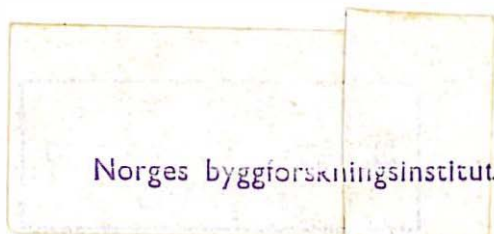


sq 694.1
S

Småhus av tre - fundamenter, bjelkelag, tak og bindingsverk m. m.

Timber frame houses and their foundations

Av Øivind Birkeland, Knut I. Edvardsen, Trond Ø. Ramstad,
Åge Hallquist, Helge Juul, Arne T. Olsen, Ragnar Wiig,
Norges byggforskningsinstitutt



NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



Innhold

Småhus. Av si
Fundamentering
Trebjelkelag utført som plattformkonstruksjon. Av siv.ing.
Gulvbelegg og taktekin
Prefabrik
Bind
Den produksjonstekni

sg 694.1: 728.3

s
6 ex

erte t
in

Tre det dominerende materiale

I Norge er hovedtyngden av boligproduksjonen småhus – en-, to- og firemannsboliger. Ca 70 % av alle nye leiligheter er småhusleiligheter, og omkring 75 % av disse igjen er eneboliger. Dette gjør at Norge står i en spesiell stilling i Europa. Det gjør også det forhold at den alt overveiende del av småhusene bygges av tre. En god del hus bygges av lettbetong og andre materialer, men trehus er allikevel dominerende.

Det er vanskelig å peke på årsakene til dette. Prisen på de forskjellige materialene er ikke så avvikende i Norge i forhold til andre land at det kan forklare forholdet. Det ligger nær å anta at en av årsakene er våre meget lange tradisjoner på trehusbyggingens område.

De gamle norske boliger som ble bygd helt til slutten av forrige århundrede, var laftede tømmerhus, i stor utstrekning panelte ut- og innvendig. Så overtok plankelaft og reisverkshus, og etter hvert bindingsverkshus med 4" x 4" stolper i en avstand av 120 cm og med 2 lag panel og 2 lag papp ut- og innvendig. Bjelkelagene hadde vanligvis leirfyll. Veggene var hule (man kan finne kutterspon o.l. i hulrommene i enkelte distrikter).

Bindingsverkshus dominerer idag

Men reisverkshus holdt seg i mange deler av landet helt ut i 50-årene. Omkring 1949–50 begynte et nytt sprang fremover, muliggjort av moderne isolasjons- og platematerialer. Vi gikk over til 2" x 4" bindingsverk i 60 cm avstand og en kledning ut- og innvendig (særlig innvendige platematerialer). Hulrommet ble fylt med 10 cm mineralull. Tetthet mot vind utenfra og fuktig luft innenfra avhenger av papplag, respektive plastfolielag. Bjelkelagene blir fylt med mineralull. Vektbesparelsene muliggjør en reduksjon i bjelkedimensjoner. Fagverkstakstoler som spenner fra yttervegg til yttervegg, ble alminnelig. Senere har platematerialer også i stor utstrekning overtatt etter gulvbordene.

Denne omleggingen betyr at man kan bygge hus som er meget bedre enn tidligere (særlig med hensyn til varmeisolasjon og vindtetthet), og med en brøkdelen av den trelastmengden man brukte før. Isolasjons- og platematerialer har hatt en gunstigere prisutvikling enn trelast, og dette gjør at trehus fortsatt er meget konkurransedyktige økonomisk.

Den her skisserte byggemåte er den helt dominerende i dag. Enkelte arbeider med et såkalt "post and beam"-

system, dvs. den bærende funksjon konsentreres om stolper og bjelker i en viss avstand, og vegg og golv blir utfyllende ledd mellom disse. Det er forståelig at dette for den interesserte arkitekt skaper en viss orden og gir bestemte arkitektoniske uttrykksmidler, men det er vanskelig å se at det gir noen større frihet i planløsningene enn bindingsverket. Den økonomiske siden av saken er ikke nærmere undersøkt.

Prefabrikasjon

Prefabrikasjon av trehus har vi hatt i beskjeden skala helt siden slutten av forrige århundrede. Volumet har svingt mellom nesten ingen ting og enkelte optimistiske oppblomstringer, men mengdemessig har de prefabrikerte trehusene ikke spilt noen stor rolle inntil det for noen få år siden åpentbart skjedde noe. I løpet av tre-fire år steg deres andel til mer enn 1/3 av alle trehusene. Og denne gangen ser det ut til at de prefabrikerte trehusene er kommet for å bli. Vi er inne i en industrialiseringsprosess, men samtidig er vi også inne i en industrialiseringsprosess for trehus bygd på stedet.

Rasjonalisering på byggeplassen

Arbeidet organiseres på plassen etter industrielle metoder. De forskjellige arbeidslag går etter hverandre og utfører det samme arbeid på hus etter hus. Dette forutsetter at huset er konstruert slik at hvert enkelt lag kan utføre sitt arbeid uavhengig av andre lag. Tømmerarbeidet deles f.eks. opp i en rekke operasjoner, og innimellom disse må rørleggere, elektrikere og andre utføre sine arbeider, også oppdelt på flere operasjoner. Samtidig viser erfaring at bruk av såkalt arbeidsplattform (slik at man slipper å hoppe fra bjelke til bjelke) legger grunnlaget for en ny arbeidsmetodikk som betyr radikale besparelser. Vi vet også nå at nesten enhver planløsning kan bygges av tre i noen få tverrsnittsdimensjoner og i noen få ferdigkappede lengder. Vi klarer oss med prefabrikerte takstoler i noen få spennvidder, og vi kan bruke platematerialer på gulv, himling, tak og vegger på en slik måte at vi mest mulig utnytter hele platemater. Dette betyr vesentlige arbeidsbesparelser, men også vesentlige *materialbesparelser*.

I begynnelsen av 50-årene kunne man bruke 2500 timer på å bygge et husbankfinansiert hus. Vi var – før den

siste omlegging som vi nå er midt inne i – kommet så langt at de som var dyktige, hadde presset dette tallet ned imot 1000 timer. Den nyomlegging som vi nå er inne i, ser ut til å kunne presse timetallet ned mot det halve av dette igjen. Den målkoordinering som gjennomføres, medfører samtidig materialbesparelser.

Når det gjelder prefabrikasjon, så begynte utviklingen med lemmes så små at to mann kunne bære dem (precut regnes her nærmest som bygging på stedet). Dette førte til at man vanskelig kunne prefabrikere gulvene som ble for tunge. Senere har utviklingen gått mot større og tyngre enheter, med økende prefabrikasjonsgrad. Neste skritt er seksjonshusene som bygges sammen på stedet av noen få "bokser", levert ferdig fra fabrikk. På denne måte kan prefabrikasjonsgraden drives lengst, og byggeplassarbeidet blir minimalt. Mulighetene begrenses her av hvor store kollar man kan transportere på veiene.

Alt i alt ser det ut til at både en langt dreven prefabrikasjon og en industrialisert bygging på stedet i serier gir store muligheter. En sunn konkurranse mellom disse utviklingslinjer må antas å kunne drive utviklingen ytterligere fremover.

Fundamenteringsarbeidet må forenkles

Uansett prefabrikasjon og bygging på stedet og uansett materiale så har småhusene ett til felles: fundamenteringen utgjør en forholdsvis stor del av byggekostnadene. Det har derfor stor betydning å kunne forenkle fundamenteringsarbeidet. Ved ikke å føre fundamentene ned i konvensjonell frostfri dybde, ved å bruke plate på grunnen og ved å bruke pilarfundamenteringer m.v. kan man oppnå meget, men også hvis man ønsker en kjellerløsning, kan denne rasjonaliseres sterkt ved bygging på stedet.

De forsøk vi har sett på prefabrikasjon, har særlig tatt sikte på kjellerløsninger. Prefabrikasjonen er her noe handicappet, idet man må dimensjonere disse beregningsmessig. De konvensjonelle løsninger beregnes aldri, og en beregning ville i mange tilfeller vise at de ikke var sterke nok. Prefabrikasjon kan imidlertid sikkert også anvendes for andre løsninger, f.eks. løsninger med pilarfundamentering.

Alt i alt kan man si at småhusbygging nå er inne i en meget hurtig utvikling som vil føre til vesentlige innsparinger.

Forenklinger og utgiftsmessige reduksjoner muliggjort med de nye byggeforskriftene

De nye byggeforskriftene, som er gjort gjeldende fra 1. april i år, åpner muligheter for å kunne benytte langt enklere og mer rasjonelle fundamentkonstruksjoner i småhusbyggingen enn de som stort sett blir benyttet i dag. Artikkelen beskriver i korte trekk de mest aktuelle metodene og hvilke grunnforhold de egner seg for.

Innledning

Kostnadene ved fundamentering av småhus er vanligvis store i forhold til resten av bygningen. Det er derfor av stor betydning å utføre fundamentene så enkle som mulig. Som et ledd i arbeidet med rasjonalisering av vår småhusbygging har Norges byggforskningsinstitutt derfor tatt opp arbeidet med å utvikle ukonvensjonelle fundamenteringsmåter som kan føre til store innsparinger. Samtidig har man arbeidet med å forbedre og forenkle de vanlige fundamenteringsformer.

Mens de gamle byggeforskriftene forlanger at fundamentene skal føres ned i frostfri dybde, og således ikke gir anledning til f.eks. å utnytte varmen som strømmes gjennom gulvet i huset til å holde fundamentene frostsikre, sier de nye forskriftene som trådte i kraft 1. april 1970 bl.a. følgende:

"For småhus kan bygningsrådet tillate at fundamentbredden fastsettes uten at det foreligger statiske beregninger.

Fundamentene skal utføres slik at bygningen ikke kan skades av tele. Når jordarten er særlig teleskytende, skal det treffes tiltak for å hindre telelofting ved sidegrep.

Når grunnmuren støpes og det er alminnelig gode grunnforhold, kan bygningsrådet tillate at grunnmuren settes direkte på komprimert bærelag av egnet materiale, slik at dette tjener som fundament."

Dette åpner muligheten for store forenklinger og utgiftsmessige reduksjoner.

Ved siden av å skulle overføre egenvekten av huset, nyttebelastningen, vindpåkjenninger m.v. til grunnen uten at det oppstår skadelige bevegelser, skal fundamentet danne et hensiktsmessig og tilfredsstillende skille mellom den fuktige grunnen og råbygget og et rasjonelt utgangspunkt for det videre arbeid med huset.

Når vi fundamenterer et hus med tradisjonelle grunnmurer til frostfri dybde, er de generelle krav til husfundamenter i almindelighet oppfylt. Blant annet er vekten av den utgravede masse omtrentlig kompensert av husets vekt, og fundamentene ligger under telefarlig nivå.

Så snart vi avviker fra de tradisjonelle fundamenteringsmetoder, blir problemer med setninger, telehiving, sidestivhet, varme- og fuktisolering straks mer påtrengende, det er derfor meget viktig at man tar hensyn til og skaffer seg rede på belastninger, grunnforhold, terreng, klimatiske påkjenninger etc., slik at man kan velge den mest hensiktsmessige utførelse, og kan unngå senere skader.

Når man sløyfer kjeller, må noe av den oppbevaringsplassen man hadde i kjelleren erstattes på 1. etasjes plan. Dette øker husets størrelse, og tidligere undersøkelser viste at ved fundamentering på jordtomter sparte en ikke noe særlig ved å sløyfe kjelleren. I dag kan imidlertid utførelsene forenkles så meget at det er grunn til å tro at en sløyfing av kjelleren med ertstatningsarealer på 1. etasjes gulvplan også egner seg på jordtomter.

Vi har følgende aktuelle fundamenteringsformer for småhus:

- Fundamentering på ringmur, første etasjes gulv liggende på marken. (Gulv direkte på grunnen).
- Fundamentering på ringmur, men med 1. etasjes gulv frittstående slik at det dannes et kryperom.
- Pilarfundamentering.
- Fundamentering på borede betongpeler.
- Vanlig kjellerfundamentering.

Gulv direkte på grunnen

I Norge har denne fundamenteringsmåten vært lite påaktet, men i våre naboland Sverige og Finland har et betydelig antall hus med gulv direkte på grunnen blitt bygd gjennom en årrekke. Erfaringene her synes å være svært positive når tilstrekkelig hensyn blir tatt til de spesielle forhold som reiser seg i forbindelse med denne fundamenteringsformen i vårt klima. *Figur 1.*

Gulv direkte på grunnen egner seg best der man har fast lagret sand og grus med god avstand til fjell, eller jevn avstand til fjell eller leire og silt med så tykk tørrskorpe at det blir igjen tilstrekkelig tørrskorpe under funda-

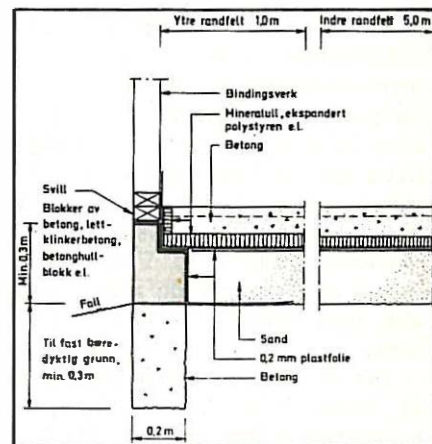


Fig. 1. Gulv direkte på grunnen med vegger oppført i bindingsverk. Dersom ringmurblokkene ikke i seg selv er varmeisolerende, må ringmuren gis en vertikal isolasjon over terrengnivå. Denne isolasjonen kan plasseres innvendig eller utvendig.

mentene. Videre må dybden til fjell være noenlunde jevn, eller fjellet må ligge tilstrekkelig langt nede. Fundamenteringsformen kan også egne seg på fast fjell i dagen forutsatt at terrenget er noenlunde plant.

Tidligere ble gulv på grunnen vesentlig anvendt under meget plane terrengforhold. Med moderne jordflytningsmaskiner og moderne komprimerings-teknikk er det imidlertid i dag mulig og ofte økonomisk fordelaktig å tildanne terrenget før fundamenteringen utføres, slik at gulvet kan legges direkte på terreng (eventuelt oppfylt terreng).

Gulv direkte på grunnen byr umiddelbart på en rekke fordeler. F.eks. får arkitektene anledning til å legge huset lavt over terrenget, man sparer store masseutgravninger, gulvet gir en utmerket arbeidsplattform for det videre arbeid med råbygget, og varmeteknikk utnytter fundamenteringsmåten grunnens varmekapasitet og varmeisolasjon. *Figur 2.* Varmetapet gjennom tilfredsstillende konstruerte gulv direkte på grunnen er mindre enn gjennom bjelke-lag over kjeller. Samtidig viser målinger at jordlag på flere meters dyp berøres av varmestrømninger fra gulvet.

På den annen side stiller konstruksjonen visse krav til frostsikring i byggeperioden, til tomteforhold o.l.

I de nye byggeforskriftene stilles det krav om at *uoppvarmede* gulv direkte på grunnen skal varmeisolereres slik at den samlede varmegjennomgangskoeffisient fra innvendig luft til fri luft ikke overstiger $0,40 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ for et 6,0 m bredt randfelt langs bygningens yttervegger. For gulvflaten innenfor randfeltet stilles ingen krav til varmeisoler- ing.

I veiledningen til de nye byggeforskriftene er det gitt en beregningsmetode for bestemmelse av gulvets k-verdi. Her er det 6 m brede randfeltet delt opp i et indre og et ytre randfelt på henholdsvis 5 m og 1 m.

Grunnens varmemotstand er da antatt å være som vist i tabell 1, dersom det ikke blir gjort spesielle grunnundersøkelser. I de oppgitte verdier er både den indre og den ytre overgangsmotstanden tatt med. Det er forutsatt at jordlaget under gulvflaten er minst 1,2 m tykt og at grunnvannstanden vanligvis ikke trenger opp i dette jordlaget. Ved beregning antas grunnen å begynne ved gulvets underside. Drenslag av singel eller kult kan imidlertid medregnes i gulvets varmemotstand dersom laget er minst 150 mm tykt. Motstanden kan settes til $0,20 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/kcal}$.

Beregningsmetoden har den svakhet at den bare tar hensyn til konstruksjoner der varmeisolasjonen ligger horisontalt i selve gulvet. Det kan være aktuelt også å plasere isolasjonen vertikalt i forbindelse med ringmuren, eller horisontalt i marken utenfor huset.

Ved NTH, Institutt for husbyggings-teknikk, er det nå utviklet regneprogrammer (EDB) for beregning av to- og tredimensjonal varmestrømning rundt husfundamenter med gulv direkte på grunnen slik at man kan få kartlagt temperaturforholdene rundt fundamentet.

Oppvarmede gulv bør ha bedre varmeisolasjon

Når det gjelder oppvarmede gulv (f.eks. ved hjelp av varmekabler), stilles det ingen spesielle krav til varmegjennomgangstallet for disse, men både av tekniske og økonomiske grunner bør gulv av denne art gis en bedre varmeisolasjon enn uoppvarmede gulv.

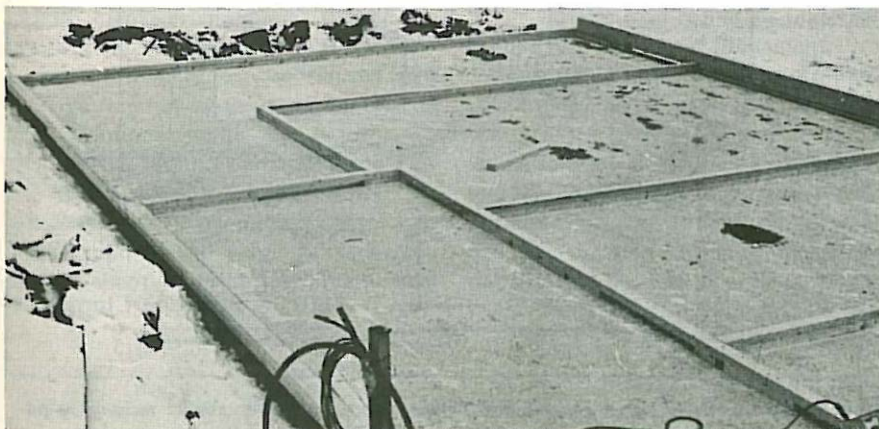


Fig. 2. Bindingsverkshus under oppføring på gulv direkte på grunnen.

Tabell 1: Grunnens varmemotstand i $\text{m}^2 \text{ h}^\circ \text{C/kcal}$ Gjennomsnittsverdier for ytre respektive indre randfelt		
JORDTYPE	Ytre randfelt 1.0 m bredt	Indre randfelt 5.0 m bredt
Leire ¹⁾ (Tørr sand og grus)	1.1	2.2
Mjele Mo Sand ¹⁾ Grus ¹⁾	0.8	1.4
Morene Leiret morene Fjell	0.6	1.0

¹⁾ Hvis grunnen består av sand eller grus og grunnvannets flate ikke ligger høyere enn 2.5 m under gulvflaten, kan samme varmemotstand anvendes som oppgitt for leire.

Spesielt gjelder at hele gulvet blir varmeisolert, og ikke bare randfeltene. Varmegjennomgangstallet eller varmemotstanden kan beregnes som for uoppvarmede gulv.

Temperaturfordelingen i marken rundt et gulv direkte på grunnen vil avhenge av en rekke faktorer, slik som stedlige klimaforhold, (temperaturforhold, snemengde etc.) jordart, varmetap fra bygningen osv. Både målinger og beregninger, viser imidlertid at varmetapet i bygninger som holdes jevnt oppvarmet i den kalde årstiden normalt er stort nok til å holde grunnen under gulvet frostfri, dvs. 0° -isotermeren ikke går opp under kantfundamentet.

Dette betyr at man selv på telefarlig grunn kan bygge med liten fundamentdybde. Minimumsfaktoren blir ofte i virkeligheten grunnens bæreevne. Av praktiske grunner (bed o.l.) bør imidlertid fundamentmuren føres min. 0,3 m ned i bakken.

I ugunstige tilfeller kan det imidlertid være nødvendig å ta spesielle forholdsregler for å hindre teleløftning. Dette gjelder spesielt ved hjørnene hvor varmetapet er størst. Slike forholdsregler er f.eks. å skifte ut telefarlige masser ved hjørnene med telefrie, eller ved å isolere marken utenfor huset.

Spesielle forholdsregler må man også ta for uoppvarmede boder o.l. som skal erstatte de rom som vanligvis ligger i kjelleren. Disse kan være å anordne dilatasjonsfuger mellom uoppvarmede og oppvarmede bygningsdeler eller å støpe inn varmekabler i platekanten.

Gulv direkte på grunnen stiller spesielle krav til fuktisolering

I de nye byggeforskriftene heter det: "Bygning med gulv under terreng skal dreneres hvis grunnen ikke er selvdrenerende. Andre bygninger skal dreneres når det er nødvendig".

Her i landet har det vært vanlig å legge inn en damp(fukt)sperre i form av plastfolie i gulvkonstruksjonen. Dersom denne gjøres helt tett skulle det altså i og for seg ikke være noe i veien for å sløyfe drenasjen rundt huset. Metoden har imidlertid som regel den ulempen at den hindrer en effektiv uttørking av byggfukten i betongplaten og underliggende varmeisolasjon. Undersøkelser i Sverige tyder på at man ved sløyfing av plastfolien og bruk av riktig kombinasjon av isolasjon og kapilærbrytende sjikt kan få en nedadrettet langtidsuttørking av betongplaten.

Det ideelle er imidlertid å plasere en diffusjonssperre på den "varme" siden

av konstruksjonen. Ved NBI arbeides det derfor nå med forskjellige alternativer for plasing av dampsperre i form av et påstrykningsmiddel direkte på betongplaten.

Selve gulvet eller platen støpes vanligvis i tykkelser fra 80–150 mm, avhengig av belastningen og underlag. Mot ytterveggen kan betongplaten enten avsluttes mot et kantfundament, legges over dette, eller forsterkes og danne fundament for yttervegg. Platen armeres som regel med vanlig avinnarmering.

Fundamentering med ringmur, redusert fundamenteringsdybde og ventilt kryperom

Fundamentering med ringmur og kryperom er en forholdsvis vanlig metode her i landet. Dessverre har kryperomsløsningen vært befengt med en rekke skader, for det meste fukt-skader i bjelkelaget over kryperommet. Andre ulemper ved konstruksjonen er at man har måttet føre fundamentene ned til frostfri dybde og anordne drenering rundt huset, hvilket har ført til uforholdsmessige store utgifter.

NBI har arbeidet for å finne frem til løsninger som eliminerer disse problemene, og et eksempel er vist i figur 3.

Som man ser, baserer den nye konstruksjonen seg på at man utnytter varmetapet fra gulvet til å holde fundamentene frostfrie. For å unngå skader må derfor huset holdes oppvarmet i vinterhalvåret uten for lange avbrekk. Fundamenteringsdybden kan fastsettes etter tabell 2.

Fundamenteringsformen egner seg ved de samme grunnforhold som er nevnt under gulv på grunnen, men er noe lettere å tilpasse på kupert terreng. Til tross for at kryperommets høyde

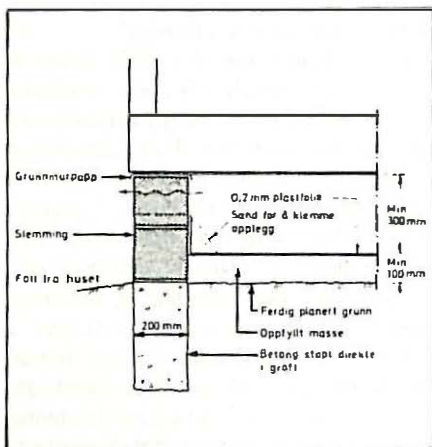


Fig. 3. Fundamentering med ringmur, ventilt kryperom og redusert fundamenteringsdybde.

Tabell 2. Fundamenteringsdybde ved kryperom:			
Ventiltvernsnitt pr m ² flate av huset cm ² /m ⁰	Varmegjennomgangstall for bjelkelaget kcal/m ² h ² °C	% av frostfri dybde	
		Langs fāsaden og mer enn 2 m fra utgående hjørne	Ved utgående hjørne og inntil 2 m fra hjørnet
10	0,50	30	45
10	0,35	40	60
20	0,35	50	75

Tabellen gjelder når laveste månedsmiddel i rom over gulvet er 20°C (dvs. boligrom) og gulvet i kryperommet ikke ligger dypere enn omliggende terreng. Varmegjennomgangstallet for ringmuren skal høyst være som for vegger mot kjellerrom etter de nye byggeforskriftene.

etter de nye byggeforskriftene kan innskrenkes til 0,3 m, fordres det at ringmuren har en viss høyde over terreng. Til dette kommer at det er vanskelig helt å unngå å gjøre noe arbeid fra kryperommet. Mye taler derfor for at kryperomsfundamentering etter hvert vil bli fortrent til fordel for gulv direkte på grunnen.

Pilarfundamentering

Denne egner seg særlig der det er kupert terreng og hvor man ønsker å gjøre minst mulig inngrep i terrenget. Se figur 4. Pilarer egner seg der det er fast fjell i dagen eller like under overflaten. Dersom grunnen er så bæredyktig at man ikke trenger for stor utvidelse av pilarer for å danne fundament, kan pilarer egne seg på grunnforhold som fast lagret sand og grus med god avstand til fjell, eller jevn avstand til fjell og leire og silt med så tykk tørrskorpe at det blir igjen tilstrekkelig tørrskorpe under fundamentene. Dybden til fjell må være noenlunde jevn, eller fjellet må ligge tilstrekkelig langt nede.

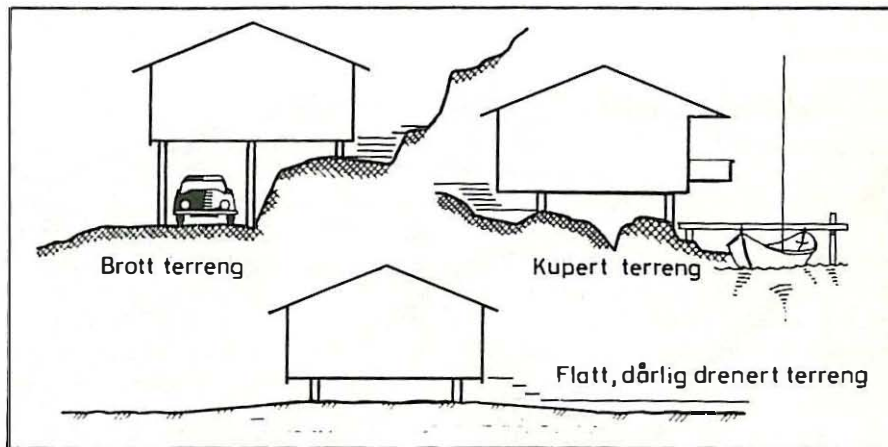


Fig. 4. Hus på pilarer er særlig godt egnet for steder med bratt eller kupert terreng og på flatt terreng med dårlige dreneringsforhold.

papp eller av asbestcement. Skjøting av forskalingen utføres med løse mansjetter (møffer), som spennes fast med båndstål. Til støtte og oppretting av pilarforskalingen kan man ofte bruke stålbejelken som siden skal legges som dragere over pilarrekken.

Hvis grunnforhold og andre forhold tillater det, bør det overveies å grave hull ved hjelp av skovlbor eller såkalt jordskrue, sette asfalterte papprør ned i frostfri dybde og støpe pilaren ved rett og slett å fylle hullet med betong.

Fundamentering på borede betongpeler

Denne fundamentering er vist i figur 5. Den egner seg særlig for grunnforhold med meget lite bæredyktig grunn, og skulle kunne bety en løsning som gjør det mulig å utnytte grunn som ellers neppe kunne bebygges på økonomisk måte.

Metoden, som er utviklet av NGL i samarbeid med NBI, består ganske enkelt i at et spiralformet bor skrues ned i jorden. Når man låser det fast og trekker det opp, vil jorden, som ligger i boret, følge med.

Hvis det er tørr og stabil grunn, kan hullet bores først og så fylles med betong etterpå.

Er grunnen bløt og ustabil, fylles hullet med betong etter hver som boret trekkes opp. Dette skjer gjennom rør som er kjernen i spiralboret. Betongen fylles under trykk. I øverste del av hullet (telefritt nivå) og så langt over terrenget som pelen skal være, brukes papprør med samme diameter som boret. Papprøret under terrenget må ha et sidegrefhindrende sjikt.

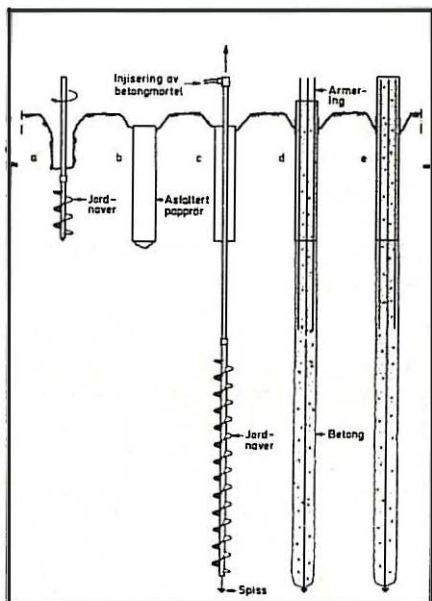


Fig. 5. Fundamentering med borede betongpeler.

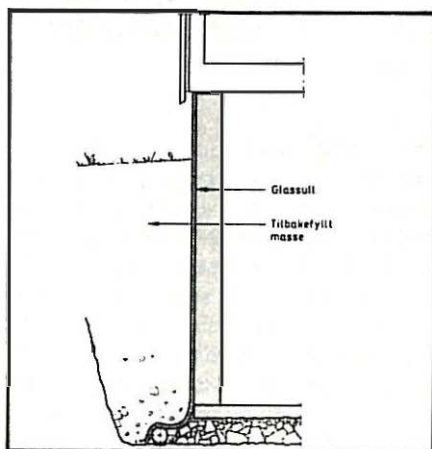


Fig. 6. Kjellerløsning med utvendig drenering av glassull.

Kjellerfundamentering

Vanlig kjellerfundamentering anses såpass kjent at nærmere omtale er unødvendig. Imidlertid kan fundamenteringen rasjonaliseres vesentlig ved bare å bruke ringmur og la innvendig bæring skje gjennom søyler og dragere og dessuten kombinere dette med en produksjonsteknisk rasjonalisering av arbeidet med ringmuren. Dette kan f.eks. oppnåes ved bruk av systemforskaling eller prefabrikerte grunnmurselementer.

Produksjonsteknisk vil det også være en fordel å legge ut et sammenhengende kultlag med betongstøp i hele husets bredde og lengde og sette ringmuren opp på dette. Man regner da underkant kultlag som underkant fundament.

Som kjent ligger en kjellergrunnmur delvis over, delvis under terrenget. Dette skaper visse problemer med hensyn til varmeisolasjon dersom ikke veggen i seg selv er isolerende. En måte å løse problemene på er å legge varmeisolasjonen på utsiden av grunnmuren fra dreneringen og helt opp til grunnmurens kronen. Vi har i dag isolasjonsmaterialer

som kan tåle de aktuelle påkjenningene og som samtidig er tilstrekkelig billige.

Prinsipielt skal det mot kjellerveggen tildannes et drenerende lag som leder alt vann ned til drensledningen så effektivt at det ikke dannes vanntrykk mot veggen. Det kan i og for seg godt sildre vann ned langs veggen, men dette må ikke stå under trykk.

Den vanlige måten å klare dette på har vært å tilbakefylle mot grunnmuren med masser som lett slipper vannet gjennom. Slike masser har man sjelden for hånden, og skal resultatet bli tilfredsstillende, er utførelsen arbeidskrevende. Det finnes nå andre metoder. De metoder som er foreslått, er i det vesentligste følgende:

- mineralull utenpå grunnmuren
- ett, alternativt to lag (krysslågt) bølgeasbestcementplater lagt utenpå grunnmuren.
- plastplate med fremspringende knotter som sikrer et luftrom mellom platen og grunnmuren
- som b eller c, men med mineralull bak platen

NBI har foreløpig bare hatt anledning til å undersøke ett alternativ, nemlig med glassull.

Resultatene hittil ser meget lovende ut. NBI mener derfor å kunne anbefale denne utførelsen. Det er å håpe at NBI også må få anledning til å undersøke andre utførelser.

Slike utførelser burde kunne bli så gode at de også skulle kunne brukes der hvor det er oppholdsrom på innsiden av veggen, altså i de tilfellene hvor man tidligere har brukt areaer.

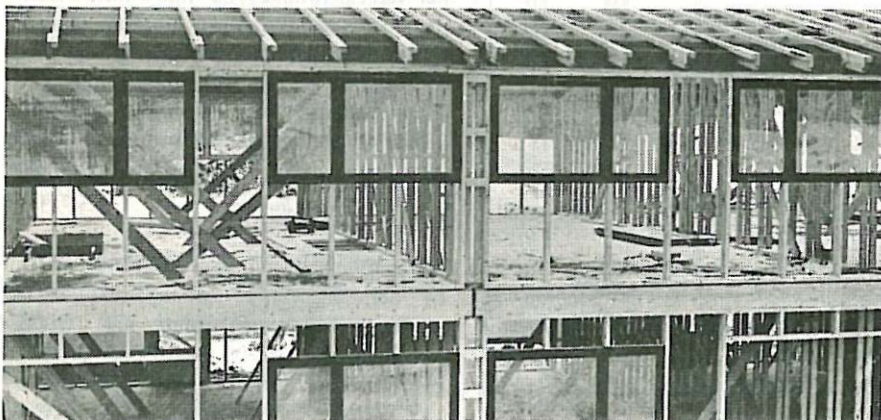
Konklusjon

De nye byggeforskriftene åpner muligheter for fundamenteringsformer som er vesentlig enklere enn de konvensjonelle. Samtidig kan man oppnå større sikkerhet mot fukt fra grunnen o.l.

Vesentlig er det at man i langt større grad enn tidligere tar hensyn til tomteforhold, hustype, klima, produksjonsapparat o.l. ved valg av fundamenteringsform, slik at man oppnår et "økonomisk" fundament og samtidig unngår skader.

Produksjonstekniske og sikkerhetsmessige fordeler ved denne metoden

Sammenlignet med konvensjonell trehusbygging gir plattformkonstruksjonen mulighet for en vesentlig mer rasjonell bygging av småhus i tre. Utgangspunktet for konstruksjonen er bjelkelaget med undergulv som danner en arbeidsplattform under byggeperioden. Artikkelen beskriver i korte trekk oppbyggingen av bjelkelaget, hvilke materialer som benyttes og hvilke fordeler plattformkonstruksjonen innebærer.



Figur 1. To-etasjes hus med plattformkonstruksjon under oppføring.

Hva er en plattformkonstruksjon?

Plattformkonstruksjonen er ganske enkelt et bjelkelag med et fast undergulv som legges tidligst mulig før det videre arbeidet med bindingsverket m.v. tar til. Undergulvet som benyttes til plattform, kan utføres med plater av forskjellig slag eller med bord, og bindingsverket plasseres oppå plattformen som er det faste plan for alt senere arbeid.

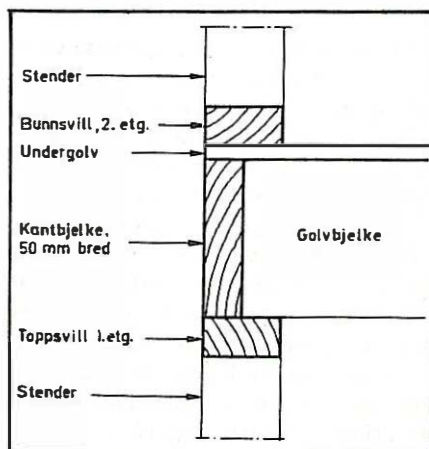
Plattformkonstruksjonen kan benyttes ved alle typer småhus av tre, hvor sammenbyggingen skjer på byggeplassen (tradisjonell bygging, prekappsystem og systemer med lette elementer). Fordi man ved plattformkonstruksjonen bør plassere isolasjonen nedenfra, egner den seg best ved mellombjelkelag og bjelkelag over kjeller eller høy pilarfundamentering.

Oppbygging av plattformen

Gulvbjelkene legges først ut på fundamentet eller de bærende veggene. Så snart alle vekslinger er utført og bjelkene avrettet, spikres et undergulv fast over hele bjelkelaget. Det samme undergulvet danner senere underlag for gulvbelegget som legges senest mulig i byggeperioden.

For at gulvbjelkene skal ligge på plass under spikring av undergulvet er det en fordel å feste en kantbjelke til enden av gulvbjelkene, se figur 2. Kantbjelken

tjener også som understøttelse av platekant ved ytterveggen, når det benyttes plater som undergulv. For å unngå unødig oppretting av gulvbjelkene må murkronen avrettes nøyaktig, og det bør bare brukes justert skurlast til bjelker. Som det fremgår av figur 2, legges bjelkelaget og undergulvet helt ut til ytterkant av bindingsverket. Alle vegger utføres med bunnsvill og plasseres oppå undergulvet. Ved gavlveggene plasseres ytterste gulvbjelke sentrisk under veggen som vist på figur 3.



Figur 2. Snitt av bjelkelag ved langvegg. Figuren viser et mellombjelkelag med kantbjelke. Ved krymping av trematerialene ser man at huset vil sette seg jevnt uten at sprekker oppstår i overgangene mellom vegger og bjelkelag.

Fordeler ved plattformkonstruksjonen

Ved å bruke plattformkonstruksjon oppnår man flere fordeler. De viktigste er:

– En effektiv og trygg arbeidsplass

Man slipper å balansere på bjelkene og på midlertidig, løst utlagte bord eller plater som ligger og vipper. Mange arbeidsulykker kan unngås ved at dette faremomentet elimineres. Materialer og verktøy kan plasseres hvor det måtte ønskes, mister man noe, forsvinner ikke gjenstanden ned i kjelleren.

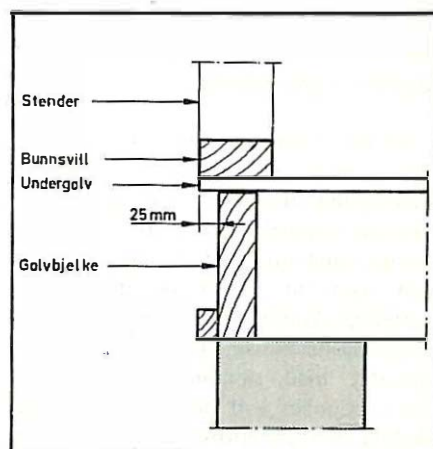
– Produksjonstekniske fordeler

Oppmerking for samtlige vegger utføres raskt og enkelt på plattformen. Veggene spikres sammen liggende på plattformen og reises så på denne i hele veggens lengde. Under arbeidet med ovenforliggende bjelkelag kan snekkere stå på bukker som flyttes rundt på undergulvet, eller bruke spesielle stylder (se ill. i R. Wiigs artikkel).

Plattformkonstruksjonen gir en rasjonell oppsplitting av arbeidsoperasjonene ved at en bygningsdel kan avsluttes uavhengig av de tilstøtende deler.

– Konstruktive fordeler

Ved at alle vegger plasseres oppå undergulvet og stenderne derved ikke går igjennom bjelkelaget, blir setningene jevne overalt. Setninger som følge av krymping i bjelkelaget vil heller ikke komme tilsyne som sprekker ved gulv og tak fordi gulv og taklister følger med.



Figur 3. Snitt ved gavlvegg av bjelkelag på grunnmur. Muren er trukket 25 mm inn fra ytterkant av bindingsverk slik at utvendig kledning kan trekkes ned foran muren selv om denne er uøyaktig støpt eller murt.

Krav til undergulvmaterialet

Som følge av at undergulvet benyttes som arbeidsplattform før huset er kommet under tak og innkledd, må det stilles strenge krav til undergulvmaterialet. Plattformen må kunne legges i all slags vær, og undergulvet må tåle nedbør i form av regn eller snø. Det er viktig å få huset hurtig under tak, men forskjellige forhold kan gjøre at plattformen blir liggende ubeskyttet i lang tid. Da er det avgjørende at undergulvet ikke mister sine stivhets- og styrkeegenskaper og at nedfukting ikke fører til sjenerende dimensjonsendringer.

I byggeperioden vil undergulvet også bli utsatt for støt og slag fra materialer og verktøy, f.eks. i forbindelse med murarbeid eller snømåking om vinteren. Dette krever et robust materiale. Hakk og ujevnheter i overflaten på grunn av behandlingen må man alltid regne med. Undergulvet må derfor lett kunne behandles slik at man får den nødvendige jevne overflaten som kreves for tynne gulvbelegg som legges oppå.

Forskjellige (typer av) undergulvmaterialer

Som plattform og undergulv brukes enten plater eller bord. I USA og Canada, hvor trehus, i likhet med i Norge, utgjør en betydelig del av den totale boligproduksjon, har plattformkonstruksjonen vært i bruk i mange år. Årsaken til dette er sannsynligvis den gode tilgang man der har på billig, vannfast konstruksjonskryssfinér, selv om også vanlige gulvbord benyttes i stor utstrekning. I Norge har prinsippet bare vært anvendt i noen grad de siste 2–3 årene. Det ser imidlertid nå ut til at flere byggmestre og entreprenører tar det i bruk, fordi de som allerede har prøvd prinsippet har oppnådd store produksjonstekniske fordeler ved bruk av plattformkonstruksjon.

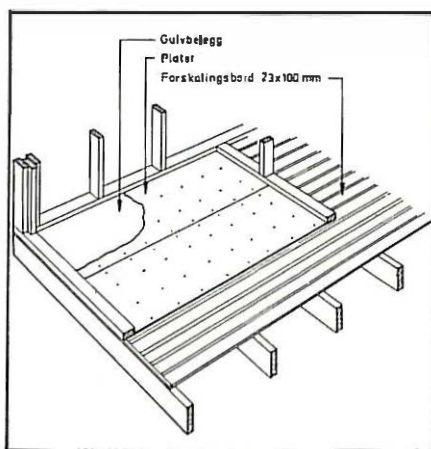
Vannfaste kryssfinérplater er også det materialet som hittil har vært mest brukt i Norge. Av slike konstruksjonskryssfinér produseres det plater av furufinér her hjemme, og det importeres dessuten kryssfinér av bjerk fra Finland og av Douglas Fir fra USA og Canada. Alle typer er limt med fenollim og består av fem eller flere krysslagte finérlag. Mest brukt er plater med tykkelse 18 mm (3/4"). Formatet er 1,20 x 2,40 m. Bjelkeavstanden ved bruk av 18 mm plater må ikke overstige 600 mm c/c. Ved bjelkeavstand 400 mm c/c kan også 15 mm tykke plater (5/8")

brukes. Platene legges med lengderetningen på tvers av gulvbjelkene. Plateskjøtene må understøttes med spikerlag mellom bjelkene. Kryssfinérplater kan leveres med not og fjær, men også her må plateskjøtene understøttes fordi det i Norge foreløpig ikke er tatt i bruk lim som kan brukes ved lave temperaturer eller på fuktige materialer. Ulimte plateskjøter med not og fjær og uten understøttelse tilfredsstillende ikke byggeforskriftenes krav til stivhet og styrke for undergulv.

En annen plattetype på det norske markedet er sponplater med en spesiell tilsetning i limet som reduserer vannoppsugingen radikalt i forhold til for vanlige urealimte sponplater. Ved liten vannoppsuging blir svellingen av platene ved fuktpåvirkning meget liten, fastheten reduseres heller ikke i nevneverdig grad. Sponplater har en jevnere overflate enn bygningskryssfinér og krever mindre etterbehandling. Problemet med sponplater har hittil vært at de er meget ømfintlige overfor fuktighet. Vanlige urealimte plater kan derfor ikke brukes som plattform.

Også plater av bord uten not og fjær, lagt kant i kant med ett lag finér på hver side, lages av vannfast lim og er beregnet for plattformkonstruksjon. For å hindre at bordene kver seg ved fuktpåvirkning er det saget flere langsgående spor inn fra hver side i hvert bord.

Vanlige gulvbord kan også brukes som plattform dersom disse legges med så mye klaring at de fritt kan bevege seg ved nedfukting. En vel så god og rimeligere løsning er å benytte tykkelsesjusterte forskalingsbord som vist på figur 4. Ved bjelkeavstand c/c 0,60 m legges 23 x 100 mm bord vinkelrett på



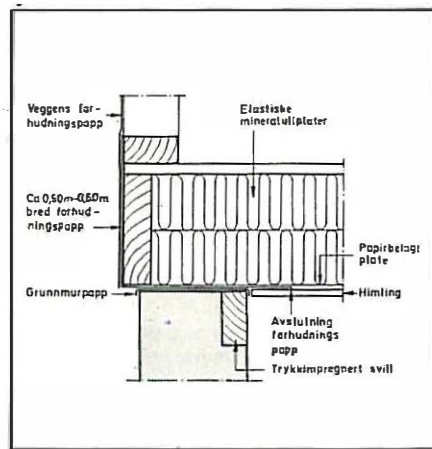
Figur 4. Plattform av tykkelsesjusterte forskalingsbord. Platene legges med lengste side vinkelrett på bjelkene for å oppnå maksimal stivhet av gulvet. Det må påsees at skjøt mellom to plater faller midt over et bord.

bjelkene og med ca 5 mm avstand mellom hvert bord. Bordene festes med to stifter i hver bjelke for å motvirke kving, og bordene danner en solid plattform som bl.a. har den fordel at vann renner tvers igjennom, slik at det ikke samler seg dammer. Ved alvorlige skader på plattformen er det også enkelt å skifte ut ett eller flere bord.

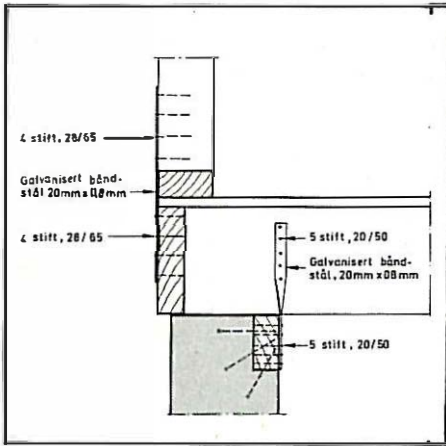
Ovenpå bordene legges plater som underlag for tynne belegg. Disse platene legges like før gulvbelegget for å unngå skader på platene. Det kan brukes trefiberplater, sponplater eller kryssfinérplater, og aktuelle tykkelser er 6,5 mm eller 9 mm trefiberplater av halvhard kvalitet, 10 mm sponplater eller 6 mm kryssfinér. De nye 9 mm trefiberplatene er utstyrt med not, og fjær og krever et minimum av etterbehandling før legging av gulvbelegg. Parkett kan festes direkte på forskalingsbordene.

Plassering av isolasjon og sperresjikt

Isolering av bjelkelag utføres når huset er kommet under tak og er kledd utvendig. Isoleringen gjøres lettest ved bruk av elastiske mineralullplater som skyves på plass nedenfra og som henger av seg selv mellom bjelkene til himlingen er montert. Det er en fordel i bjelkelag over kalde rom eller over friluft å fylle helt med mineralull mellom bjelkene. Man får god isolasjon under gulvet, og det blir ikke åpne rom i bjelkelaget hvor det kan oppstå luftbevegelser ved lekkasjer – noe som medfører kaldtrekk og ubehagelig gulv. Ved montering av mineralullplater i bjelkelag er det viktig at platene legges helt tett sammen slik at det ikke blir vertikale, åpne



Figur 5. Snitt av isolert bjelkelag over grunnmur. Figuren viser en løsning med innfelt svill som settes i forskalingen og som benyttes til avstrykning av murkronen.



Figur 6. Forankring av vegg og bjelkelag ved grunnmur. Svillen kan forankres som vist eller med innstøpte bolter eller båndstål.

mellomrom som danner kuldebroer. Spesielt viktig er det også at mineralullplatene skyves helt ut mot kantbjelken som vist på figur 5, slik at det ikke blir et uisolert rom langs ytterkant av

bjelkelaget. Også mellom bjelkelag bør det isoleres i hele bjelkelagets høyde langs ytterkantene.

Vindtetting av bjelkelagets underside oppnåes lettest ved bruk av mineralullplater med pålimt papir. For å sikre bjelkelaget mot vind inn fra ytterkantene bør det legges en forhudningspapp på grunnmuren før bjelkene monteres, og denne pappen overlappes så av himlingen på bjelkelagets underside og av veggens forhudningspapp på bjelkelagets kant som vist på figur 5.

Himlingen utføres mest rasjonelt med plater som må være diffusjonsåpne, slik at eventuell fuktighet i bjelkelaget kan tørke ut gjennom himlingen.

Dersom man skal utføre et bjelkelag over kryperom eller lav pelefundamentering som plattformkonstruksjon, får man problemet med at isolasjon og himling ikke kan monteres nedenfra. Man er da nødt til å legge stubbloft, plasere isolasjon og feste undergulvet samtidig, noe som har den store ulempen at montasjen krever godt vær.

Før taket er kommet på plass må også hele bjelkelaget midlertidig beskyttes med en plastfolie for å hindre fuktighet i å trenge ned i isolasjonen. Muligens kan innblåsing av isolasjon være en brukbar løsning der hvor isolering ikke kan utføres fra bjelkelagets underside. Ofte vil fundamentering med plate på grunnen kunne benyttes istedenfor ringmur med kryperom, og da vil betongplaten danne den nederste arbeidsplattformen.

Forankring

Ved plattformkonstruksjonen står ytterveggene ovenpå bjelkelagene, og det er derfor ikke anledning til å spikre gulvbjelkene fast til stenderne. For å sikre mot stormskader må derfor veggene forankres med båndstål til bjelkelag som vist på figur 6. Vindkreftene kan derved føres ned til fundamentet. Likeledes må veggene sikres med båndstål over mellombjelkelag i toetasjes hus.

Dimensjonering av bærende underlag

Med undergulv menes her den delen av gulvkonstruksjonen som bærer belastningene som påføres gulvet mellom bjelker eller tilfarere. På undergulvet legges det alltid et annet materiale som skal danne gulvets ferdige overflate, og vanligvis er dette materialet ikke-bærende.

Denne artikkelen er begrenset til en omtale av dimensjonering av undergulvet. En omfattende rapport om funksjonskrav til etasjeskillere i bolighus er nå under utarbeidelse ved Norges byggforskningsinstitutt. NBI samarbeider med Statens Byggforskningsinstitutt (SBI) i Danmark om dette arbeidet.

Undergulv

Kvalitative krav til bæreevne og stivhet

Undergulv og bjelkelag skal gi en konstruksjon som har tilfredsstillende sikkerhet mot brudd og en stivhet som hindrer at generende rystelser eller skjøyheter på møbler o.l. inntreffer ved normalt bruk av boligen. Undergulvet kan sammen med bjelkelaget også ha til oppgave å avstive huset mot horisontale belastninger f.eks. fra vindtrykk eller jordtrykk. Dessuten kan undergulvet ha til oppgave å danne arbeidsplattform under byggingen av huset.

Avhengig av type gulvbelegg som skal benyttes, må overflaten på undergulvet tilfredsstillende krav til planhet, kontinuitet i skjøter og inntrykningsmotstand.

Kvantitative krav til bæreevne og stivhet

Jevnt fordelt belastning

Byggeforskriftene angir at etasjeskillere i bolighus minst må kunne bære 150 kp/m² jevnt fordelt over hele gulvet. Undergulvet må dimensjoneres slik at det minst kan tåle denne belastningen uten at tillatte spenninger overskrides i undergulvet eller bjelkene. Byggeforskriftene krever også at nedbøyningen fra etasjeskilleren ved denne belastningen ikke må overstige forholdet L/200. Det er bare ved meget korte spennvidder at den jevnt fordelte belastning er dimensjonerende for etasjeskillere av tre, for de mest vanlige spennvidder er punktlaster dimensjonerende.

Statisk enkellast

Styrke:

For å tilfredsstillende minstekravet til bæreevne foreskrevet i Byggeforskriftene, må gulv også kunne bære en enkellast på 150 kp. Dimensjonerende last for undergulvet blir da 150 kp multiplisert med en sikkerhetsfaktor som avhenger av spredningen i styrkeegenskapene, som karakteristisk for det anvendte materialet, og det må også tas hensyn til forringelse av materialegenskapene i gulvets brukstid.

Man anser at 22 mm x 75 mm gulvbord på bjelker i avstand c/c 0,60 m kan danne basis for fastsettelse av sikkerhetsfaktoren inntil man eventuelt på grunnlag av ny viten kan komme frem til et nytt kriterium. Ved prøvebelastning av gulvbord ved NBI, med en statisk enkellast overført av et akselstål med sirkulær belastningsflate med diameter 25 mm, har man kommet frem til at undergulv bør dimensjoneres for følgende belastning, (betegnelse er definert i tabell 1):

$$\bar{P} - k_1 \cdot s \geq \frac{1,4 \cdot 150}{k_2} \text{ kp}$$

Stivhet:

Minstekravet i byggeforskriftene er at gulv mellom bjelker og tilfarere ved enkellast på 100 kp, plassert i ugunstigste stilling og fordelt på en sirkelflate med 25 mm diameter, ikke må få en nedbøyning (pilhøyde) som overstiger 2,0 mm. Med hensyntagen til spredningen i materialene og langtidsegenskapene, foreslår NBI følgende formel for minstekravet til dimensjonerende stivhet:

$$\bar{y} + k_3 \cdot s \leq k_4 \cdot 2,0 \text{ mm, når enkel- lasten er 100 kp.}$$

Dynamisk belastning

Styrke:

Ved siden av statisk enkellast må gulvet også tåle en dynamisk enkellast. NBI har hittil ikke utført dynamisk belastningsprøving av gulv og gjengir derfor som et diskusjonsgrunnlag de krav som er foreslått av SBI. For å sikre mot skader og brudd ved støtpåvirkninger skal ved dynamisk prøving med en 30 kg sandsekk følgende krav oppfylles:

a) Ved minst 4/5 av prøvene skal prøvegulvene motstå fallhøydene 15, 30 og 45 cm uten at det oppstår revner eller deformasjoner som er skadelige for gulvets funksjon (f.eks. et varig sprang i en skjøt på 1 mm).

b) Ved minst 4/5 av prøvene skal prøvegulvene kunne motstå ytterligere støt av sandsekken med fallhøydene 60, 75 og 90 cm uten at det oppstår brudd med så stor utbredelse at sekken kan falle igjennom. Kravet gjelder ikke når senteravstanden mellom bjelkene er høyst 55 cm, eller når det på annen måte sikres mot ulykker ved gjennomstyrting.

Stivhet:

Gulvet fordeler vekten av en enkellast på flere bjelker i et trebjelkelag, og undergulvets lastfordelende evne har derfor betydning for stivheten hos bjelkelaget og dermed også svingningsegenskapene til etasjeskilleren. En feltundersøkelse av nedbøyning av etasjeskillere i ferdige hus sammenholdt med hva brukerne oppfatter som generende rystelser er behandlet i NBI-rapport nr 26. Rapporten behandler videre gulvbords fordeling av belastninger på trebjelker. Undersøkelsen danner basis for kravet i Byggeforskriftene om at beregnet nedbøyning for etasjeskillere av tre ikke må være større enn 0,9 mm for en enkellast på 100 kp som virker alene, plassert i ugunstigste stilling på en bjelke.

Undersøkelser av forskjellige undergulvs-materialers lastfordelende evne på tvers av bjelkene og medvirkning i bjelkenes spennretning samt måling av svingningsegenskapene hos bjelkelag og undergulv pågår ved NBI. Undersøkelsene skal tjene til å videreutvikle den beregningsmodell man har laget for beregning av tillatte bjelkespennvidder for forskjellige undergulvs-materialer med kjente bøyestivheter vinkelrett og parallelt med bjelkene i gulvets plan. Videre vurderer man å utføre en feltundersøkelse for å belyse brukskravet til stivhet bedre.

Undergulvs-materialer som tilfredsstillende kravene til bæreevne og stivhet

Undergulvs-materialer er for tiden underlagt godkjenning av Kommunal- og arbeidsdepartementet. I de gitte godkjenninger er

Tabell 1. Betegnelser anvendt i artikkelen

\bar{P}	= aritmetisk middeltall av målte bruddlaster	k_2	= reduksjonsfaktor for bæreevnen til det prøvede materialet ved langtidsbelastning, k_2 velges på grunnlag av materialets dokumenterte bæreevne ved langtidsbelastning.			
y	= nedbøyning	k_4	= faktor som uttrykker materialets reduksjon i stivhet med tiden. k_4 velges på grunnlag av materialets dokumenterte langtidsegenskaper.			
\bar{y}	= aritmetisk middeltall av målte nedbøyninger					
s	= standardavvik (mål for spredning), beregnes av følgende formel:					
	$s = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n - 1}}$					
Δ	= enkeltresultatens avvikelser fra middeltallet					
n	= antall målinger					
k_1 og k_3	= faktorer gitt i etterfølgende tabell					
Prøveantall	4	5	10	15	25	∞
k_1	2,7	2,5	2,1	2,0	1,9	1,7
k_3	0,95	0,89	0,77	0,72	0,67	0,52

For gulvbord av furu eller gran kan følgende verdier brukes:

$k_2 = 0,60$
 $k_4 = 1,0$ (foreløpig er ovennevnte gulvbord forutsatt som sammenligningsgrunnlag)
 L = senteravstand mellom understøttelser
 t = materialets tykkelse

Tabell 2. Godkjente maksimale spennvidder for undergulvs-materialer

Senteravstand mellom understøttelser	Undergulvs-materialer					
	Gulvbord		Sponplater		Kryssfiner	
	22 mm	28 mm	22 mm	25 mm	15 mm	18 mm
0,40 m						
0,60 m	X	X	X	X	X	X
0,90 m		X				

flere fabrikata som er produsert i overensstemmelse med bestemte produktstandarder, gruppegodkjent på bestemte vilkår. Vilkårene er i første rekke knyttet til produktegenskapene, produktkontrollen, merkingen og den konstruktive utførelse med bl.a. krav til maksimal avstand mellom understøttelser og bjelkespennvidder. Kravene til de enkelte undergulvs-materialer er gjengitt i departementets rundskriv og vil ikke bli nærmere behandlet her. *Tabell 2* viser tillatte senteravstander mellom understøttelsene for noen typer av undergulvs-materialer. Se forøvrig også Norges byggforskningsinstituttets byggetaljblad NBI (23).201.2 og NBI (23).202.2.

Taktro

Definisjon

Med taktro (også kalt undertak eller sutak) menes her den delen av takkonstruksjonen som bærer belastningene som påføres taket mellom sperrer, åser eller bjelker.

Taktroen tekkes med et annet materiale som danner takoverflaten, og det forutsettes her at tekkingsmaterialet er ikke-bærende. Taktro under bærende lekter vil ikke bli behandlet. En rekke taktromaterialer er ikke blitt utprøvet ved NBI i de siste par årene, man vurderer nå om resultatene er av en slik generell interesse at de bør offentliggjøres i en rapport.

Kvalitative krav til bæreevne og stivhet

Taktroen skal ha så stor bæreevne og være slik sammenføyet og forankret at dens bruddsikkerhet og stabilitet ved belastning er betryggende. For eksempel skal man ved arbeid på taket kunne bevege seg uten fare for gjennomstyrtning.

Taktroen skal være så sterk og stiv at skadelige eller generende effekter ikke oppstår. Slike effekter er for eksempel oppdemning på grunn av bakfall, lekkasje som følge av skader på taktekingen ved lokale gjennomtramp, vinkelendring ved understøttelsene og åpning eller sprang i skjøter.

Taktroen kan også som en del av takkonstruksjonen ha til oppgave å avstive huset mot horisontale belastninger, og taktroen må dimensjoneres for de påkjenninger dette medfører.

Kvantitative krav til bæreevne og stivhet

Jevnt fordelt belastning

Minste tillatte, jevnt fordelte belastninger av sne og vind ved dimensjonering av tak er angitt i Byggeforskriftene og NS 3052 (under utarbeidelse). Taktroen må dimensjoneres slik at tillatte spenninger ikke overskrides ved forannevnte belastninger. Videre må nedbøyningen for takkonstruksjonen ikke overstige forholdet $L/200$. Ved tak med liten

helling skal dette kravet skjerpes hvis nedbøyningen kan bevirke bakfall. NBI foreslår $L/400$ ved takhelling 1 : 100. Lekkasjer som følge av skader på taktekingen på grunn av taktroens vinkelendringer ved opplag eller åpning av skjøter, kan ved taktekkings-materialer som for eksempel takpapp, forventes unngått hvis nedbøyningen av takflaten mellom opplagene ikke overstiger følgende verdi, (betegnelse er definert til slutt):

$$y_t \leq \frac{L}{6,4 t} \text{ Belastning : egenlast + foreskrevet snølast}$$

Denne formelen er basert på antagelsen at takpappen kan forlenges 2 % og at den kan bevege seg fritt fra underlaget over understøttelsen i en lengde av 50 mm.

Statisk enkløst

Styrke:

Byggeforskriftene krever at ikke trafikable tak skal dimensjoneres for 100 kp enkløst. Med hvilken sikkerhet taktroen må tåle denne belastningen avhenger av hvilken fare for gjennomstyrtning man utsettes for ved arbeid på taket. Man bør derfor ha to ulike dimensjonerende laster som foreslått i SBI-Særtrykk 200. Den ene lasten skal anvendes hvor det ikke medføres fare å fall. Den andre lasten, som må være høyere, skal anvendes når en gjennomstyrtning medfører fare.

Utenom kravet om at tillatte spenninger ikke må overskrides, savner man i Norge kriterier for dimensjonerende enkløst. For sammenligning av ulike materialer, har NBI på grunnlag av prøvning av vanlige takbord ved godkjente spennvidder for en statisk enkløst, overført til takflaten med et sirkulært akselstål med diameter 50 mm og et mellomlegg av 12 mm porøs trefiberplate mellom akselstål og takflate, kommet frem til følgende formel:

$$\bar{P} - k_1 \leq \frac{1,1 \cdot 100}{k_2} \text{ kp}$$

Stivhet:

For å unngå beskadigelse på takpapp ved åpning i skjøter i taktroen over understøttelser, foreslår NBI følgende dimensjonerende nedbøyning:

$$y_2 \leq \frac{L}{6 t} \text{ Belastning : 100 kp enkløst}$$

Nedbøyning på grunn av belastning med 100 kp enkløst kan også undersøkes ved prøvning. Taktroen belastes som beskrevet foran med et akselstål med diameter 50 mm. Kravet til stivhet kan uttrykkes ved følgende formel:

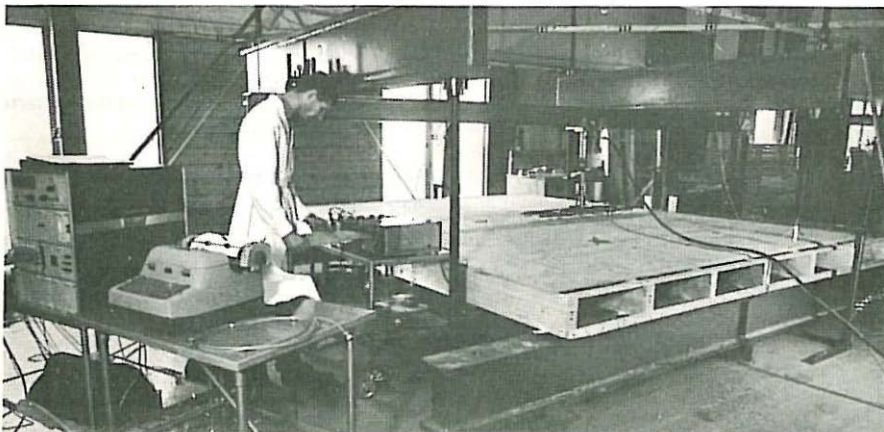
$$\bar{y} + k_3 \cdot s \leq k_4 \cdot \frac{L}{6 t} \text{ mm Belastning : 100 kp enkløst}$$

Dynamisk belastning

NBI har foreløpig ikke utført dynamiske belastningsprøver og støtter seg til prøvningsdata oppnådd ved SBI.

Taktromaterialer som tilfredsstillkravene til bæreevne og stivhet

Taktromaterialer er også for tiden underlagt godkjennelse av departementet. Prinsip-



Figur 1. Ved prøvning av trebjelkelag måles nedbøyninger under en enkløst og svingninger ved dynamisk belastning.

pene for gruppegodkjenning av flere fabrikata av samme materialtype er de samme som for undergulvsmaterialer. *Tabell 3* viser tillatte senteravstander mellom understøttelsene for noen typer av taktromaterialer som underlag for takpapp. Se forøvrig også byggedetaljblad NBI (27).221, .222 og .223.

Tabell 3. Godkjente maksimale spennvidder for taktromaterialer

Takhelling \ Taktromateriale	$\geq 1:20$	$\geq 1:50$	$\geq 1:100$
Takbord			
16 mm	0,60 m	0,60 m	
19 mm	0,90 m	0,90 m	
22 mm	1,20 m	1,20 m	
25 mm	–	–	1,20 m
Sponplater			
16 mm	0,60 m	0,60 m	–
19 mm	0,90 m	0,60 m	0,60 m
Kryssfiner			
9 mm	0,60 m	–	–
12 mm	0,90 m	0,60 m	–
15 mm	1,20 m	0,60 m	0,60 m
18 mm	–	0,90 m	–

Fordelene kan utnyttes bedre ved standardisering og variantbegrensning

Prefabrikerte takstoler brukes nå i økende omfang som bærekonstruksjon for tak i småhus. Om få år vil det sannsynligvis bare være en liten del av småhusene som ikke bygges med takstoler som er fremstilt mer eller mindre under fabrikkmessige forhold.

Fabrikkene er idag nødt til å dimensjonere og fremstille jakstoler spesielt for hvert enkelt bygg. I det følgende diskuteres en del momenter som har betydning for variantbegrensning og standardisering av prefabrikerte takstoler. En variantbegrensning sammen med en standardisering vil kunne gi en mer kontinuerlig serieproduksjon, og ved hjelp av EDB kunne man opprette et arkiv med fullt ferdig dimensjonerte takstoler. Slike regneprogrammer finnes ferdig utarbeidet.

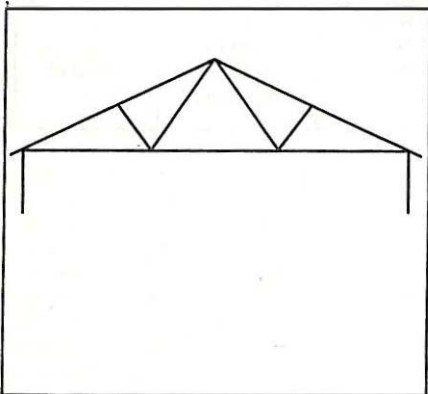


Fig. 1. W-takstol. Stavene har form av en W.

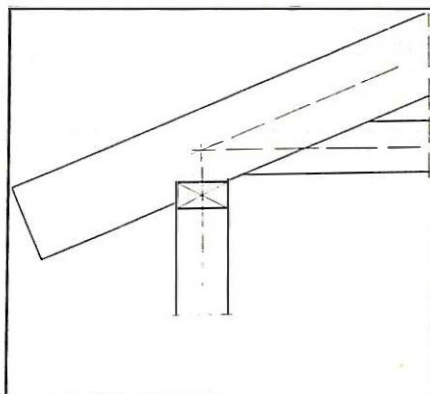


Fig. 2. Sentrisk opplagring. Midt av svill plasseres loddrett under skjæringspunktet for midtlinjene i over- og undergurt.

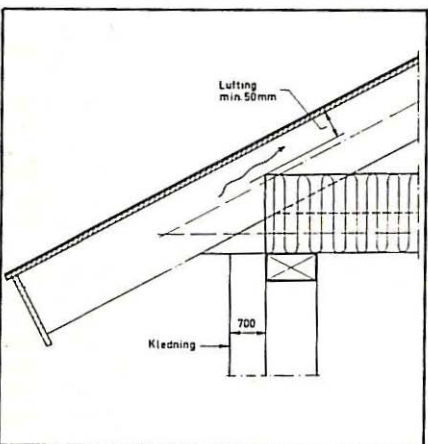


Fig. 3. Eksentrisert opplagret takstol. Det gis plass for god gjennomlufting ved takfoten.

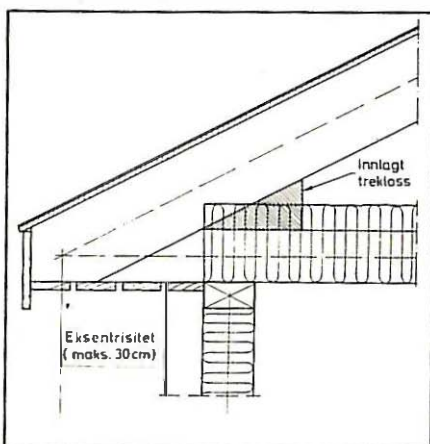


Fig. 4. Forsterkning av knutepunktet ved innlegging av trekloss.

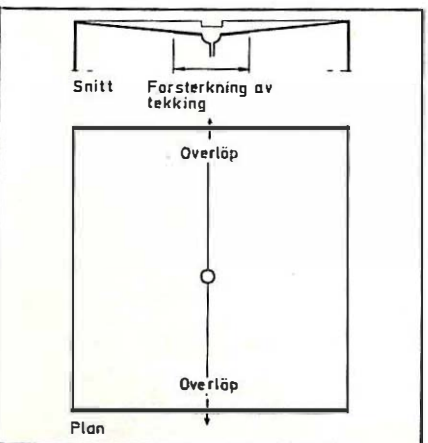


Fig. 5. Forslag til utforming av et flatt tak.

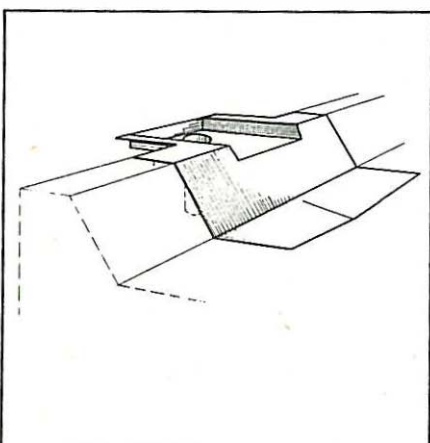


Fig. 6. Detaljutforming av takoverløp ved gesims.

Utforming av takstoler

For skrå tak synes den såkalte W-takstolen å være velegnet, se figur 1. Det er viktig at takstolen gis en slik utforming at taket kan fungere tilfredsstillende. Samtidig må det tas hensyn til en tilpassing til andre standardiserte bygningsdeler og komponenter.

Vanligvis vil man plasere opplageret sentrisk som vist i figur 2. Med 15 cm mineralull eller mer vil isolasjonen bli liggende tett oppunder undertaket og stenge for utlufingen. Man er da nødt til å skjære bort eller klemme ned isolasjonen på en eller annen måte.

Istedet kan man flytte opplagerpunktet så langt innover mot midten at isolasjonen går klar, se figur 3. Dette medfører at knutepunktet må forsterkes, f.eks. ved at det legges inn en trekloss av samme tykkelse som treverket i takstolen, se figur 4.

Med en utforming av takfoten som vist i figur 4, kan man på langveggen bruke standardisert eller prekappet ytterkledning uten spesielle tilpassinger ved undergurten.

Hvis det i undertaket skal brukes plater som er i 3 M-modul, kan det være en fordel at overgurten også er modulær. Dette vil imidlertid gi nokså varierende takutspring for de forskjellige spennvidder og takvinkler. Kanskje er det riktigere å gjøre overgurten så lang at man i stedet kan kappe den i ønsket lengde på stedet, eventuelt tilpasset tekkingsmaterialet.

Av frittstående takkonstruksjoner for flate tak er gitterdragere velegnet for fabrikk-fremstilling. Vi skal ikke her komme nærmere inn på de arkitektoniske konsekvensene av å bruke gitterdragere og hva man eventuelt kan gjøre for å minske gesimshøyden, men se på hvordan takutformingen kan gjøres så rasjonell og enkel som mulig med de tekkingsmetoder som er vanlige.

Helst så man av produksjonstekniske grunner at flate tak var helt uten helling. Med de vanligste papptekkingsmetoder som brukes i dag, vil man imidlertid ikke oppnå 10 års-garantien uten å følge fabrikantenes krav til minste-helling.

Taket kan utformes som vist i figur 5. Det består av to flater som faller mot en horisontal midtlinje hvor sluket er plassert. Tekkingen forsterkes etter midtlinjen, f.eks. med en gummiasfaltmatte. Som en sikring ved tilstopping av sluket lages det overløp ved hver ende av rennen. En detaljutforming av et slikt overløp er vist i figur 6.

Materialene i takstolene bør ikke ha mindre tykkelse enn 48 mm (2"). Med

mindre tykkelser har de lett for å bli "vinglete" under transport og montasje, og gurtene blir i smaleste laget som spikerslag. Dessuten vil flaten ved opplegget ofte bli for liten slik at trykkpåkjenningen loddrett på fibrene overskrider de tillatte spenninger etter NS 446.

Knutepunktforbindelsene kan utføres med stifting, liming, spikerliming eller spikerplater. Ved fabrikkfremstilling har spikerplatene flere fordeler. Ved hjelp av hydrauliske presser presses tennene inn i treverket, og prosessen er gjort unna på meget kort tid. De andre knutepunktforbindelsene krever lasker som bygger noe ut fra undergurten. Det kan da oppstå skadelige kuldebroer dersom man ikke tar godt vare på tettingen i overgangene. Fra et produksjonsteknisk synspunkt skulle derfor takstoler med 2" bredde og spikerplater være gunstige. Isolasjonsplater i 57,5 cm bredde kan skyves direkte på plass mellom undergurtene når senteravstanden er 60 cm.

Variantbegrensning og standardisering

I det følgende tar vi for oss de muligheter som foreligger for en variantbegrensning og standardisering. Det er da hele tiden tenkt på mindre bolighus av tre.

Spennvidder

De mest aktuelle spennvidder vil ligge mellom 48 M (4,8 m) og 96 M og (9,6 m) med hovedtyngden omkring 72 M.

For frittstående takstoler vil det økonomiske området antagelig ligge fra 60 M og oppover. Med henblikk på den standardiserte planmodul 3 M synes det rimelig å gå inn for spennvidder mellom 60 M og 96 M med sprang på 6 M.

Senteravstander

Det skulle være tilstrekkelig med følgende tre varianter for senteravstanden mellom takstolene: 6 M, 9 M, 12 M.

En økonomisk analyse vil sannsynligvis peke ut 6 M som preferanssmål. Det fører med seg at en vanlig teglsteinspipe med utstikk bør erstattes av elementpiper eller platepiper som har mindre tverrsnitt. Kanskje finnes det flere gode grunner til å begynne å se seg om etter en erstatning for de tradisjonelle teglsteinspipene.

Takhellinger

I NS 3001 er det gitt standardiserte takhellinger. For skrå tak kan man tenke seg 18°, 22° og 27° som et tilstrekkelig utvalg. For flate tak (dvs tak med helling mindre enn 6°), finner vi i standarden 4°. Det vil nok være behov for minst en variant i tillegg, f.eks. 1°.

Belastninger

Ved dimensjoneringen av selve takstolen kommer belastninger fra sne, vind og takets egenlast inn i bildet.

Snelastens grunnverdi skal ifølge forskriftene være 150 kp pr m² og vi ser

bort fra de få avvik som forekommer. Egenvekten regnes vanligvis for 95 kp og 45 kp pr m² for henholdsvis tung og lett tekking. Som oftest har det liten økonomisk betydning om man dimensjonerer for tung eller lett tekking, og det vil kanskje være riktig å dimensjonere alle tak for tung tekking og dermed holde muligheten åpen for å legge om fra lett til tung tekking på et senere tidspunkt.

Når det gjelder vindlasten, henvises til den nye belastningsstandard (NS 3052) som er gitt ut våren 1970.

Man står da igjen med ett belastningstilfelle: 245 kp pr m².

Selv om vi har forsøkt å skjære antall varianter ned så langt som mulig, er det fremdeles avskrekkende høyt. For en datamaskin skulle det imidlertid være en overkommelig oppgave å utarbeide ferdige dimensjoneringstabeller for alle tilfellene. Sett fra produsentsynspunkt vil det fortone seg noe anderledes. Produsenten vil helst ha et så lite antall varianter at han kan produsere relativt kontinuerlig for lager. Det vil da være nødvendig å gå inn for lagerhold av et begrenset antall varianter som viser seg å være mest efterspurt.

Det sier seg selv at det samlede behov for prefabrikerte frittstående takstoler i Norge er nokså beskjedent. Kanskje vil en 30–40 relativt små fabrikker være tilstrekkelig til å dekke behovet. Som et ledd i boliger må det allikevel være umaken verd å legge forholdene til rette for en rasjonell produksjon.

Utviklingen av det vi i dag kaller «lett bindingsverk» startet med introduksjon av høyverdige isolasjonsmaterialer og moderne platematerialer i de første årene etter krigen. Siden da har bindingsverket ikke gjennomgått noen forandringer funksjonelt sett.

Ettersom kravet om en mer rasjonell byggeplassproduksjon av trehus har gitt oss nye metoder i produkt- og produksjonsplanleggingen, har imidlertid utformingen av bindingsverket gjennomgått forandringer, i første rekke er det to faktorer som har hatt innvirkning på bindingsverket, nemlig målkoordinering og plattformkonstruksjonen.

Målkoordinering gir grunnlaget for variantbegrensning, d.v.s. bruken av standardiserte materialer i et begrenset antall lengder og tverrsnittsdimensjoner, som igjen gir grunnlag for prekapping og begrenser antall nødvendige tilpasninger på byggeplassen.

Som følge av dette må bindingsverket utføres av et relativt lite antall dimensjonsvarianter, og på en slik måte at detaljene kan brukes i flest mulig tilfeller. Samtidig må bindingsverket ivareta sine funksjoner i den ferdige konstruksjonen. Det må f.eks. gi tilstrekkelig stivhet, gi opplegg for kledninger, gi enkel tilpasning av vinduer og dører, og detaljene ved hjørner veggkryss må tillate en systematisk reising av veggene.

Alle vegger utføres som rammer av stendere, toppsvill, bunnsvill og eventuelle losholter (spikerslag) i samme dimensjon — 48 mm x 98 mm for yttervegger og bærende innervegger, og 48 mm x 73 mm for innvendige lettvegger, fig. 1.

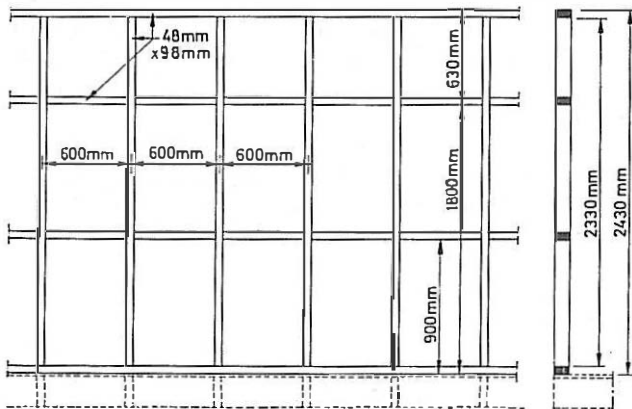
Vegghøyden fastlegges til 2430 mm, dette sikrer full utnyttelse av eksisterende platematerialer, og tilfredsstillende forskriftenes krav om en romhøyde på 2400 mm, etter at himling og golvbelegg er montert. Med topp- og bunnsvill (tilsammen ca. 50 mm) gir dette en stenderhøyde på 2330 mm. Det er da ikke tatt hensyn til nedføring av det elektriske anlegget i himlingen, dette kan imidlertid gjøres ved en tilsvarende påføring av toppsvillen.

Stenderavstanden fastlegges til 600 mm c/c. Eventuelle losholter og spikerslag vil da kunne prekappes i lengder på 554 mm eller 1154 mm. Avstanden mellom losholtene (spikerslagene) i de to nederste feltene velges av hensyn til formatet på eksisterende isolasjonsmaterialer (570 mm x 870 mm). Losholter (spikerslag) er bare nødvendige hvis veggene skal ha stående panel.

Endel andre deler av bindingsverket kan også egne seg for prekapping, men dette er avhengig av en rekke faktorer — først og fremst størrelsen på seriene.

DETALJER

Som tidligere nevnt skal delene i bindingsverket ivareta en rekke funksjoner, og dette, sammen med kravet om variantbegrensning, er i første rekke de faktorer som bestemmer utformingen av de enkelte detaljene i konstruksjonen.



Figur 1.

Hjørner og veggkryss må tillate en systematisk reising av veggene og sikre tilstrekkelig opplegg for kledninger. På fig. 2 er vist forskjellige løsninger, som så langt det lar seg gjøre ivaretar disse funksjonene. Imidlertid vil f.eks. bruken av prekappede losholter (spikerslag) og modulerte kledninger i forbindelse med løsningene være avhengig av veggens plassering i forhold til modullinjen. I og for seg kan det tenkes en rekke andre løsninger, men de fleste er så spesielle og så avhengige av produksjonsopplegget at de ikke lar seg presentere her.

Tilpasningen av dører og vinduer i bindingsverket kan by på større

eller mindre problemer ettersom dimensjonene og belastningen varierer. Generelt kan det derfor vanskelig gis retningslinjer som vil kunne anvendes i alle tilfeller.

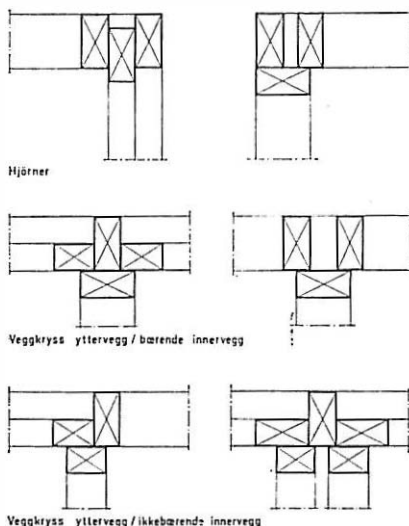
Av hensyn til kledningene bør stenderavstanden bibeholdes forbi åpningen, og for stenderne bør det velges en forsterkning som letter tilpasningen til de aktuelle dør- og vindusformater. I denne sammenheng er bare tilpasningen for vinduer beskrevet, både fordi det ikke finnes noen standard for utvendige dører og fordi prinsippene i alle tilfeller blir de samme.

Ifølge NS 1458 er breddene på prefabrikerte standardvinduer gitt ved serien: 5M, 6M, 9M, 11M, 12M og 15M. NS 1458 gir også dimensjoner for åpninger som standardvinduene skal tilpasses i; åpningene skal være 10 mm større enn det modulmålet vinduet benevnes med, f. eks. 510 mm og 1110 mm.

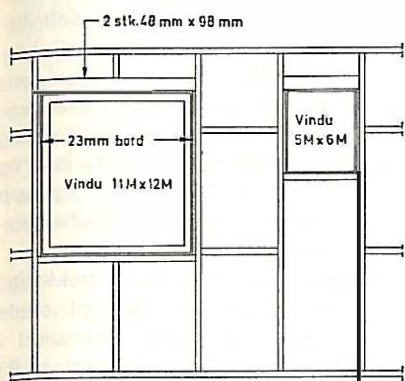
Ingen av de prefabrikerte standardvinduene passer derfor direkte inn i et tradisjonelt bindingsverk med 600 mm stenderavstand. Tar man utgangspunkt i stenderavstanden på 600 mm og tilpasser vinduene til dette, vil man oppnå vindusbredder på 532 mm, 1132 mm og 1732 mm for henholdsvis ett, to og tre stenderfelt.

Det burde være naturlig at disse vindusformatene ble gjort til gjestand for standardisering når man tar hensyn til at ca. 70 % av trehusbyggingen i Norge i dag foregår med tradisjonelt bindingsverk.

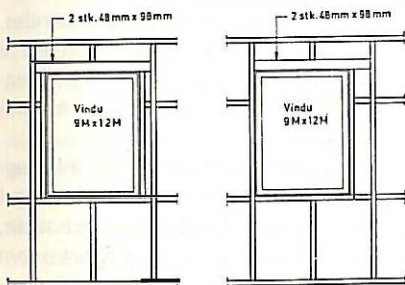
De vinduer som enklet lar seg tilpasse bindingsverket er de med bredder på 5M og 11M, fig. 3. For vinduer på 6M, 9M, 12M og 15M er tilpasningen atskillig mer kompli-



Figur 2.



Figur 3.



Figur 4.

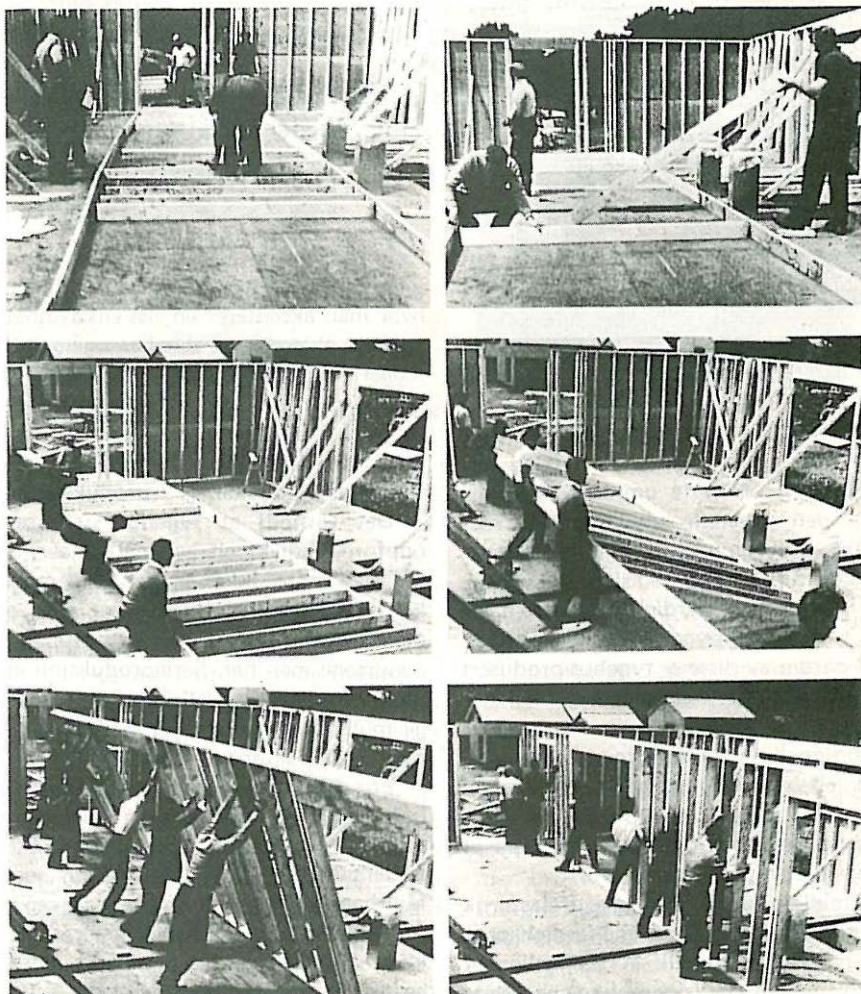
sert, fig. 4. Av hensyn til tilpasningen er utvendig og innvendig kledning vil det ofte være en fordel å tilpasse vinduet sentrisk i forhold til stenderne som avgrensner åpningen på begge sider.

Ved større åpninger hvor man må bruke spesielt kraftig forsterkning over åpningen kan denne utføres med 2 stk. 48 mm x 198 mm lagt på høykant. Variantbegrensningen gjør det hensiktsmessig å bruke denne forsterkningen både over tre og fire stenderfelt ved normale belastninger.

PLATTFORMKONSTRUKSJONEN OG BINDINGSVERKET

Plattformkonstruksjonen gir en rasjonell oppsplitting av arbeidsoperasjoner, d.v.s. at en bygningsdel kan avsluttes uavhengig av tilstøtende bygningsdeler, og den danner en arbeidsplattform for det videre arbeidet.

For bindingsverket gir plattformkonstruksjonen store arbeidstekniske og fremdriftsmessige fordeler. Oppføringen starter etter at plattformen er ferdig. Bindingsverket gjøres dermed uavhengig av bjelkelag og undergolv, arbeidet kan



Figur 5.

foregå på et fast golv med den økte sikkerhet dette gir arbeiderne, og sist men ikke minst, all avmerking for plassering av vegger o.l. kan gjøres på undergolvet.

Denne muligheten for avmerking betyr at alle mål kan avsettes i en operasjon av en arbeider som går fra plattform til plattform (i seriebygging) og utfører dette kontinuerlig. Mulighetene for feilplassering av veggene er dermed vesentlig redusert, og de som reiser veggene har en operasjon mindre å utføre.

Første skritt under reisingen av veggene er å feste bunnsvillen til plattformen. Deretter legges toppsvillen løst på bunnsvillen og stenderens plassering merkes av på begge svillene samtidig. På toppsvillen merkes også av takstolens plassering eller eventuelt andre etasjes bjelkelag. Hvilke deler som bør avmerkes utover dette og hvordan, er en vurderingssak. All nødvendig avmerking bør imidlertid foregå etter et system med symboler for de forskjellige delene.

Så spikres stendere, toppsvill og eventuelle losholter (spikerslag) sammen til hele vegg lengder liggende på plattformen. Vegg lengdene må

spikres sammen og stables på plattformen i omvendt rekkefølge av den de skal reises i, og det er derfor viktig at monteringsrekkefølgen er tatt hensyn til allerede før arbeidet tar til. Veggene reises så i den gitte rekkefølge og sammenbindes.

Alternativt til dette kan også bunnsvillen spikres til stenderne liggende på plattformen. Vegg lengden vil da bli noe lettere å behandle under reisingen. Begge metoder benyttes i praksis, og det vil først og fremst være en vurderingssak hvilken av metodene som byr på de største fordelene fig. 5.

Det kan også tenkes at vegg lengdene reises etterhvert som de blir gjort ferdige, og at eventuell underkledning, vinduer og til og med ytterkledning er montert før reisingen. Dette er forhold som i første rekke er avhengig av det enkelte produksjonsopplegg, og til en viss grad størrelsen av seriene. Det er derfor viktig at utførelsen ikke låses til en bestemt arbeidsmetode, men at plattformen i hvert enkelt tilfelle utnyttes til å gi de størst mulige produksjonstekniske fordeler.

60% av leilighetene i Norge i småhus av tre

Cirka 85 % av norske småhus utføres i lett bindingsverk og etter forskjellige produksjonsmetoder, men ferdiggjorte materialer fra trelastbrukene og standardisering og variantbegrensning har etter hvert utvirket skillet mellom de ulike metoder.

Uansett byggemetoder eksisterer det en rekke fellesproblemer som hver for seg kan løses bedre enn det gjøres i dag, hevder forfatteren.

85 prosent av småhusene utføres i lett bindingsverk

Småhusbyggingen er dominerende i Norge. Omtrent 85 % av alle småhus utføres i lett bindingsverk, men produksjonsmetodene er forskjellige. Spesielt i de siste 10 år har vi fått en stor forandring på dette området, samtidig som den generelle utvikling med mer feltvis utbygging også har ført til bedre forutsetninger for tradisjonell bygging.

Idag leverer ferdighusindustrien ca 45 % av totalt bygde trehus, men over halvparten av disse er typehus produsert etter precut-metoden. (Tabell 1). Precut-metoden har lenge vært benyttet i tradisjonell småhusbygging her i landet. Spesielt har den vært benyttet hvor det har vært snakk om seriebygging. Kappingen har da ofte blitt utført på et sentralt sted på byggeplassen.

Imidlertid har nå mange trelastbruk begynt å levere materialene ferdiggjort til byggeplassene slik at forskjellen er liten mellom tradisjonell bygging i serie og ferdighus-industriens precut-metode.

Utviklingen videre med gjennomføring av mer standardisering og variantbegrensning vil ytterligere bidra til mindre skille mellom de forskjellige byggemetoder.

Uansett byggemetode finnes det en rekke fellesproblemer som hver for seg kan løses på bedre måte enn det gjøres i dag. I første rekke gjelder dette grunnarbeider og rigg på byggeplassene, men heller ikke det administrative opplegget med arbeidsplanlegging, koordinering og organisasjon med tilbakføring av erfaringer fra byggeplassen til så vel byggefirmaene som til de prosjekterende, er tilfredsstillende løst. Det er innenfor disse områdene man først og fremst kan påvirke kostnadene og gjøre besparelser.

Industrialisering — serieproduksjon

Både boligbygg og andre typer av bygg er som oftest individuelt utformet, slik at en industrialisering av byggeindustrien kan være vanskelig å få gjennomført. Utgangspunktet for en industriali-

sering i byggefaget er en serieproduksjon hvor man aksepterer en viss ensartethet. Dette gjelder så vel detaljer og innredninger som deler av bygg eller typer av bygninger. For vår trehusbygging er typehus i dag langt på vei akseptert, men man har ikke fått utnyttet alle fordelene dette kan gi i produksjonen.

Det forhold at typehus stort sett oppføres individuelt av små firmaer, og at man ofte ikke greier å få noen kontinuitet av produksjonen, gjør at man ikke fullt ut får utnyttet de ressursene man har. Serieproduksjon gir muligheter for spesialisering, som igjen gir muligheter for at treningseffekten (se figur 1) skal kunne utnyttes.

For å få treningseffekten til å virke best mulig må man prøve å dele opp arbeidsprosessen slik at hvert enkelt lag i en lengre tidsperiode bare utfører noen få arbeidsoperasjoner. Det har vist seg at for en hel del vanlige arbeidsoperasjoner kan man, når laget har arbeidet sammen en tid, senke arbeidstiden til det halve.

De erfaringer vi har fra småhusbygging i Norge, viser at ved en relativt liten spesialiseringsgrad har man oppnådd å øke effektiviteten med opptil 30–40 %. Konsekvensen ved at man relativt raskt oppnår produktivitetsøkning ved spesialisering og kontinuitet i arbeidet, er at seriens lengde ikke nødvendigvis behøver å være så stor før man oppnår vesentlige fordeler. Spørsmålet om produktivetsforbedring ved seriebygging henger sammen med byggesystemet og dets prefabrikasjonsgrad.

Ved stor prefabrikasjonsgrad har seriestørrelsen på byggeplassen mindre betydning enn ved mindre prefabrikasjonsgrader eller ved tradisjonell bygging. For øvrig kan husene i en serie godt bestå av flere typer hus, likevel kan man oppnå fordelene ved seriebygging bare byggesystemet, materialvalget og organisasjonen av arbeidet er lagt opp slik at man får identiske arbeidsoperasjoner på hustypene.

Mulighetene for å få tilstrekkelige store serielengder er også til stede dersom man kan oppnå kontinuitet i driften fra byggeplass til byggeplass. På den måten kan man få en stor serie ut av mange små byggeplasser.

Planlegging

Rasjonell bygging krever planlegging enten det er et stort eller lite byggefelt, og uansett hvilket system man bygger etter. Graden av planleggingen er avhengig av byggeprosjektets størrelse, idet store prosjekter gir grunnlag for å kunne legge ned mer arbeid i planleggingen enn det som er tilfelle for små byggeprosjekter.

Ved enkelthusbygging må planleggingen av selve byggearbeidet som regel foregå ved kontinuerlig improvisasjon, og avgjørelser tas etter hvert som arbeidet skrider frem. Dette er planlegging på kort sikt, idet problemstillingen til enhver tid har sammenheng med det som skal gjøres i nærmeste fremtid.

Samtidig kommer faktorer som kontinuitet for en fast arbeidsstokk, tilgang på nye prosjekter, kvotetildelinger og vinterproblemer inn i bildet og gjør sitt til at man må se det hele under ett. Dette kan føre til at enkelte byggeprosjekter ikke blir drevet så effektivt som ønskelig.

Ved seriebygging, enten dette utføres tradisjonelt eller med prefabrikerte

Tabell 1: Oversikt over bygde leiligheter i tidsrommet 1964–68.

År	Totalt antall leiligheter	Antall leiligheter i blokker o.l.	Antall leiligheter i småhus av tre	Antall leiligheter i småhus av andre materialer
1964	28500	8300	17200	3000
1965	27600	7300	17600	2700
1966	28800	8200	17600	3000
1967	31100	9300	18500	3300
1968	33500	10100	19900	3500
Gjen.snitt	100%	Ca 30%	Ca 60%	Ca 10%

byggesystemer, er produktiviteten avhengig av hvor god planleggingen er. En effektiv seriebygging med spesialisering av arbeidsoperasjonene krever at man må legge ned arbeid i selve planleggingen og at man har en organisasjon som kan styre og kontrollere byggearbeidet. Planleggingen består i å lage et arbeidsmønster med en bestemt rekkefølge for arbeidsoperasjonene, som må koordineres med underentreprenører og materialleveranser. Fra å regne med dager som leveringstider, blir det snakk om timer.

Planlegging krever at man har et planleggingsystem, at man har planleggingsdata og at man har folk som kan planlegge og se til at planene blir fulgt. Av planleggingsystemet er i dag terminplan og nettverksplan mest benyttet. Hvilket system man velger kan være likegyldig. Det er opp til den enkelte å velge det system man liker å arbeide med, og som gir den nødvendige styring.

For å kunne lage tidplaner trenger man data i form av tidforbruk på de forskjellige arbeidsoperasjoner som inngår i arbeidet og som skal utføres. Dette tidforbruket er erfaringsdata som de enkelte firmaer selv må sørge for å samle inn og systematisere. Foruten at et slikt tidforbruk-arkiv som man vil opparbeide seg, vil være til hjelp ved utarbeidelse av terminplaner eller nettverksplaner, er det selvsagt også til stor hjelp ved vurderinger av forskjellige metoder og ved kalkulasjonsarbeidet.

Arbeidsmetoder — rigg og utstyr

De forskjellige byggesystemer krever forskjellige arbeidsmetoder og byggeplassarrangementer. Det er vesensforskjell mellom f.eks. å bygge med store elementer og tradisjonell bygging hva angår byggeplass-arrangementer og selve

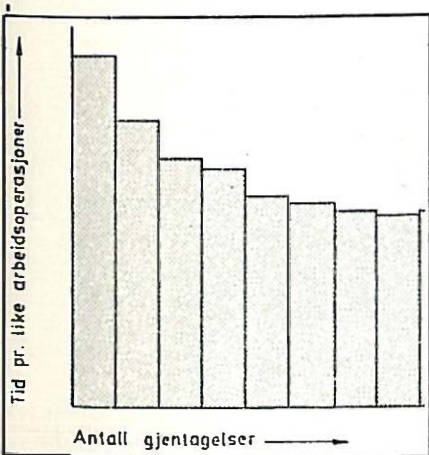


Fig. 1. Serieproduksjon medfører at trenings-effekten kan utnyttes.

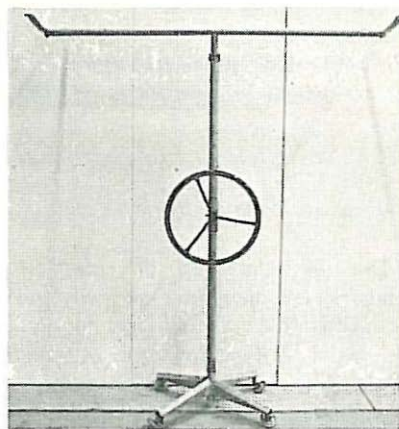


Fig. 2. Platejekk reduserer tidsforbruket med 20 % ved montering av plater i tak.

arbeidsmetodene. En viktig terskel er overgang fra manuell metode til f.eks. krandrift.

Den tekniske utvikling av trehusbyggingen har hittil mest blitt konsentrert om bedre utnyttelse av materialer, bruk av nye materialer og av nye systemer. Produksjonsteknikk har det skjedd en utvikling mot bedre organisasjon og arbeidsledelse, først og fremst på større byggefelter. Men siden mesteparten av byggingen skjer på enkelttomter og i mindre grupper, har det totalt sett ikke gitt så stor gevinst.

Utviklingen vi har hatt med stigende arbeidslønninger har ført til at lønnsutgiftene utgjør større og større del av de totale kostnader. Det er derfor viktig at man bestreber seg på å få ned arbeidstidforbruket. Arbeidsbesparende metoder er her nøkkelen.

Ferdighusindustrien, som har fått større omfang, er vel blant annet et resultat av bestrebelsene på å bringe tidforbruket og dermed lønnsutgiftene ned på byggeplassen. Samtidig er mulighetene blitt større på fabrikken til å benytte mer tidsbesparende maskiner og utstyr enn det som er mulig ute på en byggeplass.

Fordelen med serieproduksjon på fabrikk bør også kunne komme enkelt-husbyggerne til gode.

For den tradisjonelle trehusbyggingen har utviklingen vært at mer og mer blir kuttet sentralt, samtidig som man i større utstrekning også spikrer sammen komponenter til større deler av bygget for senere transport og montering. Frittstående takstoler laget på fabrikk er i dag en handelsvare og benyttes i stort omfang. Den samme utvikling vil vi nok få for en hel rekke andre komponenter.

Plattformbygging

Den tekniske utvikling ved tradisjonell bygging i dag foregår først og fremst ved overføring og tilpassing av amerikansk metode til norske forhold. Dette systemet kalles plattformbygging. I plattform-konstruksjoner går bjelkelagene gjennom slik at veggene reises ovenpå bjelkelagene, som således tjener som en plattform. Dette forutsetter at man bruker et materiale for undergulvet som er tilstrekkelig robust til å tåle de påkjenninger det måtte bli utsatt for fra vær og vind før huset blir tekket og lukket. Erfaringene fra plattform-konstruksjonen er hittil meget gode. Den har da også på meget kort tid slått igjennom ved tradisjonell småhusbygging i Norge.

Generelt må en anta at det ved alle kategorier av småhusbygging vil eksistere en tendens som gjør det økonomisk og teknisk forsvarlig å investere mer i rigg og utstyr. Grunnen til dette er følgende:

- Økende arbeidslønn gjør det økonomisk å investere mer i rigg og utstyr
- En stor andel av arbeidsoperasjonene er vanlig sjauing og manuell transport som bør mekaniseres
- Det er av økende betydning å bruke metoder som innebærer mindre fysisk belastning. En stor del av sjauingen og transporten har karakteristikk tungt arbeid. Eliminering av dette er en viktig del av rasjonaliseringen. Som eksempel kan nevnes at ca 40 % av arbeidstiden for utlegging av plater som undergulv er ren sjauing. Ca 30 % av arbeidstiden med montering av takstoler er transport og sjauing.

Rasjonelt transportopplegg viktig

Transportutgifter spiller en stor rolle ved all trehusbygging. Materialleveransene skjer i altfor stor grad klattvis og uten plan, dessuten er det viktig å ha skikkelige veier frem til bygget. Det er dårlig økonomi å vente med å lage veier ferdig til slutt, og i mellomtiden la sinte sjåfører kna seg frem i jordvellingen. Belastningen på veiene er langt større i byggetiden enn etter at huset er ferdig.

Likeledes har det stor betydning for transporten og det videre arbeid med bygget at grøfter blir fylt igjen, og at det blir tilbakefylt rundt grunnmuren og tomten grovplanert. Lagerplasser og materialskur eller plattinger må få en hensiktsmessig plass og må dimensjoneres etter de kvanta man skal ta imot på byggeplassen. Spill og brekkasje koster både i form av materialer og arbeidstid.

Med vårt klima er vinterproblemer noe som stadig går igjen, og som krever sine spesielle forholdsregler. Vinterutgifter ved trehusbygging kan være betydelige, og det må være all mulig grunn til å prøve å redusere disse. Meget kan gjøres ved å planlegge arbeidet, tilriggingen og materialleveransene. Provisoriske elektriske anlegg er viktig å ha planlagt og dimensjonert for den belastning som oppstår i byggetiden. Vinterstid må man ha arbeidslys. Mer og mer blir det tatt i bruk verktøy og utstyr som krever strømtilførsel. Feil og mangler ved det elektriske opplegget kan derfor få

kostbare konsekvenser. Provisoriske strekk må være plasert slik at de ikke står i veien for annen virksomhet eller blir beskadiget av transporter og redskaper.

Rivende utvikling av maskiner og utstyr

Det er klart at de forskjellige kategorier av prosjekter gir svært ulike betingelser for valg av rigg og utstyr. Videre er forholdene slik at det er vanskelig å analysere teknisk og økonomisk de muligheter som er tilstede i det enkelte tilfelle.

Vi har en rivende utvikling av maskiner og utstyr. I de senere år har vi sett at nye materialer, maskiner og utstyr stadig har forandret forutsetningen for produksjon. Valg av produksjonsutstyr har sterk innvirkning på produksjonsmetoden og dermed selve arbeidsteknikken. Omvendt har vi også det forhold at produksjonsmetoden forutsetter og legger til rette forholdene for bruk av et bestemt produksjonsutstyr. Eksempel på dette er plattformkonstruksjonen.

I figur 2 er vist en platejekk, som holder platene i taket ved montering. De undersøkelser vi har gjort i Norge, viser at ved hjelp av denne platejekken kan man redusere tidforbruket med ca 20 %.

Med den utvikling vi har i dag hvor det blir mer og mer bruk av spesialister i husbyggingen, vil dette også medføre

mer spesialverktøy. Som eksempel kan nevnes gipsplate-montasje, som er blitt en spesialitet. Foruten spesialhammer, spiker og kniv har gipsplate-montørene spesialverktøy for å ta hull for elektriske bokser. De har spesiallinjal for kapping av plater, de har stripekapper for små avtak av platebredder samt avansert verktøy for sparkling av plateskjøter og spikerhull. Riktig utformet og hensiktsmessig arbeidstøy, arbeidsverktøy og spesielle verktøybelter med spikerlommer, geheng for hammer og annet verktøy er ting som vil bidra til mer effektivt arbeid.

Spørsmålet om akkordtariffen må utredes

Et spørsmål som ofte kommer opp når man snakker om utnyttelse av maskiner, utstyr og nye arbeidsmetoder, er våre akkordtariffer. Argumentene fra entreprenører og bygmestere er at de ikke får noe igjen for sine investeringer.

Hvordan kaken skal deles, skal ikke tas opp her, det skal bare påpekes at skal man komme videre med effektiviseringen i faget, må man få klarlagt dette spørsmålet. Ellers kan våre akkordtariffer lett bli en hemsko i utvikling så vel innen innføring av nye maskiner og utstyr, som i nye metoder og arbeidsteknikker. Den raske tekniske utvikling er på alle måter en utfordring.