabrikk eller hus bygd på stedet. Produksjon av trehus på tradisjonell måte vil utvikle seg videre. Men ved siden av denne vil vi nok få en økt produksjon av trehus på fabrikk.

Faint, illegible text covering the majority of the page, appearing to be bleed-through from the reverse side.