

SMÅHUS AV TRE

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT'S
VINTERKURS 1955—56

OSLO 1956

Særrykk av BYGG og BYGGMESTEREN

Norges byggforskningsinstitut

FORORD

Som rimelig er i et land som bygger sine fleste boliger i tre, har Norges byggforskningsinstitutt særlig arbeid med trehus. Det var derfor naturlig for instituttet gjennom et kurs å forsøke å gi en oversikt over de praktiske konsekvenser for trehusbyggingen av den forskning som er utført ved instituttet og andre steder.

Det første kurs ble holdt i mars 1955; det fikk en så overveldende tilslutning at det var nødvendig å gjenta kurset i november samme år.

Foredragene ved disse kursene foreligger nå i bokform, som særtrykk av tidsskriftene Bygg og Byggmesteren. Instituttet håper at både kursdeltakere og de som ikke fikk plass ved kursene, og alle de mange som er beskjeftiget med trehusbygging, må få glede av boken.

Det er naturlig å benytte anledningen til å takke foredragsholderne og andre medvirkende både utenfor og innenfor instituttet, for at kurset ble så vellykket. En særlig takk rettes til Norges Håndverkerforbund, som sto som arrangør av kurset.

Oslo, den 29. oktober 1956.

ØIVIND BIRKELAND

INN H O L D

Fra tidsskriftet BYGG:

Trelast, av professor <i>Hans Granum</i>	1
Papp til bygningsbruk, av professor <i>Hans Granum</i>	7
Lydisolering i boliger, av arkitekt <i>Gunnar Ø. Jørgen</i>	12
Ytterlag og bjelkelag i trehus, av arkitekt <i>Sven Erik Lundby</i>	21
Maling på trehus, av sivilingeniør <i>Erling Thun</i>	31
Standardisering, av arkitekt <i>E. Vaardal-Lunde</i>	38
En småhusbyggers fremtidsperspektiver, av professor <i>Hans Granum</i>	43
Monteringsferdige trehus, av arkitekt <i>P. A. M. Mellbye</i>	49

Fra tidsskriftet BYGGMESTEREN:

Kondensproblemer, av professor <i>Hans Granum</i>	53
Bygningsplater, av sivilingeniør <i>Henry Hansen</i>	62
Vindusomramminger — tetthet mot vind og slagregn. av arkitekt <i>Robert Wigen</i>	69
Branntekniske hensyn ved bygging av trehus. av branninspektør <i>V. Hylland</i>	77
Varmeisolering, av arkitekt <i>Sven Erik Lundby</i>	81
Vinduskonstruksjoner, av arkitekt <i>Sven Erik Lundby</i>	84
Isolasjonsmaterialer, av sivilingeniør <i>Henry Hansen</i>	89
Småhus med og uten kjeller, av arkitekt <i>Sven Erik Lundby</i>	94
Vegger, bjelkelag og takstoler i trehus, av professor <i>Hans Granum</i>	99
Vindtetthet i vegger og vinduer, av arkitekt <i>Robert Wigen</i>	107

Trelast

Professor Hans Granum

DK 674

Det ligger i sakens natur at trelast er hovedmaterialet i småhus av tre. Men i de siste årene har mange andre materialer, særskilt forskjellige platematerialer og lette isolasjonsmaterialer fått en stadig større betydning i trehusbyggingen, ja i enkelte tilfelle er utviklingen gått så langt at benevnelsen trehus snart ikke er helt adekvat lenger. Følgene av denne utviklingen er at trelastforbruket pr hus er gått meget sterkt ned. For å belyse dette med noen tall, kan vi nevne at trelastforbruket i et typisk førkrigshus på 2 fulle etasjer var omkring 0,2 std pr m² grunnflate, kanskje litt under, mens det i de vanlige husene som bygges i dag ofte er under 0,1 std pr m² grunnflate, altså en reduksjon på 50 %. Men tross denne utviklingen er trelast selvfølgelig fortsatt nøkkelmaterialet i småhusbyggingen i Norge, og vil vel ennå i lange tider bevare denne posisjon.

Det som har gjort treet så allsidig brukbart som byggemateriale er at det kombinerer så mange verdifulle egenskaper og er så lett å få tak i. Først og fremst har det en meget høytydlig styrke. Dessuten er det lettere å bearbeide enn de fleste andre materialer, samtidig som det har utmerkede overflateegenskaper, både med hensyn til skjønnhet og varighet. Til slutt har det ganske gode varmeisolerende egenskaper.

Når det gjelder varmeisolasjon, som tidligere var en svært viktig del av treet's bruksområde, kan det imidlertid ikke lenger konkurrere med de moderne lette isolasjonsmaterialene. Dette kan lettest illustreres med at vi får 30—40 ganger så meget i ren isolasjonsverdi for samme beløp av disse nye materialer som av tre. Derfor er det direkte sløseri med penger å bruke trevirke til ren varmeisolasjon i tak og vegger i våre dager. Likevel må vi ikke se bort fra at denne egenskap fortsatt har stor betydning for mange anvendelser, f. eks. i vinduer og ytterdører. Ja, den er kanskje hovedgrunnen til at aluminium og stål ikke har kunnet fortrengt treet som materiale i vinduer i strøk med kalde vintre, slik som her i Norden.

Det er i dag styrke-egenskapene som danner hovedgrunnlaget for treet's anvendelser i husbyggingen, ved siden av overflate-egenskapene. For de belastninger og spennvidder vi har i små bolighus, hevder treet med glans sin posisjon som bærende materiale. Ser vi på bæreevnen alene i forhold til prisen, leder det fortsatt med stor margin på alle vanlige materialer. Selv i trefattige land med stor stålproduksjon, slik som England, er trevirke fortsatt det billigste materialet til hjelkelag og sperrer. Jeg vil gjerne illustrere forholdet ved å sammenligne prisen for to bjelker med 4 m spennvidde belastet med 100 kg pr løpende meter. I tre koster en

slik hjelke, som vil bli av dimensjon ca 2" × 7" omkring kr 12,00, mens en I-bjelke av stål med samme bæreevne i dag koster ca kr 25,00 bare i rene material-utgifter. (Priser fra våren 1955.) Dertil kommer at treet er lettere og billigere å bearbeide. For en søyle av 2,5 m høyde, tilsvarende en veggstender, vil sammenligningen falle ut enda mer til gunst for treet. Lignende resultater får vi ved en sammenligning med armert betong, og enda gunstigere ved tre kontra aluminium.

En sammenligning som den jeg nettopp har gjort, er naturligvis altfor enkel til å si hele sannheten, men den illustrerer likevel treet's konkurransevne meget godt i små bærekonstruksjoner, og forteller noe om hvor vi kan vente oss best effekt ved å bruke tre.

Vi skal være oppmerksom på at trelastprisene hos oss har vært sterkt subsidiert i årene etter krigen, og derfor ligget betydelig under verdensmarkedets priser. Trelasten er altså i virkeligheten langt mer verdifull enn vi får inntrykk av, og dette forhold medvirker til at vårt trelastforbruk ligger svært høyt.

Behovet for tømmer til treforedlingsindustrien er stadig mer økende, og vi kan på lengre sikt ikke regne med den rikelighet på trelast som vi har vært vant til. Nasjonaløkonomisk er det av stor betydning at trelastforbruket går ned. I det lange løp må dette føre til økende priser i forhold til andre byggematerialer.

Det er ikke mulig på noen få sider å gå nøyere inn på styrkeegenskapene ved dette allsidige materiale. I stedet vil jeg konsentrere meg om et par andre spørsmål av stor betydning for den praktiske bruk av treet.

Det første er sortering av trevirket og det andre er problemene som har sammenheng med fuktighetsinnholdet.

Sortering

I motsetning til de fleste andre byggematerialer er trevirket ikke noe «produsert» materiale, men et rent naturprodukt som vi må ta som det er fra naturens side med alle sine fortrinn og feil. Dessuten forekommer mange feil som er oppstått under videreføringen fra tømmer til trelast.

Den første kategorien feil er *vekstfeilene*, som skriver seg allerede fra skogen. Det kan være f. eks. for mye kvister, det kan være vreer, tennar eller tverrved. Helt kvistren vare er jo uhyre sjelden hos oss. Men heldigvis er det slik at feilen ikke har den samme betydning ved all slags bruk. Mange steder er vi vel tjent med trelasten selv om det er mye kvister.

Den neste feilkategorien er *kondisjoneringsfeilene*, dvs. feil oppstått under videreførelsen. Det kan være blåved som skyldes uheldige tørkeforhold, eller vindskjevhet som kan skyldes feilaktig stabling, eller det kan være skjører og sprekker. Skjører er sprekker som oppstår i tømmeret før skjæringen hvis det ligger og tørker for mye. En særlig vanlig, og viktig kondisjoneringsfeil, er feil tørrhetsgrad. Dette viktige problem skal jeg senere komme tilbake til. Feilskur, altså unøyaktighet på målene, forekommer også hyppig, særlig på last som er skåret på små og primitive sagbruk.

Feil på høvellast kan ofte skyldes at plankene har vært for rå ved høvlingen. Hvis de høvlete bordene etterpå ligger og tørker, kan de da slå seg stygt eller krumpe til undermål allerede før de leveres på bygget. Overflaten, særlig på rettsiden hvor lasten gjerne er planboksøvlet, blir også ru og ujevn hvis lasten har vært for rå ved høvlingen. Synlige kuttslag kan også forekomme og skjemme utseendet. Av andre feil på høvellast forekommer f. eks. dårlig såkalt «landing» på pløyde bord, dvs. at noten og fjæren er feilaktig plasert, slik at overflaten ikke flukter når de legges sammen. Særlig på gulvbord er dette kjedelig, og krever sliping eller høvling etterat de er lagt, for å gi en brukbar overflate.

Høvellastens profiler er jo noenlunde standardisert, og større høvlerier bruker alltid standardiserte kuttehoder for not og fjær. Likevel er det ofte vanskelig å bruke bord fra to forskjellige høvlerier om hverandre.

På grunn av alle disse muligheter for feil er *sorteringen* av trelast av veldig stor betydning. Trelast-sortering er dessverre nok så langt fra en eksakt vitenskap. For det første er det temmelig uoversiktlige og forskjelligartede regler, og for det andre er bedømmelsen i alle fall for en stor del avhengig av skjønn. Man blir ikke en god trelast-sorterer uten langvarig erfaring, og det er vel ytterst få av bygningsbransjens folk som virkelig kan bedømme en sortering fagmessig. Nå er vel heller ikke det nødvendig, men en bør i alle fall ha kjennskap til hvilke regler som gjelder i store trekk.

Vi har en lov fra 1930 om måling av skurlast, og teoretisk kan det kreves at all skurlast skal omsettes etter reglene i denne lov. Når det gjelder omsetning i store partier, skjer nok også storparten av den etter offentlig måling, på Østlandet ved Østlandets Skurlastmåling og i Trøndelag ved tre lignende, lokale måleinstitusjoner. I Telemark og deler av Sørlandet er det foreløpig ingen offentlig skurlastmåling.

Den offentlige skurlastmåling går etter sine spesielle sorteringsreglementer som er approbert av Landbruksdepartementet. Reglementene tar særlig sikte på trelast som skal gå til videreførelse, altså høvlingsplanker, men Østlandets Skurlastmåling har også et eget reglement for bygningsvirke, (firkant, bjelker og bjelkelagsplanker).

Når det gjelder detaljomsetningen blir det imidlertid sjelden eller aldri tale om offentlig måling.

Som vi alle vet er trelastprisene fastsatt av Prisdirektoratet. I Pristidende er angitt hvilke sorteringsregler det er bygget på. Hvis vi leser gjennom Pristidende vil vi finne at det opereres med minst 5 forskjellige sorteringsregler. Ved siden av den offentlige skurlastmålings regler ser vi ofte henvisning til *Sorteringsregler for trelast ved levering fra listeførte handels-*

bruk og trelastforhandlere på Østlandet, Sørlandet og Vestlandet, av 20. mars 1943. Disse regler er egentlig utarbeidet etter foranledning av Prisdirektoratet, og omfatter både skurlast og høvellast. Ellers gjelder fortsatt flere sedvanemessige regler for høvellastsortering, regler som ikke er nedtegnet, men har innarbeidet seg som standard for bestemte bruk. Leser vi fortsatt i Pristidende, vil vi oppdage at det var meget stor forskjell på de faktiske sorteringskrav, f. eks. krav til kant for Trøndelag og Østlandet. Klassebetegnelsene og antall sorteringsklasser er også totalt forskjellige. Skjønt sorteringsreglene på Østlandet opererer med 4 sorter for vanlig plank, skjer detaljsalget bare i 2 effektive sorter, idet de tre beste slås sammen. I Trøndelag er det tre effektive sorter, hver med sin pris.

Det vil føre altfor langt å gå inn på de forskjellige regler i detalj. Men det er uten videre klart at det er meget uheldig at det er så mange forskjellige og ulike regler. Høsten 1954 ble det etter innstilling fra Landbruksdepartementet ved kgl. resolusjon oppnevnt et utvalg til å fremkomme med forslag til mer ensartede regler for hele landet. Det er å håpe at dette vil føre til en kraftig opprydding i forholdene.

Jeg vil også i denne forbindelse nevne de nye sorteringsreglene for konstruksjonsvirke, eller T-virke som navnet kommer til å bli. Disse regler vil bli fastlagt i form av en Norsk Standard (NS 447), og har allerede ligget ute til kritikk nok så lenge, så de er kanskje kjent av de fleste. Reglene er omarbeidet noe i forhold til det utlagte forslag, og vil i sin endelige form bli praktisk talt identisk med de tilsvarende finske og svenske regler. Det gjøres regning med at de vil bli endelig vedtatt i løpet av året.

T-virket er beregnet til bærende trekonstruksjoner. Sorteringen tar intet hensyn til utseendet, men bare til styrken. Det blir 3 fasthetsklasser, noe som danner forutsetningen for suksessivt økende tillatte spenninger fra klasse til klasse. Det vil selvsagt ta adskillig tid før priser og lagerholdning osv. innarbeider seg, men etter hvert må en gå ut fra at det fra bygningsmyndighetenes side vil bli stillet krav om bruk av T-virke i alle større bærende trekonstruksjoner. Reglene tar, i hvert fall foreløpig ikke direkte sikte på virke til vanlig småhusbygging, men det vil nok etter hvert antagelig falle naturlig å bruke det f. eks. til sperrer og bjelker.

Før vi forlater spørsmålet om sortering av trelast kan det være verd å nevne at alle regler forutsetter at tverrsnitt skal angis i eng. tommer. Rå skurlast måles i norske tommer, idet en forutsetter at den ved tørkingen krymper ned til det riktige målet i eng. tommer. Det er forutsatt at målene skal være minstemål, men bortsett fra NS 447 inneholder ingen av sorteringsreglementene klare bestemmelser om toleranser, hverken på skurlast eller høvellast. For bygningslast er dette meget uheldig, da for store og ujevne dimensjoner kan føre til betydelige ekstraarbeider i form av oppretting osv.

For bygningsindustrien, som ellers over alt bruker metrisk mål, ville det være fordelaktig om trelastens dimensjoner var gitt i millimeter i stedet for i eng. tommer. Enkelte land, som f. eks. Tyskland, har gått helt over til dette, og i våre dager da trelasteksporten fra Norge er ubetydelig, burde det også være mulig for oss å innføre det metriske system i trelastbransjen. Dette må i tilfelle komme som et krav fra bygningsindustriens side.

α_v = svelling i volum
 α_t = svelling tangentielt på årringene
 α_r = svelling radielt på årringene
 α_l = svelling i treets lengderetning

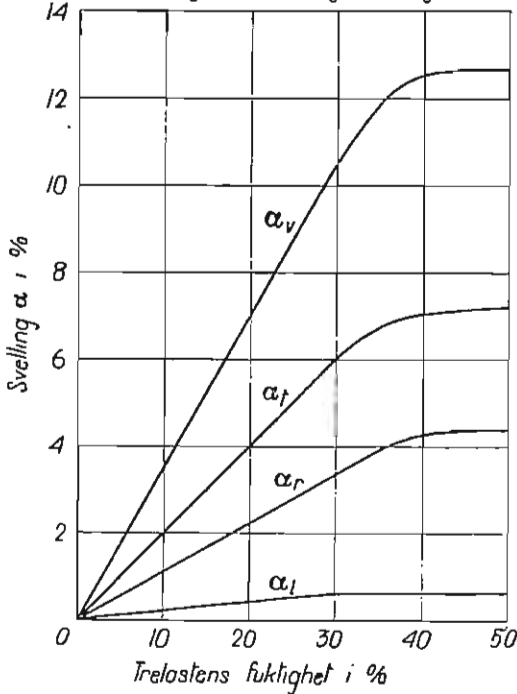


Fig. 1: Svellingsdiagram for furuvirke.

Fuktproblemer ved trevirke

Vi skal så gå over til å se litt nøyere på fuktproblemene ved trevirket, og problemer som henger sammen med dette.

Trevirket er et såkalt *anisotrop* materiale, som har vidt forskjellige egenskaper i lengderetningen sammenlignet med de øvrige hovedretninger. For det første er jo styrken og elastisitetsmodulen mange ganger større i fibrenes retning enn tvers på denne, men også krympings- og svellingssegenskapene er vidt forskjellige i de tre hovedretninger. Vi vet jo at de aller fleste byggematerialer krymper når de tørker ut. Det gjør også treet. Krympingen i lengderetningen er imidlertid så liten at vi praktisk talt alltid kan se bort fra den. I radiell retning er derimot krympingen og svellingen meget stor, langt større enn for noe annet vanlig byggemateriale, og i tangentiell retning er den til og med mellom 50 og 100 % større enn i radiell retning.

Fig. 1 viser et svellingsdiagram for furuvirke. Vi ser av dette at svellingen er noenlunde lineær opp til vel 30 % vanninnhold. Det er tydelig at vi her når en grense, hvor ytterligere øking av vanninnholdet ikke lenger fører til øket svelling i noen av hovedretningene. I det lineære området under 30 % vanninnhold, hvor trelasten i våre hus befinner seg, kan kanskje i gjennomsnitt regnes at 1 % minking i vanninnholdet gir 0,005 % svinn i fiberretningen, 0,15 % tvers på fibrene i radiell retning (tvers på årringene) og 0,25 % i tangentiell retning (langs med årringene).

La oss se nærmere på hva dette betyr. Ta et 4" bredt bord, skåret slik som vist på fig. 2 a, altså slik at breddemålet har sin utstrekning vesentlig i tangentiell retning. Dette bordet tørkes ut f. eks. fra 20 % til 10 %,

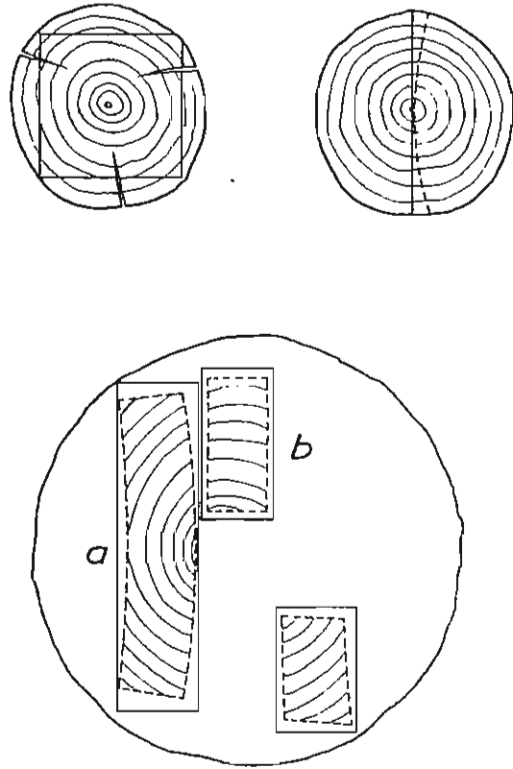


Fig. 2: Følgen av forskjellig krymping i radiell og tangentiell retning ved tørking av virket.

noe som er ganske vanlig i et hus. Disse 10 % minking i vanninnhold gir i gjennomsnitt et svinn på $10 \times 0,25$ %, altså ca 2,5 % i tangentiell retning. Et 100 mm bredt bord krymper altså ca 2,5 mm.

Er bordet kantskåret, altså slik at breddemålet har sin utstrekning vesentlig i radiell retning (fig. 2 b), blir svinnnet straks redusert til ca 1,5 mm. Dette er en av grunnene til at kantskårne bord egner seg best for gulv. Nå er svinn- og svellingsmålet på ingen måte noe konstant tall for alt trevirke. Det er store variasjoner fra det ene treet til det andre, avhengig av om veden er løs eller tett osv. I eksemplet ovenfor, hvor vi fant en midlere krymping på 2,3 mm i tangentiell retning, vil en variasjon mellom 1 og 4 mm være normal.

Det er svært uheldig at krympingen er forskjellig i radiell og tangentiell retning, fordi dette fører til forandringer i trevirket som tørker. Forholdet mellom krympingskoeffisientene i de to retninger kan tas som et direkte mål for tendensen til kasting. Fig. 2 viser hvordan følgene av denne ujevne krymping arter seg på trelasten.

Vi ser av figuren en grunn mer til at kantskårne bord er gunstige som gulvbord, de vil nemlig i gjennomsnitt bli mindre deformert i formen ved tørking, altså mindre krumme enn bord med annen orientering av årringene.

En av de viktigste årsaker til at det er uheldig å høvle rå trelast, er at den i så fall vil bli deformert under ytterligere uttørring. Så mye som mulig av svinnnet bør altså være skjedd før kløvskjæringen og hovlingen blir utført.

Det er imidlertid ikke bare tverrsnittforandringer som kan foregå ved tørkingen. Krok i lengderetningen, og vindskjevhet kan også oppstå. Det kommer av at treet ikke alltid er helt homogent i sin vekst, eller at

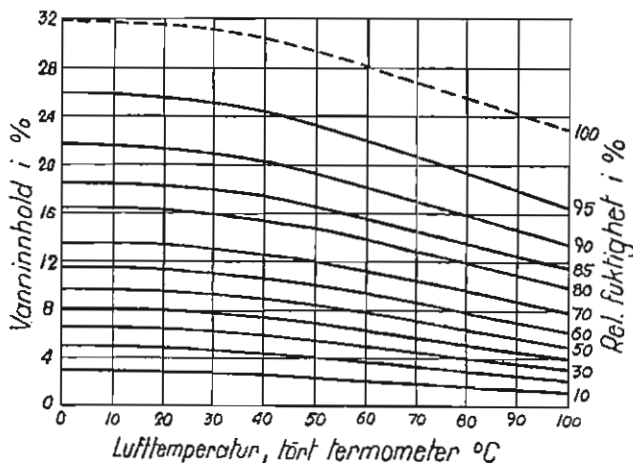


Fig. 3: Sammenheng mellom temperatur og relativ fuktighet i luften og vanninnholdet i trevirket.

fibrenes lengderetning ofte kan være svakt spiralformet i forhold til plankens lengderetning. Særlig slem blir forholdet hvis stokken inneholder tennar.

Tennar er en tyngre og sterkere ved enn vanlig. Den er naturens middel til  forsterke trer som f. eks. er tvunget ut fra vertikal vekst ved vind, bakket terreng eller andre trer, slik at trykkfordelingen i stammen ikke blir helt sentrisk. Da danner det seg tennarved på den sterkeste påkjente siden. Slik tennarved har større krymping og svelling enn resten av veden, og vil derfor deformere trelasten styggere enn vanlig når den tørker. Det verste er at det så lett blir krok i lengderetningen og vindskjevhet.

Vi skal nå se litt på hvilket fuktighetsinnhold trelasten vil få i hus som er i bruk. Trevirke er et utpreget

hygroskopisk materiale, dvs. dets vanninnhold står i et visst forhold til den relative fuktighet i luften som omgir det. Oppbevares treet i et rom med konstant temperatur og relativ fuktighet, vil det altså til slutt komme i en likevektstilstand, et fuktighetsinnhold som ikke vil endres hvor lenge det enn lagres under samme forhold. Fig. 3 viser likevektsfuktigheten for furu ved forskjellig temperatur og relativ fuktighet. Har vi f. eks. et rom med 20   C og 65 % relativ fuktighet, vil trelasten til slutt innstille seg på ca 12 % vanninnhold (av trvekten). Er den relative fuktighet 0 %, blir også treet's fuktighet 0 %, er den relative fuktighet 100 % blir vanninnholdet lik fiberretningspunktet, altså bortimot 30 % for gran og furu. Det er for øvrig ikke likegyldig for sluttresultatet fra hvilken side fuktighetsinnholdet nærmer seg likevektstilstanden. Hos tre, i likhet med mange andre hygroskopiske materialer, er det en viss hysteresese, fig. 4.

Vi ser av figuren at hvis vi kommer fra et høyt luftfuktighetsinnhold, altså har med en desorpsjon av vann  gjøre, havner vi på litt høyere vanninnhold enn hvis treet kommer fra et lavt fuktighetsinnhold, dvs. når treet absorberer vann. Hysteresens størrelse er også avhengig av trketemperaturen, eller rettere sagt av trkehastigheten, og blir større jo hastigere den foregår.

Både ute og inne i husene forandrer temperatur og relativ fuktighet seg i rets løp. Fig. 5 viser noen kurver for middeltemperatur og relativ fuktighet i en femårsperiode i Oslo. Slike kurver er forskjellige fra sted til sted i landet, men overalt er tørkeforholdene best i vårmånedene fra februar—mars til midt ut på sommeren. Da har vi mange steder en likevektsfuktighet i trelasten under tak utendørs på 12—14 %. Men i

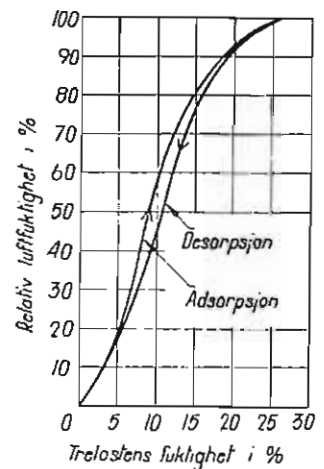
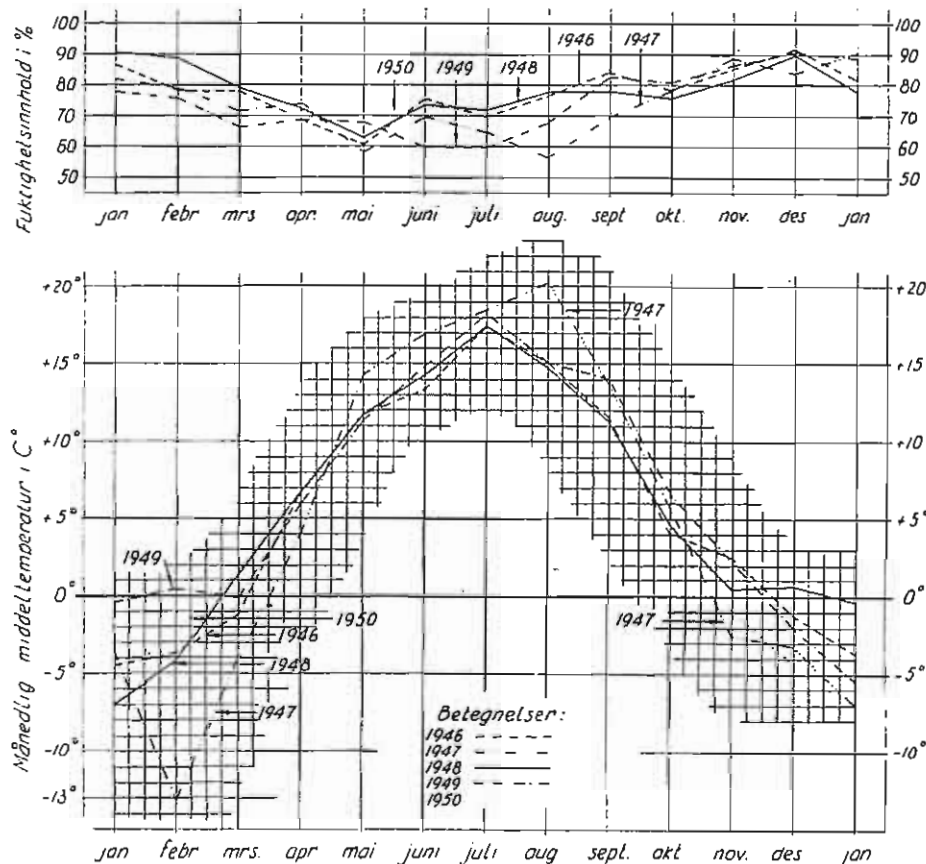


Fig. 4: Hysteresekurve for fuktighetsinnholdet i furuvirke.

Fig. 5: Kurver som viser månedlig middeltemperatur og relativ fuktighet i luften i Oslo for årene 1946—1950.

høst- og vintermånedene, hvor den relative fuktigheten ofte i ukevis er over 90 %, ligger likevektsfuktigheten for trelasten mange ganger over 20 %. Under slike forhold kan vi derfor ikke bevare trelasten tørr selv om den beskyttes mot regnvæte. Det nytter altså ikke f. eks. å kjøpe kunstig tørket trelast, tørket ned kanskje til 8—10 % og så oppbevare den ute eller i uoppvarmede skur. Den vil da straks begynne å suge til seg fuktighet fra luften og streve etter å komme i likevektstilstand med uteluften. Selvsagt tar dette adskillig tid, og lengre tid jo større dimensjonene er. Dette skal jeg komme litt mer tilbake til senere.

Den trelasten som leveres til byggene er vel for en stor del naturlig tørket, og vil derfor selvsagt i hvert fall ikke ligge under likevektsfuktigheten for uteluften. For god høvellast kan vi gjøre regning med et fuktighetsinnhold mellom 16 og 20 %, i middeltall kanskje 18 %. Når det gjelder skurlast må vi regne med endel høyere vanninnhold enn i høvellast. Det fins dessverre ingen faste normer for tørrhetsgraden. Sånkalt skibningstørr vare skal ikke være over 24—25 %, men ellers er vanninnholdet sterkt avhengig av dimensjonene. Små dimensjoner, slik som 2" vil nok ofte være nede i ca 18 % ved leveringen, men grovere dimensjoner ligger gjerne adskillig over 20 %.

Nå skal vi på den andre siden se hvilken fuktighet trelasten vil få etterat den har stått tilstrekkelig lenge i bruk i et vanlig hus. Først vil jeg referere et par tall fra en undersøkelse som er gjort sammen med Norsk Treteknisk Institutt i tre prøvhus like utenfor Sandnes på Jæren. Undersøkelsen er nærmere omtalt i «Bygg» nr 5/1955.

Fig. 6—8 viser et par typiske kurver for fuktighetsinnholdet. Fig. 9 viser relativ fuktighet og temperatur på Sola meteorologiske stasjon i samme tidsrom. Disse resultater stammer fra øvnsfyrte hus på sydvestkysten. Hvis vi i stedet hadde undersøkt f. eks. et sentralfyrt, eller elektrisk fyrt hus i et torrere og kaldere innlandsstrok, ville vi nok ganske sikkert fått betydelig lavere fuktighetsinnhold, kanskje inntil 4—5 % lavere. Fig. 10, som er hentet fra en svensk undersøkelse, viser et gjennomsnittlig fuktighetsinnhold betydelig lavere enn husene i Sandnes.

Vi ser altså at gulvbord, listverk, paneler og innredninger innvendig normalt vil tørke (avta i fuktighetsinnhold) 6—7 %, i gunstigste fall 10—12 % fra de bygges inntil de når likevektstilstanden, avhengig av fyringsmåte og klima.

Bjelker, sperrer og stendere i veggene vil i gjennomsnitt få et litt høyere fuktighetsinnhold under bruken enn gulvbord, listverk og innredninger, men er til gjengjeld ofte betydelig våtere ved innbyggingen. Hvis været er ugunstig i byggetiden, hender det jo ofte at lasten kan bli helt gjennomvåt før taket kommer på.

Treverket i et hus vil i alminnelighet bli torrest mot slutten av en fyringssesong, altså om våren, og vil gjerne øke fuktighetsinnholdet igjen utover sommeren, slik at det er høyest ut på senhøsten. Disse årlige variasjonene kan vel dreie seg om 2—4 %, og er lett å merke f. eks. på skuffer som går lett om våren og trangt om høsten, eller på sprekker mellom gulvbordene som gjerne er større om vinteren enn om sommeren. Fuktighetsbevegelsene i treet kan gjøres langsommere ved maling eller annen overflatebehandling, men stoppes ikke helt.

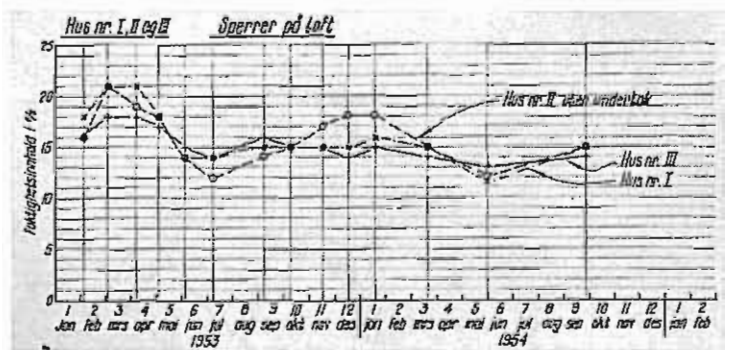


Fig. 6: Fuktighetsinnhold i sperrer i forsøkskus ved Sandnes. Legg merke til at fuktighetsinnholdet i hus II har svinget sterkere enn i de øvrige husene. Dette skyldes at det har vært kondens under takledningen om vinteren, da huset ikke har bordtak under takkingen. Om sommeren blir loftet meget varmt og uttorkingen blir derfor særlig intens.

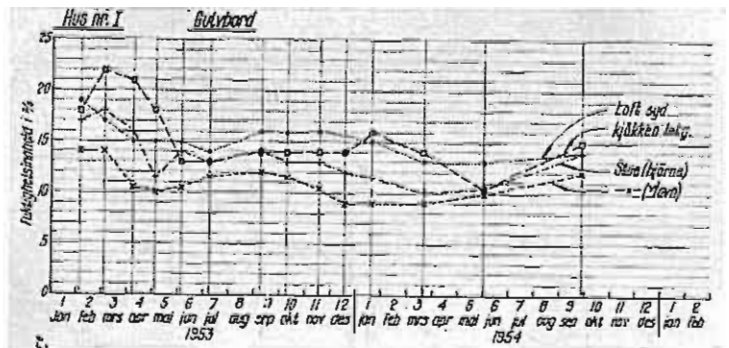


Fig. 7: Fuktighetsinnholdet i gulvbord i hus nr I, Sandnes. Fuktighetsinnholdet i nærheten av ovnen i stuen er en god del lavere enn i hjørnet på motsatt side av rommet, og fuktighetsinnholdet i kjøkkenloftet er høyere enn i stuegulvet.

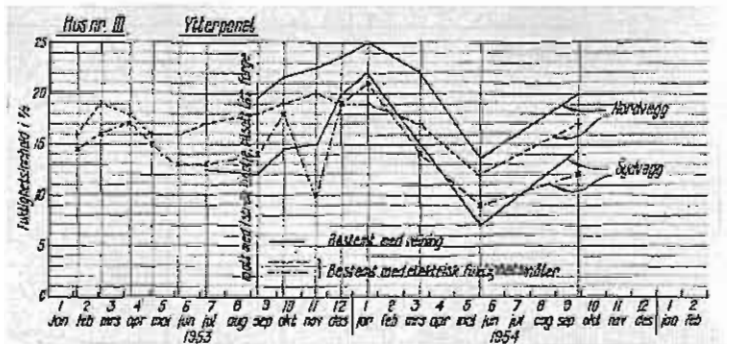


Fig. 8: Fuktighetsinnholdet i ytterpanel i hus nr III, Sandnes. Fuktighetsinnholdet i ytterpanelet har svinget langt sterkere enn i huset ellers. Særlig gjelder dette sørveggen, som om sommeren i solskinn vil bli utsatt for en meget stor uttorking. Fuktighetsinnholdet har da vært helt nede i 7 %. Om vinteren har fuktighetsinnholdet både for sørveggen og nordveggen vært adskillig over 20 %. Veggene ble malt med et strok oljemaling høsten 1953. Når de blir fullmalt, er det sannsynlig at svingningene i fuktighetsinnholdet blir mindre.

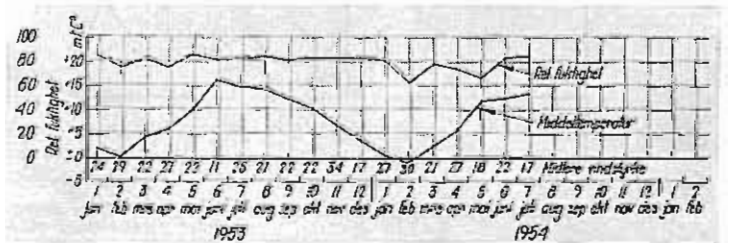


Fig. 9: Diagram som viser middeltemperatur og midlere relativ fuktighet for 1953 og de seks første månedene av 1954 på Sola meteorologiske stasjon.

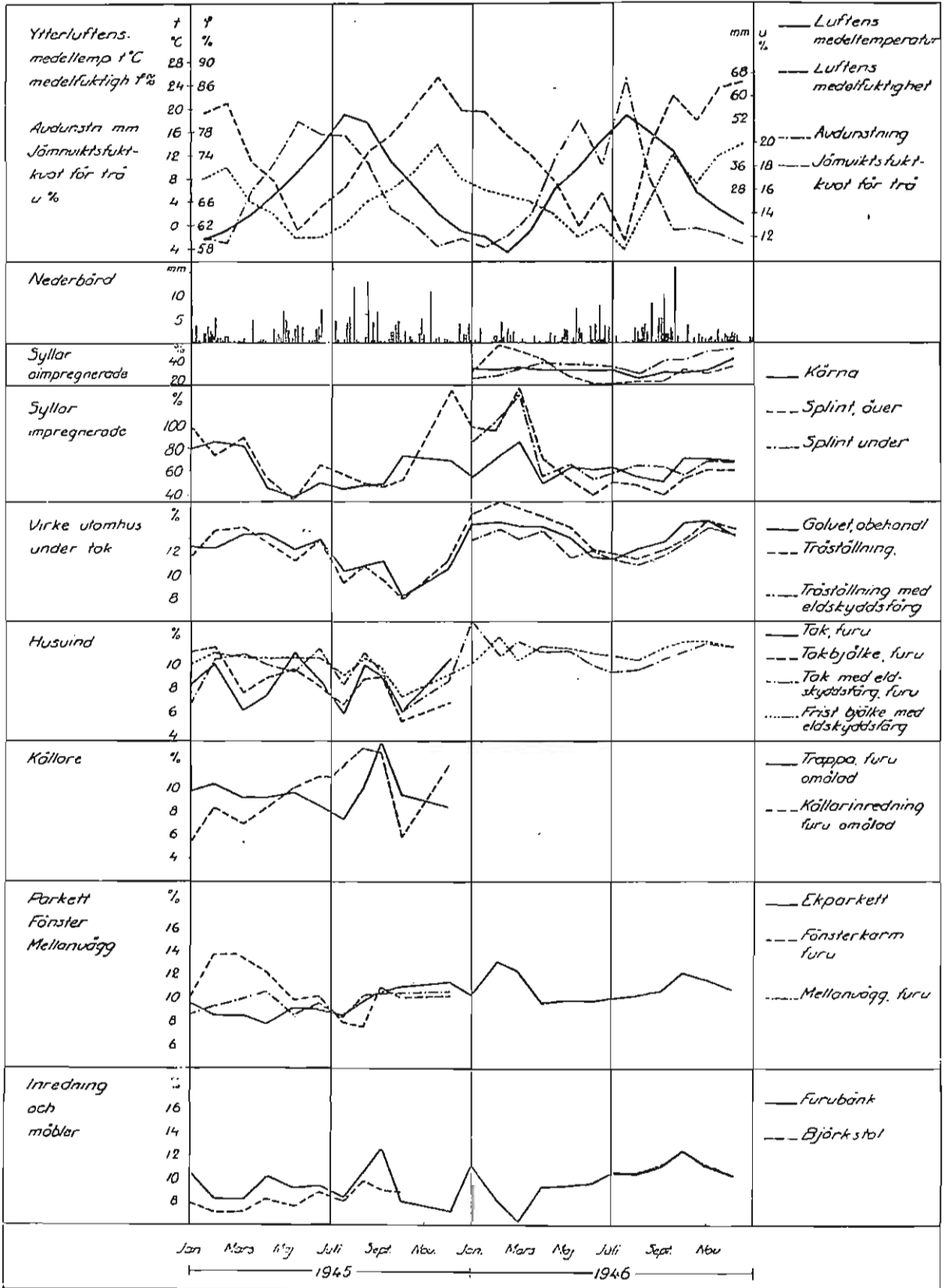


Fig. 10: Fuktighetsinnehållet i virke fra forskjellige deler av bygning i Stockholm mått i 1945-46. Øverst på figuren er vist forskjellige klimafaktorer i måleperioden.

Vi ser altså at trelasten i våre hus gjennomsnittlig tørker med ca 10 % fra den bygges inn til den har nådd sin stabile tilstand. Dette betyr ca 2 % gjennomsnittlig krymping på alle dimensjoner, eller ca 4 mm på en 8" høy bjelke eller sperre. Det hører med til en dyktig snekkers barmelerdøm å vite hvordan hensyn skal tas til denne krymping, og heldigvis er det mulig å avbøte enkelte av krympingens ulemper, men slett ikke alle. Et tilfelle hvor krympingen spiller en meget stor rolle er i gulvbord, særlig hvor bordene som nå bare vanlig oljes og lakkeres.

Med vanlig lufttørket last er det som det fremgår av det som er sagt foran, ikke mulig å unngå at bordene tørkes ut 8—10 %, og får en krymping på et par prosent i bredden. På et 3" bord med effektiv bredde ca 63 mm vil det gi sprekker som i gjennomsnitt blir ca 1,5 mm brede, men som på grunn av ujevn krymping, og særlig fordi enkelte bord ved tørken vil bli krokete i lengderetningen, ofte kan gå opp til 6—7 mm på enkelte steder i gulvet. Et bedre resultat kan oppnås ved å bruke kunstig tørkede gulvbord, som er tørket ned til 8—10 % ved levering. Slik kunstig tørket last kan leveres fra mange bruk mot et tillegg i prisen som antagelig vil dreie seg om ca 1 krone pr m² for $\frac{5}{11}$ " gulvbord.

Men fordi likevektsfuktigheten utendørs og i uoppvarmete rom ligger betydelig høyere enn 8—10 %, vil trelasten suge til seg fuktighet under lagringen på byggeplassen, selv om den er beskyttet mot direkte

regnvæte. Det gjelder derfor å bruke bordene snarest mulig etter leveringen, eller, i tilfelle de må lagres en tid før bruken å lagre dem særlig tørt og godt. Undersøkelser utført av Norsk Treteknisk Institutt har vist at innpakning av stabelen i papp har god beskyttende virkning. Særlig gjelder det å beskytte endene på bordene hvor fuktighetsøkningen går raskest.

En annen måte å få pene gulv på, er å lime gulvbordene kant i kant ved leggingen. Bordene må da ikke spikres i bjelkene, men ligge fritt, slik at de får fri anledning til å trekke seg sammen. Hvis en vil ha denne sammentrekking jevnt fordelt, kan en feste et enkelt gulvbord omtrent midt på gulvet med spikring. Etter at likevektsfuktigheten er oppnådd i lopet av en fyringssesong, må en gå etter og legge inn nye bord i de store sprekke som danner seg med veggen. Erfaringer fra en lang rekke gulv av denne type lagt ved Norges landbrukshøgskole viser gode resultater. Ekstraarbeidet ved limingen utgjør ikke mer enn noen få øre pr m².

Det er imidlertid nødvendig å være meget omhyggelig med at gulvet ikke henger seg opp noe sted, f. eks. ved ubetenksom spikring, ellers kan det bli meget store og stygge sprekker. En bør også være forsiktig, slik at en ikke legger igjen gulvet altfor tett mot ytterveggen ved slutten av en fyringssesong. Da kan nemlig svellingen bli så stor at veggen sprenges ut eller at gulvet buler opp, p.g.a. de naturlige fuktighetsvariasjoner med årstiden.

Papp til bygningsbruk

Professor Hans Granum

DK 691.144

Papp er blitt et uunnværlig og viktig byggemateriale i vår tid. Man kan vanskelig tenke seg et moderne trehus uten at papp inngår på mange vitale steder i konstruksjonene.

Pappens funksjoner kan atskilles i minst seks forskjellige grupper, hvorav de fem første inngår i det ferdige bygg, og den sjette vesentlig angår byggetiden:

1. Som tetning mot vanngjennomgang. Dette er vel kanskje pappens hovedanvendelse. I denne forbindelse tenker vi særlig på takpapp, men også på utvendig forhudningspapp i vegger, på papptetning under badegulv, på grunnmurisolering osv.
2. Som dampsperrsjikt, for å hindre at for mye vanndamp fra husets indre kan trenge ut i kaldere konstruksjonsdeler hvor den kan kondensere og gi årsak til nedfuktning.
3. Som tetning mot luftgjennomgang. I trehus beror gjerne tetningen hovedsakelig på pappsjiktene, da paneler, porøse isolasjons- og platematerialer alene ikke kan hindre kald luft fra å komme inn og forårsake trekk og nedkjøling.
4. Som direkte varmeisolasjon, hovedsakelig på grunn av den avstengning av tynne luftsjikt som pappen kan gi. Papp som ved foliebelegg eller på annen måte er gitt en overflate med

- lavt strålingsbelegg, gir i forbindelse med luftrom en særlig stor isolasjonsverdi. Der hvor vi likevel har hulrom, får vi på denne måten en usedvanlig billig tilleggsisolasjon.
5. Som overflatekledning, særlig i form av malerpapp.
6. Til provisorisk dekning og beskyttelse av byggematerialer eller bygningsdeler i byggetiden. Grunnlaget for denne anvendelsen er dels pappens vanntetthet og styrke og kanskje særlig dens lave kvadratmeterpris.

Vi vet jo alle hva papp er, men likevel er det ikke så godt å finne en kort rammende definisjon. Går vi ned med tykkelsen er det ingen klar grense mellom papp og papir, og går vi opp med tykkelsen er det kanskje heller ingen klar grense mellom papp og bygningsplater. De såkalte Ranit-plater kan en kanskje si ligger på denne øvre grense. Når det gjelder pappens kvalitetsbetegnelse har det dessverre hittil vært en meget stor forvirring eller i hvert fall uklarhet. Et av hovedformålene med det arbeidet som ble startet for en tid siden for å lage en Norsk Standard for bygningspapp, har derfor vært å fastlegge en noenlunde entydig og grei terminologi.

For ikke å bidra ytterligere til å øke forvirringen, vil jeg i det følgende søke å holde meg helt til den terminologi som blir foreslått i den nye standard.

Fremstilling av bygningspapp

Grunnmaterialet for pappfabrikasjonen er *fiber* av en eller annen art. Svært ofte er det trefiber, men pappen kan også bestå helt eller delvis av tekstilfiber. I takpapp spiller fortsatt tekstilfiber hovedrollen. Glassfiber og asbestfiber og enkelte andre fibertyper brukes også endel. Det er fibermaterialene som gir pappen det vesentligste av dens styrke, mens vanntetthet, damp-tetthet osv. oftest oppnås ved forskjellige slags impregneringer og/eller overflatebelegg på fibrene.

Jeg tror det kan være hensiktsmessig, før vi går nærmere inn på de forskjellige pappsorter, å se litt på selve utgangsmaterialene for fabrikasjonen.

Trefiber for papp kan være av flere slag. Vi skiller således mellom mekanisk masse eller tremasse, og kjemisk masse eller cellulose.

Mekanisk masse er defibrert tre som ikke har fått noen kjemisk behandling. Ved tremasse har defibreringen foregått ved våt sliping på steiner. Det finnes for øvrig flere defibreringsmetoder, som jeg ikke kan gå inn på her.

Cellulose er trefiber som er behandlet med kjemikalier, slik at den har fått andre egenskaper enn tremassen. De viktigste typer cellulose, for pappfabrikasjonen er:

Sulfatcellulose som fremstilles ved kokning av finhugget flis, fortrinnsvis av furu med en basisk kokevæske som inneholder natronlut og natriumsulfid. Sulfatcellulose har noe bedre styrkeegenskaper enn sulfittcellulose, og dette gjør den vel skilket til bygningspapp.

Sulfittcellulose fremstilles bare av gran, ved kokning av finhugget flis med en sur kokevæske som inneholder svovelsyrling og kalsiumhydrogensulfitt. Sulfittcellulosen er noe dyrere enn sulfatcellulosen, og brukes bl. a. derfor i mindre utstrekning i pappfabrikasjonen.

Kvistmasse er en frasortert sekunda kvalitet av cellulose med noe kortere fiber, som derfor gir litt dårligere styrkeegenskaper. Kvistmasse tilblandes ofte i pappfabrikasjonen.

Det finnes også såkalt *halvkjemisk* masse, hvor den kjemiske behandlingen ikke er drevet så langt som ved cellulosen. Fremstilling av halvkjemisk masse, (semi-chemical pulp) er ganske ny her i landet, og har derfor hittil ikke spilt noen større rolle som råstoff for bygningspapp, selv om den nok egner seg for dette.

Tekstilfiber fremstilles av tøyfiller, særlig av bomullstøy. Men også ullfiller, jute, hamp, silke og kunstfiber brukes. Tekstilfiber, særlig bomull og ull, absorberer mye impregneringsstoff, og har vært foretrukket til takpapp.

Impregnering av papp utføres vesentlig med asfalt eller tjæreprodukter.

Asfalt forekommer som kjent dels ferdigdannet i naturen som såkalt naturasfalt, og dels fås den som et destillasjonsprodukt av jordolje, og kalles da oljeasfalt. Det er særlig den siste typen som brukes til pappfabrikasjonen. Asfaltens egenskaper, som karakteriseres ved bl. a. spesifikk vekt, mykningspunkt, dråpe-

punkt, penetrasjon, viskositet og duktilitet er av stor betydning, og ofte blandes to eller flere sorter asfalt for å få de rette egenskaper.

Ved blåsing med luft får man *oksydert* asfalt, som blir hardere og stivere enn vanlig asfalt. Den brukes mye til overflatebelegg på papp. Som kjent kan også asfalt oppløses i benzol eller lignende oppløsningsmidler, den benevnes da gjerne asfaltlakk. Den kan også emulgeres i varmt vann ved tilsats av dispergeringsmiddel. Asfalt emulsjoner og -lakker brukes ikke ved fremstilling av takpapp, men kan brukes til vedlikeholdet.

Tjære fremstilles ved tørdestillasjon av kull. Til pappfabrikasjon brukes vesentlig steinkulltjære. Tjæreimpregnering blir nå mindre brukt enn før, bl. a. fordi tjæren er mindre bestandig enn asfalt, og har en viskositet som forandrer seg mer med temperaturen enn asfalt; dessuten gir den en lukt som kan være generende for enkelte anvendelser.

De egenskaper ved asfalt og tjære som utnyttes i impregnering papp er de vannavvisende og vanntettende egenskaper. Et helt asfaltsjikt selv i meget små tykkelser er så å si absolutt tett både mot vanngjennomgang og mot damp- eller luftgjennomgang. Impregnering bidrar også til å øke styrken ved at den virker som lim mellom fibrene.

Særlig tjære har også evne til å motvirke forråtnelsesbakterier. Derfor brukes tjæreimpregnering til papp som kommer i kontakt med jord, f. eks. under torvtak.

På takpapp brukes gjerne et *overflatebelegg* for å øke varigheten og slitestyrken. Til overflatebelegg brukes knuste mineraler som kan være av mange slag, særlig er knust skifer mye brukt. For å hindre sammenklebning brukes også talkum eller annet finknust eller malt mineralsk materiale. Vanlig sand har også vært brukt, men det er vel mer sjelden nå.

Aluminiumfolier brukes også til overflatebelegg. De kan være meget tynne, helt ned i 10 μ , altså 10/1000 mm. Slike folier limes til pappen med asfalt. Den egenskap som utnyttes er det lave strålingstallet hos aluminium, og tettheten mot dampgjennomgang. I andre land forekommer også papp belagt med folier av andre materialer enn aluminium, f. eks. kobber. I U. S. A. brukes ofte slik papp istedenfor sinkbeslag på vannbrett over vinduer.

Fremstilling av impregnering papp foregår gjerne i to atskilte etapper. Selve fiberarket, eller *råpappen* som den kalles, lages på vanlige papirmaskiner, helt atskilt fra neste etappe som er impregneringen og eventuelt overflatebeleggingen. Fig. 1 viser et skjema for en takpappfabrikk.

I det siste har en enkelt fabrikk i Norge også forsøkt seg med å tilsette impregneringsmidlet i emulsjonsform til selve fibermassen, som kjøres frem på en vanlig cellulosemaskin. Impregneringen skjer altså på samme måte som ved såkalt asfaltlimte trefiberplater. Noen større erfaring med slik papp foreligger ikke ennå. Ett av problemene, som henger sammen med at pappen kjøres på en cellulosemaskin er at den blir lite presset og derfor noe porøs.

Mange pappsorter er også uimpregnering, og brukes da i den form de kommer fra papirmaskinen, bare skåret opp til bredder som tilsvarer den vanlige handelsvare.

Egenskaper ved bygningspapp

Mekanisk styrke

Det er vanlig både for papp og papir å måle den såkalte *slitestyrken*. Dette skjer ved å måle den kraft som trengs for å slite av en smal strimmel av materialet. Strimlens bredde er fastsatt i forskjellige lands forskrifter. Meget brukt er en bredde på 15 mm, men 25 mm brukes også.

Papirindustriens Forskningsinstitutt har undersøkt slitestyrken for endel vanlige norske papptyper, både i tørr og våt tilstand. Fig. 2 og 3 viser endel av resultatene. Styrkekravene i endel utenlandske standarder ligger i alminnelighet ikke så særlig høyt.

Det er uvisst hvilken betydning en kan tillegge slitestyrken hos en papp. Etterat pappen er kommet på plass i den ferdige konstruksjonen blir den ikke utsatt for særlig store strekkpåkjenninger. Selv om den henger fritt i et hulrom i en vegg, og må ta sin del av vindtrykket, gir ikke dette så store påkjenninger. Egenvekt av pappen eller lignende påkjenninger blir også bagatellmessige. Selvsagt kan pappen bli utsatt for virkelige store påkjenninger hvis bygningen setter seg eller blir skjev, f. eks. som følge av fundamentsvikt eller krymping i trematerialene. Men slike påkjenninger kan vi umulig vente at pappen skal motstå på grunn av sin egen styrke. Evnen til å tøy seg blir her langt mer avgjørende.

Pappen blir i alminnelighet utsatt for sin største påkjenning under oppsettingen, og det blir derfor kravet til at den skal kunne håndteres uten urimelig varsomhet som blir det avgjørende, og her har vi bare skjønn å støtte oss til. Selvsagt kan vi sammenligne styrken med en papp som har stått sin prøve, men noe direkte mål for påkjenningene har vi ikke.

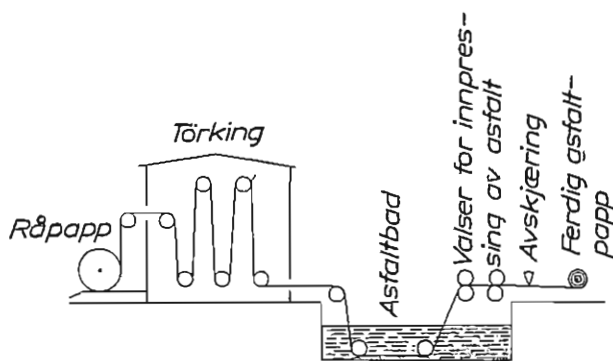


Fig. 1: Skjematisk fremstilling av takpappfabrikasjon.

Pappens *rivstyrke* kan bestemmes ved å måle den kraft som må til for å rive en flerke i pappen. Prover av denne type gjøres for papir, og kan selvsagt tenkes å bli utført som en standardprøve også for bygningspapp, da mange av de påkjenninger pappen blir utsatt for, særlig i byggetiden, er av denne art.

Bruddforlengelse

Pappens *bruddforlengelse* angis som den relative forlengelse i prosent som pappen får inntil bruddøyeblikket. Av det jeg har nevnt foran, fremgår det at en stor bruddforlengelse er en meget viktig egenskap ved en bygningspapp. Papirindustriens Forskningsinstitutt har også undersøkt bruddforlengelsen for endel norske pappsorter. Resultatene fremgår av fig. 2 og 3.

Det har vært foreslått å angi pappens slitestyrke gange bruddforlengelsen som et kvalitetstall for pappens styrkeegenskaper, og dette har sikkert mye for seg.

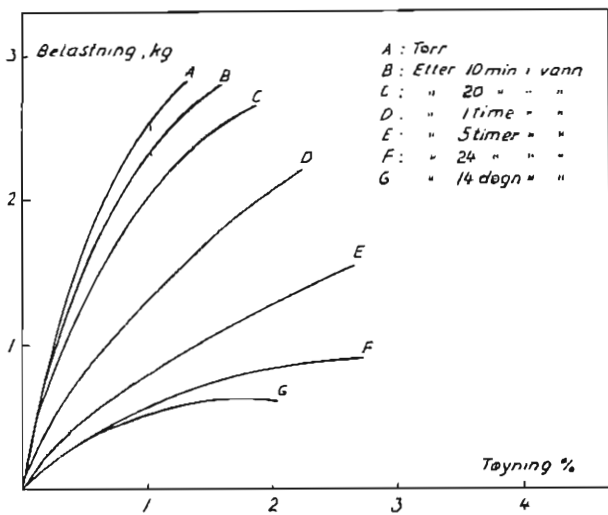


Fig. 2: Spennings-tøyingskurver for bygningspapp kvalitet B i maskinretning. (Kvalitet B: Kvadratmetervekt 502 g/m². Fiberinnhold 39 g/100 g papp. Fyllstoffinnhold 23,5 g/100 g papp. Impregneringsmiddel 37,5 g/100 g papp. Råpappens sammensetning: 75 % cellulose og 25 % tremasse.)

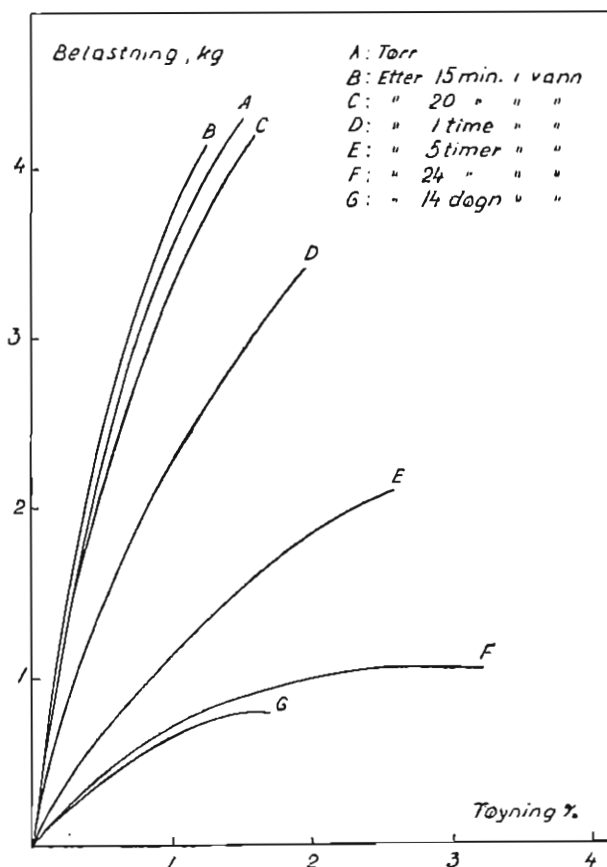


Fig. 3: Spennings-tøyingskurve for bygningspapp kvalitet F i maskinretning. (Kvalitet F kvadratmetervekt 675 g/m². Fiberinnhold 38 g/100 g papp. Fyllstoffinnhold 20 g/100 g papp. Impregneringsmiddel 42 g/100 g papp. Råpappens sammensetning: 95 % cellulose og 5 % tremasse.)

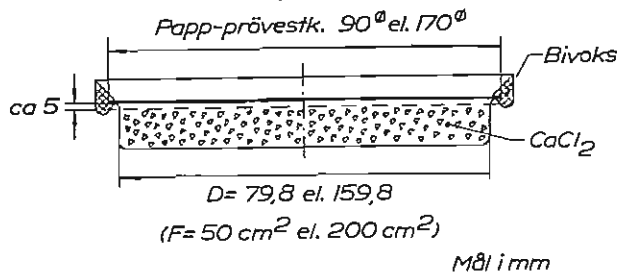


Fig. 4: Bokser for undersøkelse av dampdiffusjonstall for bygningspapp.

Vanntetthet

For takpapp er naturligvis vanntettheten en svært avgjørende egenskap, ettersom hele dens funksjon egentlig ligger i dette. Men også for forhudningspapp og andre typer er vanntettheten meget viktig. Det er vanskelig å finne en virkelig god metode til måling av vanntettheten, og det har vært forsøkt med mange metoder. Materialproveanstalten ved NTH har brukt en metode hvor pappen utsettes for et vanntrykk på 26 cm. Denne prøven er særlig beregnet for takpapp. I Tyskland brukes lignende prøvemethoder med vanntrykk på 3 cm eller 10 cm.

Engelsk standard foreskriver også en lignende prøve med 4" vanntrykk. Vanngjennomgangen konstateres ved at det legges et filterpapir under den, som farves av en farveoppløsning i vannet.

I standard fra U. S. A. og Canada brukes en litt forskjellig fremgangsmåte hvor pappen ikke utsettes for nevneverdig vanntrykk. Prøvestykkenes størrelse er ca $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ ". På dette prøvestykke strøs en indikator laget av finmalt rørsukker, stivelse og methylenblått. Over dette legges et 2" glass som forsegles langs kanten med en blanding av bivoks og harpiks. Hjørnene på pappen brettes opp, og det hele legges så det flyter på vannet, som holdes på ca 23° C. Så snart vann trenger igjennom vil det bli et omslag i farven på indikatoren. Den tid som trengs til å fremkalle farveomslaget gir et mål for pappens vanntetthet.

Den nye standard inneholder ingen forskrift for prøving av vanntettheten eller noen spesielle krav til tettheten; men det kan selvsagt tenkes at den i fremtiden kunne bli utbygget med slike krav, da tettheten jo er en avgjørende egenskap for mange anvendelser.

Dampdiffusjonsmotstanden

Dampdiffusjonsmotstanden måles vanligvis som vist på fig. 4. Pappen spennes opp over åpningen i en sylindrisk beholder som inneholder et salt som gir en kjent relativ fuktighet i luften. Rundt kantene tettes med smeltet bivoks. Prøvene settes i et rom med konstant temperatur og konstant relativ fuktighet. På grunn av damptrykkforskjellen over papplaget, vil det bli en diffusjon av vanddamp inn i boksen. Vannet oppsuges i saltet og vekten øker. På grunnlag av vektøkningen i en tilstrekkelig lang måleperiode, kan vi da regne ut dampdiffusjonstallet. For papp angis den hos oss i enheten $\frac{g}{m^2 h (mm Hg)}$, og sier altså hvor mange gram vanddamp som går igjennom et areal på en m^2 i løpet av en time når damptrykkforskjellen er en millimeter kvikksølv over pappen. Ved de målinger som hittil er

utført ved Norges byggforskningsinstitutt er det brukt krystallinsk klorkalsium i boksen. Dette gir en konstant relativ fuktighet på ca 35% ved 20° C. Rommets relative fuktighet har vært holdt på ca 75%. Dette gir et damptrykkfall gjennom pappen på ca 7 mm Hg. Den midlere relative fuktighet omkring prøvestykket er ca 55%.

I standardforslaget er det forutsatt brukt finkornet, tørr klorkalsium, som gir en relativ fuktighet meget nær 0% i boksen, og en fuktighet på 65% istedenfor 75% i prøverommet. Ved den nye fremgangsmåten vil altså den midlere relative fuktigheten bli noe lavere enn før. Da luftens relative fuktighet omkring prøvestykket har betydelig innflytelse på resultatene av målingene, kan tallverdiene som oppnås ved den nye foreslåtte prøvemethoden ikke direkte sammenlignes med de tallverdier som tidligere er målt ved Byggforskningsinstituttet.

Når vi skal vurdere et måleresultat, må vi alltid få greie på hvordan målingene er skjedd. Rundt omkring i verden brukes dessverre mange forskjellige metoder.

Den nye standarden kommer til å inneholde bestemte krav til damptettheten hos enkelte sorter bygningspapp. Det er foreslått at diffusjonstett papp skal ha et

dampdiffusjonstall på høyst $1/100 \frac{g}{m^2 h (mm Hg)}$ målt

ved den standardmetode som er nevnt foran. Videre er foreslått at vanlig forhudningspapp skal ha et dampdiffusjonstall som ikke skal være mindre enn

$20 \frac{g}{m^2 h (mm Hg)}$. De fleste pappsorter som i dag selges

under disse respektive betegnelser oppfyller de fordringer jeg nettopp har nevnt. Jeg vil gjerne nevne i denne forbindelse at det for vanlige anvendelser i bolig- hus har liten betydning om en diffusjonstett papp har

et diffusjonstall på $1/100 \frac{g}{m^2 h (mm Hg)}$ eller kanskje

langt under dette. Med andre ord: En papp med et diffusjonstall på $1/500$ er ikke 5 ganger så verdifull som en papp med diffusjonstall på $1/100$. I praksis er de antagelig omtrent likeverdige.

Lufttetthet

Lufttettheten kan måles på mange forskjellige måter. Fig. 5 viser en metode som er brukt ved Norges byggforskningsinstitutt. Metoden er nærmere beskrevet i instituttets rapport nr 7.

Luftgjennomgangen kan angis i $m^3/m^2 \cdot h \cdot mm$ VS, altså antall kubikkmeter luft som går igjennom 1 kvadratmeter av pappen når lufttrykkforskjellen tilsvarer 1 millimeter vannsøyle. (Kvikksølv søyle kan selvsagt like gjerne brukes).

For enkelte sorter bygningspapp spiller lufttettheten en betydelig rolle, særlig for forhudningspapp som skal legges med klemte skjoter i yttervegger, slik som det bør gjøres i trehus på værharde steder. På grunnlag av våre undersøkelser av ytterveggers lufttetthet, har vi funnet at det ville være rimelig å stille som krav til en god forhudningspapp som brukes utvendig i en trevegg at den ikke skal slippe igjennom mer enn $0,1 m^3/m^2 h mm$ VS. Vanlige sorter impregnert papp oppfyller med stor letthet dette krav, mens derimot de fleste sorter uimpregnerte papp, f. eks. ullpapp ikke er

tette nok. For dem som ønsker nærmere opplysninger om disse forhold kan jeg henviser til Norges byggforskningsinstituttets rapport nr 7.

Klassifisering og karakterisering av bygningspapp

Det første vi vil ha greie på er *fibersammensetningen i råpappen*. Etter det nye forslaget til Norsk Standard skilles mellom følgende fem typer av råpapp:

Kraftpapp er en papp som består av sulfatmasse, eventuelt med en innblanding av sulfittfiber og/eller kvistmasse på inntil 10 % av totalvekten.

Cellulosepapp er papp som består av sulfat- og/eller sulfittfiber, eventuelt med en innblanding av mekanisk tremasse på inntil 20 % av totalvekten.

Treholdig papp er papp som består av cellulosefiber eller halvkjemisk masse samt mekanisk tremasse, og som har et tremasseinnhold på over 20 % av totalvekten.

Halvkjemisk papp er papp som består vesentlig av halvkjemisk masse.

Ullpapp er papp som inneholder minst 70 % tekstilfiber.

Det neste vi vil ha greie på er *impregneringen og overflatebehandlingen* av pappen. Den karakteriseres i standardforslaget på følgende måte:

Asfaltimpregnert papp er råpapp som er gjennomimpregnert med asfalt.

Tjærepapp er råpapp som er gjennomimpregnert med steinkultjære.

Asfaltbelagt papp er asfaltimpregnert papp som på en eller begge sider har et overflatebelegg av oksydert asfalt med eller uten tilsats av fyllstoffer, og bestrødd med et tynt lag mineralske materialer.

Overflatebelagt papp er asfaltbelagt papp som er påvalset et beskyttelsessjikt av skiferkorn, knust talkum eller annet egnet materiale.

Foliebelagt papp er papp som på den ene eller begge sider er påklebet en metallfolie.

Asfalt duplexpapp (triplex) er papp som består av to (tre) lag papp sammenklebet med asfalt.

Armert papp er papp som mellom to sjikt av pappen har innlagte forsterkninger i form av trådduk, sisal-fiber, glassfiber e.l.

For den ferdige pappen ønsker vi å vite *vekten*, som skal oppgis i *gram pr kvadratmeter*. Dette er langt mer entydig og rasjonelt enn å oppgi rullvekten slik det vanligvis har vært gjort hittil.

Det er selvfølgelig mange andre egenskaper ved en bygningspapp som det kunne være ønskelig å kjenne. Jeg kan nevne styrke i våt, tørr og eventuelt frossen

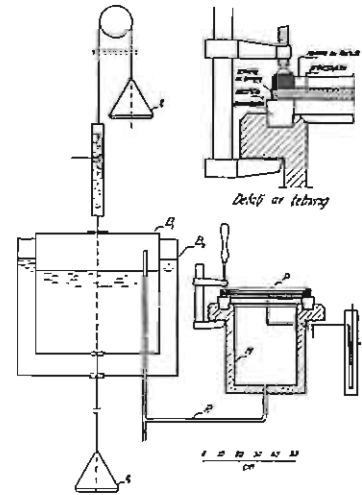


Fig. 5: Skjematiske fremstilling av apparat for måling av luftgjennomgang i byggematerialer.

tilstand, vanntetthet, damptetthet og lufttetthet. I mange land finnes det forskrifter for en rekke slike egenskaper hos de forskjellige pappsorter, men foreløpig er vi her på så usikker grunn at det nye standardforslaget ikke våger å stille spesielle krav, bortsett fra damptetthet hos et par pappsorter.

Det kan antas at opplysninger om fibersammensetning, impregnering og vekt i g/m² også vil gi et visst uttrykk for styrken og vanntettheten.

Når det gjelder handelsbetegnelsen, krav til vekter, fibersetninger osv., vil dette i store trekk fremgå av tabell 1, tilsv. tabell 5,2 i forslag til NS (F 830).

Jeg må gjøre oppmerksom på at dette forslag ikke er vedtatt ennå, og at det derfor er muligheter for større eller mindre endringer. Men i hovedtrekkene håper vi at dette vil bli stående. Det er håp om at standarden kan bli vedtatt i nær fremtid, og kanskje bli effektiv allerede fra neste år av. Går det som vi håper, vil den bidra stort til å skape klarhet på området bygningspapp.

Tabell 1: Vekt, råpapp, overflatebehandling og/eller impregnering m. v.

Kvalitetsbetegnelse	Vekt g/m ² min.	Råpapp	Overflatebehandling og/eller impregnering m. v.
Takpapp	3800	Ullpapp	Overflatebelagt
Takpapp	2800		
Underlagspapp	1700	Ikke spesialisert	Asfaltbelagt
Underlagspapp	1200		
Forhudningspapp	250	Kraftpapp	Impregnert
Forhudningspapp	450	Kraftpapp og/eller	Impregnert
Forhudningspapp	600	Cellulosepapp	
Forhudningspapp	T 450	Treholdig papp	Impregnert
Forhudningspapp	T 600		
Uimpregnert papp	K 200	Kraftpapp	
Uimpregnert papp	C 250	Cellulosepapp	Intet krav
Uimpregnert papp	T 275	Treholdig papp	
Diffusjonstett papp ...	Intet krav	Kraftpapp eller Cellulosepapp eller Treholdig papp	Foliebelagt eller Asfaltbelagt eller Asfalt duplex papp
Reflekterende papp ...	K 175	Kraftpapp	
Reflekterende papp ...	C 250	Cellulosepapp	Foliebelagt eller lign.
Reflekterende papp ...	T 400	Treholdig papp	
Malerpapp	280		
Malerpapp	330	Kraftpapp	Intet krav

Lydisolering i boliger

Arkitekt M N A L G. Ø. Jørgen

D K 699.844

Formålet med lydisolering er å hindre at mennesker inne i et rom plages av støy som skraver seg fra et sted utenfor rommet. Skal vi oppfatte en lyd, må:

- 1) en lydølge av nødvendig styrke treffe øret,
- 2) trommehinnen i øret vibrere, slik at væsken som fyller det indre øre settes i vibrasjon,
- 3) nervebanene fra øret til hjernen fungere.

Hvis nervebanene er ødelagt, kan vi ikke høre. Hvis

trommehinnen ikke fungerer, kan vi til nød høre ved at lydsvingningene overføres til det indre øre gjennom knoklene i hodet.

Disse spesialtilfellene kan vi se bort fra her. Lydisoleringen har som formål å redusere intensiteten av lydsvingningene før de når frem til øret.

Det som vi nå skal gi er ingen vitenskapelig utredning, men et forsøk på en enkel orientering i emnet.

1. Lydbølgenes natur, og hvordan lyden oppfattes av øret.

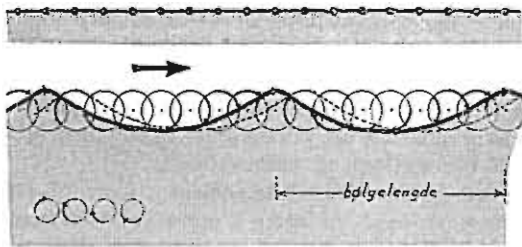


Fig. 1. Dette er et bilde av en bølge i vann. Øverst et tverrsnitt av vannflaten mens den er i ro; en del av vannpartiklene i flaten er antydnet som punkter.

Nederst et tverrsnitt av vannflaten etter at vinden har satt den i opprør. Den enkelte vannpartikkel beveger seg i en sirkel, men flytter seg ikke fra stedet; selve bølgen skrider derimot frem mot høyre.

Partiklene et stykke nede i vannet beveger seg i mindre sirkler. Enda dypere ned er vannpartiklene upåvirket av bølgebevegelsen.



Fig. 3. Hver godsvogn på sidesporet representerer et luftmolekyl som ligger i ro. Løsløkomotivet støter mot vognrekken; det er lydkilden som setter første luftmolekyl i bevegelse. Vognene rykker frem og tilbake; det blir avvekslende trykk på buffertene og strekk i koblingene, altså avvekslende luftfortetning og luftfortynning i luftmassen. Bukken i enden av sporet representerer rommets skillevegg; den settes i vibrasjon. Han som sitter og hviler er første luftmolekyl i rommet på den andre siden av veggen. Han merker en svak rystelse; det svarer til at luften på denne siden settes i betydelig svakere svingninger.

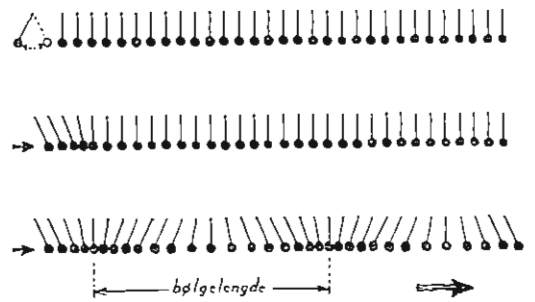


Fig. 2. Vi kan forestille oss luft-molekylene som pendler, hengende i hver sin snor (øverst). Et luftmolekyl som f. eks. ligger inn til en vegg eller en høytalermembran, settes i bevegelse når veggen eller membranen begynner å vibrere. Molekylet vil bevege seg litt frem og tilbake, men flytter seg ikke fra stedet. Rytmen forplanter seg videre til nabo-molekylene, og slik skrider impulsen fremover gjennom luften (nederst). Noen steder vil luft-molekylene ligge litt tettere enn normalt, andre steder litt åpnere enn normalt.

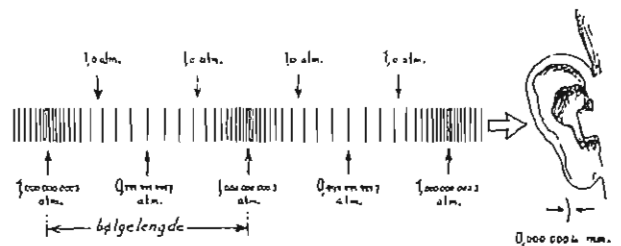


Fig. 4. En lydølge består av fortetninger og fortynninger i luftmassen. Luftmolekylene holder seg på samme plass, men fortetningene og fortynningene forplanter seg videre utover.

Ved den svakeste lyd vi kan oppfatte, er det omtrent 1,000 000 000 3 atmosfærers trykk i fortetningene og 0,999 999 999 7 atmosfærers trykk i fortynningene.

Disse trykkvariasjonene får trommehinnen til å vibrere med 0,000 000 6 millimeter, når den lyden det gjelder er en av de høye tonene (til høyre på pianoet). Dette er bare noen få atom-tverrmål. Vi kan altså her med små midler oppnå å plage våre medmennesker.

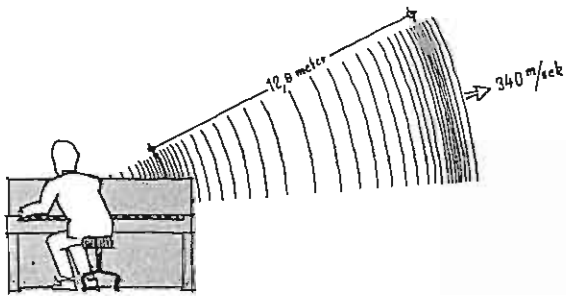


Fig. 5. Pianoets høyeste tone har bølgelengden 10 cm, og dets dypeste tone har bølgelengden 12,8 meter.

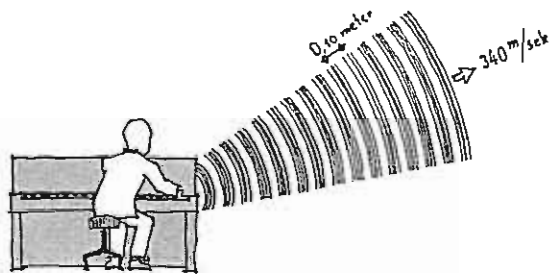


Fig. 6. I begge tilfelle forplanter lydølgen seg gjennom luften med hastigheten 340 meter i sekundet.

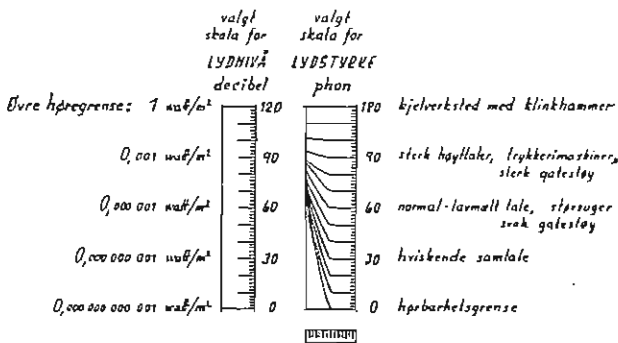


Fig. 7. Vi tenker oss at en vegg treffes av den svakeste lydølge som øret kan oppfatte. 1 m² av vegg mottar da en lydeffekt på 0,000 000 000 001 watt. Dette lydnlvået har man valgt å kalle 0 decibel.

Bruker vi øret for å måle lydstyrken, vil øret reagere likedan som et måleapparat så lenge det gjelder toner på høyre halvdel av pianoet. Har en slik tone lydnlvået 0 decibel, sier man at dens lydstyrke er 0 phon.

For toner på venstre side av pianoet reagerer øret annerledes enn måleapparatet. Slår vi an pianoets dypeste tone med et lydnlvå 60 decibel, kan øret bare så vidt høre den. Tonen har da lydstyrken 0 phon.

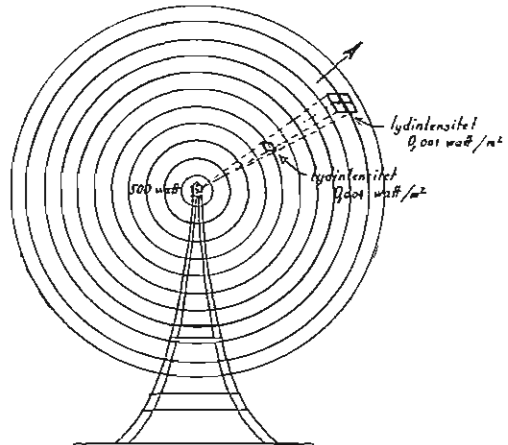


Fig. 8. Sender man ut en lydølge fra toppen av Eiffeltårnet med en lydeffekt på 500 watt — altså tilsvarende en liten elektrisk varmeovn — vil lydølgen sprengre trommehinnene på en mann som befinner seg 6 meter lengre nede i tårnet.

To hundre meter borte vil en flate på 1 m² treffes av en lydeffekt på 0,001 watt; lyden høres her som en sterk høyttaler.

Lydintensiteten vil avta jo lenger bort vi kommer. Seks kilometer vekk ville lyden fremdeles kunne oppfattes som svak støy, forutsatt det var vindstille og lyden ikke druknet i annen støy underveis.

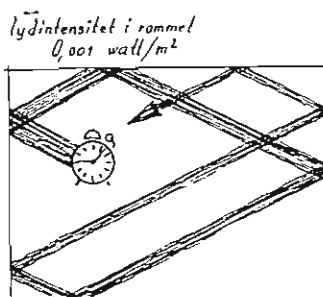


Fig. 9. Inne i et lukket rom blir forholdet helt annerledes. Følger vi en enkelt lydstråle ut fra lydkilden, reflekteres den gang på gang fra vegg eller tak, og for hver gang absorberes noe av lyden. Resultatet blir at det oppstår en ensartet lydintensitet overalt i rommet. I vårt tilfelle oppfattes lyden som sterk støy.

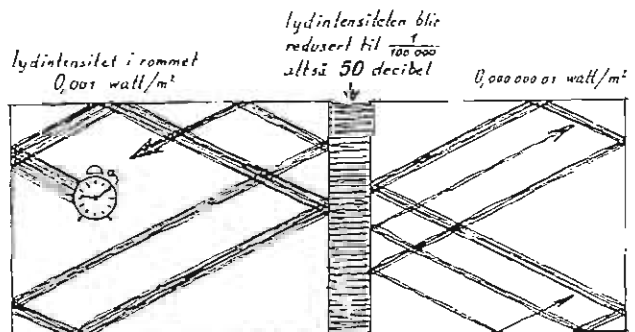


Fig. 10. Lydølgen fra vekkeklokken setter skilleveggen i svake vibrasjoner. Skilleveggen skaper da svake lydølger i naborommet. Blir lydintensiteten i naborommet redusert til en hundretusendedel, er veggens lydisolerende evne 50 decibel. Enheten decibel angir prinsipielt forholdet mellom energi-nivåer.

II. Støy i boliger, og hvordan støyen virker på beboerne.

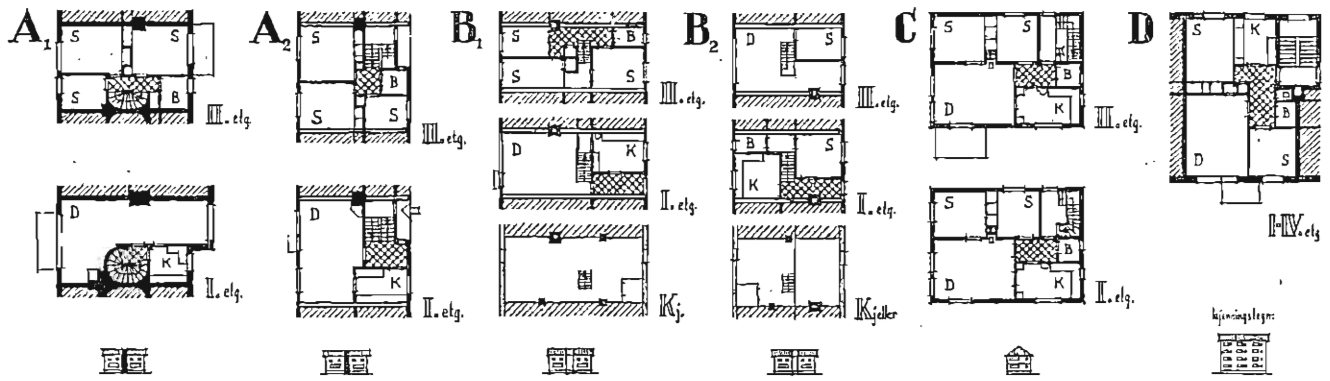


Fig. 16. Norges byggforskningsinstitutt har foretatt meningsmåling i 400 leiligheter for å få et inntrykk av hvordan støy i boliger virker på beboerne, og hvilke krav som bør stilles om lydisolering. En utførlig redegjørelse er gitt i instituttets rapport nr 16.

Følgende hustyper [mål 1:500] ble undersøkt:
 A) rekkehus med leilighetsskillevegg av mur,
 B) rekkehus med leilighetsskillevegg av tre,
 C) horisontalt delt tomannsbolig, trehus; og
 D) boligblokk av mur med dekker av armert betong.

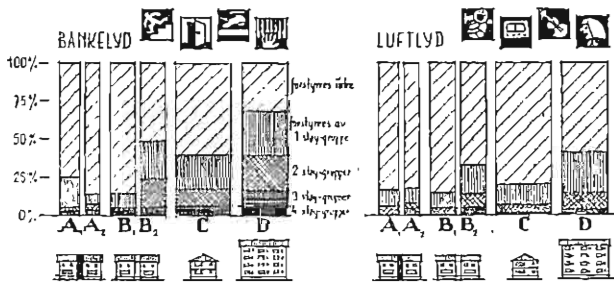


Fig. 17. Luftlyd, f. eks. samtale, barneskrik, radio og musikk fra andre instrumenter, er den lydgruppen som generer minst. I de beste rekkehusene ble 17 % av beboerne forstyrret av slike lyder. I boligblokkene forstyrres 42 % av beboerne.

Bankelyd: Støy fra trapp, smell i dører, tråkk på gulv, samt pianospill, generer mer. I rekkehus ble fra 15 til 49 % av beboerne forstyrret av slike lyder, mens hele 69 % av beboerne i boligblokker forstyrres.

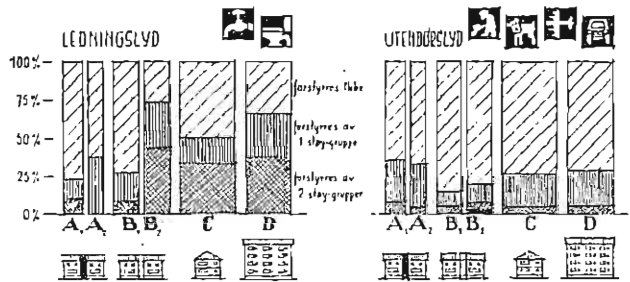


Fig. 18. Støy fra vannrør og fra spyling av W. C. er en enda større plage. I rekkehusene forstyrres 23—73 % av beboerne, mens 66 % av beboerne i boligblokker plages av disse lydene.

Til sammenligning er undersøkt hvordan støyen uten-dørs fra virker: Barn som leker, hund som bjeffer, biler, fly-dur osv. Dette er vesentlig avhengig av hvor i byen boligene ligger. I våre hus ble fra 16 til 36 % av beboerne forstyrret av utendørs-støy.

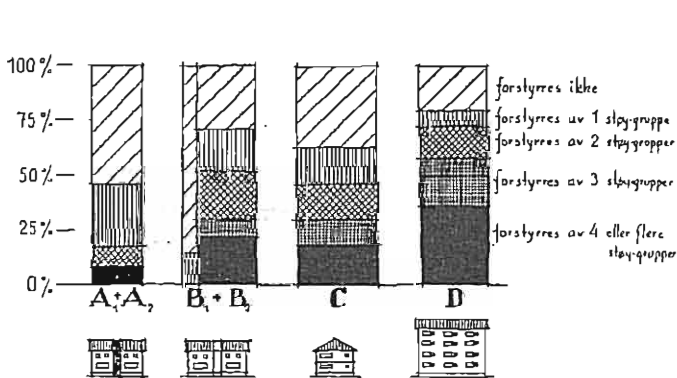


Fig. 19. I rekkehus med mur-skillevegg ble 45 % av beboerne forstyrret av støy fra naboene.

I rekkehus med tre-skillevegg ble 60—80 % av beboerne forstyrret, bortsett fra en liten gruppe hvor spesielle forhold gjør seg gjeldende.

I tomannsboliger med tre-bjelkelag ble 63 % av beboerne forstyrret av støy fra den annen leilighet.

I boligblokker av mur og betong ble 80 % av beboerne forstyrret av støy fra bygningen for øvrig.

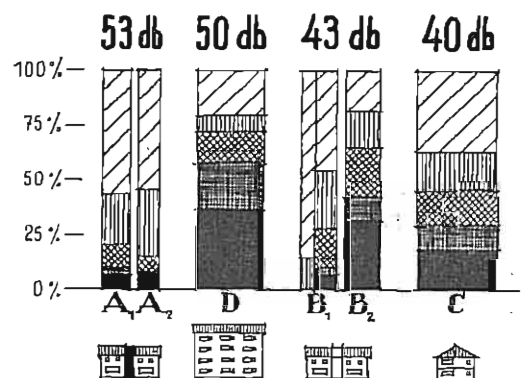


Fig. 20. Her er husgruppene ordnet etter graden av lydisolering i husene. I rekkehus med 53 decibel luftlydisolering er beboerne mest fornøyd.

I boligblokkene, som tilfredsstiller byggeforskriftenes ønske om 50 decibel, blir ikke mindre enn 80 % av beboerne forstyrret. Det er særlig støyen fra trapperom, fra vannrør og W. C. som er årsak til plagene.

Tomannsboligene som bare har 40 decibel, blir likevel forholdsvis godt likt; 63 % av beboerne forstyrres.

III. Prinsippene for lydisolering.

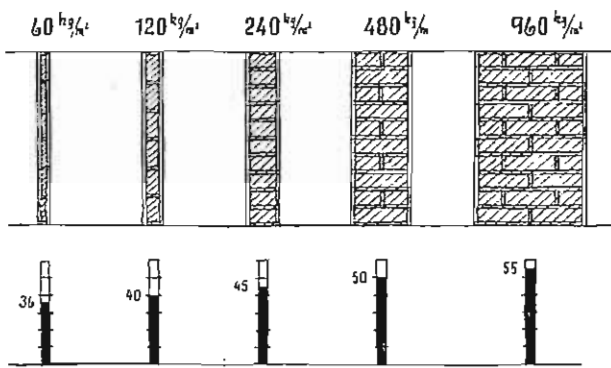


Fig. 21. En massiv vegg isolerer bedre jo tyngre den er. Blir veggens dobbelt så tung, øker isolasjonen med ca 5 decibel. Derfor lønner det seg ikke å gjøre den massive vegg tykkere enn f. eks. $1\frac{1}{2}$ stein. En slik teglmur gir en luftlydisolasjon på ca 52 decibel.

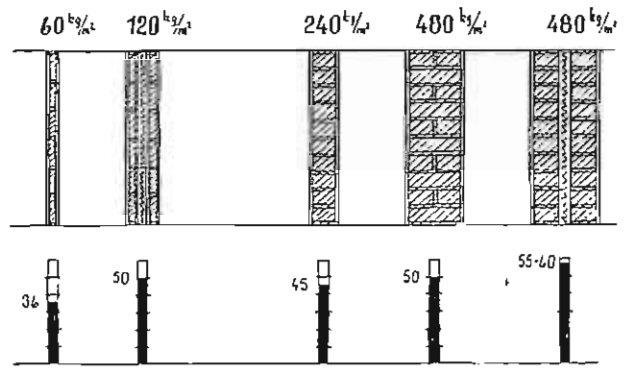


Fig. 22. Det lønner seg bedre å bruke dobbeltvegg. To vegger med matte imellom gir en luftlydisolasjon som er 10—15 decibel større enn for en enkelt vegg.

En dobbeltvegg gir 5 å 10 decibel bedre isolasjon enn en massiv vegg av samme vekt som dobbeltveggen.

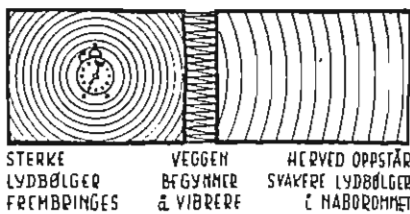


Fig. 23. Her ser vi hvordan en massiv enkeltvegg fungerer som lydisolierende skille.

Lyden oppstår i rommet til venstre. Lydbølgene setter veggens i vibrasjon. Veggens vil da fungere som en membran, som i sin tur frembringer svakere lydbølger i naborommet til høyre.

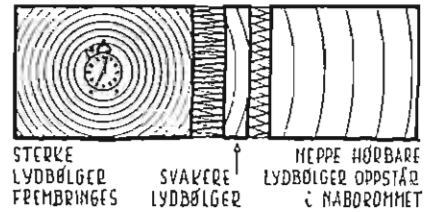


Fig. 24. Bruker vi en dobbeltvegg, blir den første veggens satt i vibrasjon som før nevnt, mens veggens til høyre bare kommer i ganske svak vibrasjon.

Et lydabsorberende materiale inne i mellomrommet vil redusere lydnivået her inne, slik at den lydeffekt som overføres mot veggens til høyre, blir desto mindre.

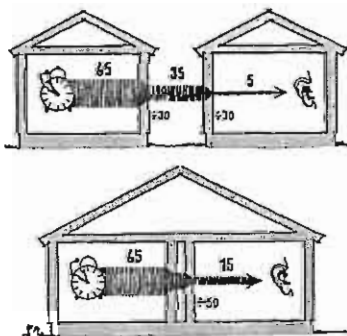


Fig. 25. Full nytte av en dobbeltvegg får vi bare hvis de to delene er helt uavhengige av hverandre. Isolering enkeltveggen 30 decibel, oppnår vi 60 decibels isolasjon fra det ene huset til det andre øverst på skissen.

Danner to slike vegger en dobbeltvegg i samme luss, blir resultatet bare ca 50 decibel. Endel lydeffekt vil nemlig forplante seg gjennom gulv, tak og sidevegger (flanketransmisjon).

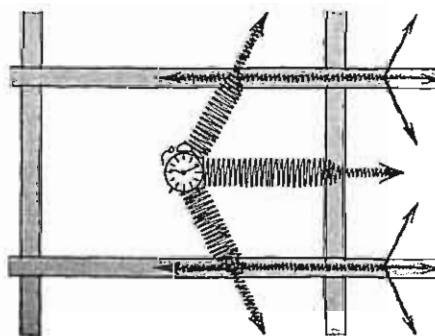


Fig. 26. Flanketransmisjonen illustreres nærmere her. En del av lydeffekten går direkte inn i skilleveggen, dempes ned, og overføres som lydbølger til luften i naborommet. En annen del av lydeffekten går inn i gulv, tak og sidevegger, og forplanter seg gjennom konstruksjonene til andre deler av huset. Også naborommets gulv, tak og sidevegger vibrerer da, og bidrar til å forsterke lydbølgene i naborommet.

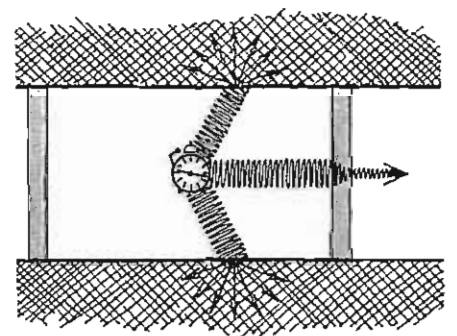


Fig. 27. Tenker man seg et hus med unormalt solide gulv, tak og sidevegger — f. eks. en tunnel — vil det bli svært liten flanketransmisjon, fordi lydeffekten fortales seg i de svære massene. Lydoverføring til naborommet skjer da stort sett bare gjennom skilleveggen.

I en vanlig bygning vil det i praksis, på grunn av flanketransmisjonen, ikke være mulig å oppnå bedre luftlydisolasjon enn omtrent 60 decibel.

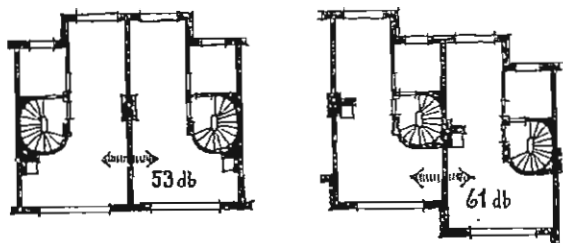


Fig. 28. Vanligvis får vi oppgitt at den og den veggtype gir så og så god lydisolasjon — på samme måte som at veggen f. eks. har en ganske bestemt egenvekt eller et bestemt varmegjennomgangstall. I virkeligheten er forholdet ikke så enkelt.

Den lydeffekt som overføres til naborommet gjennom veggen er først og fremst avhengig av veggens «normale» lydisolerende evne; men det kommer også an på hvor stor den veggflaten er som lyden går igjennom.

I hustype A₁ på fig 16 lå de fleste husene på rad, som vist i skissen til venstre (mål 1:400). Veggen ga en luftlydisolasjon på 53 decibel; skilleveggen mellom rommene er her nesten 10 meter lang.

Noen hus lå forskutt i forhold til hverandre, se skissen til høyre. Skilleveggen mellom rommene var utført på samme måte, men var her knapt 3 meter lang. Denne veggen ga en lydisolasjon på 61 decibel.

Altså: Jo mindre den felles vegg mellom rommene er, desto mindre lydeffekt passerer gjennom veggen.

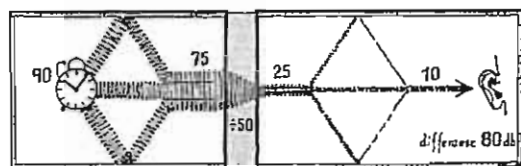
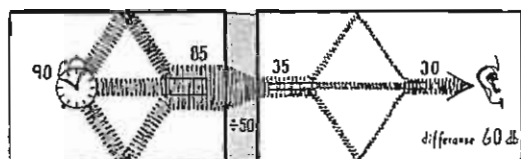


Fig. 29. Det er også et annet forhold som spiller inn, nemlig hvordan lydabsorpsjonen er i rommene.

Når lyden frembringes, blir noe av lydeffekten absorbert i «sender-rommets» gulv, vegger og tak. Resten av effekten frembringer et visst lydnivå i rommet. Lydbølgene dempes når de passerer gjennom skilleveggen; deretter skapes nye lydbølger i naborommet.

I neste omgang blir endel av lydeffekten absorbert av naborommets gulv, vegger og tak. Resten av effekten frembringer et lydnivå i naborommet.

I «sender-rommet» øverst til venstre har vi en lydkilde som kan frembringe et lydnivå på 90 decibel, forutsatt at rommet har harde flater på gulv, vegger og tak. Rommet er imidlertid av vanlig utførelse, slik at endel av lyden blir absorbert; og vi får et lydnivå på 85 decibel. Så passerer lyden gjennom skilleveggen. Vi ville ha fått et lydnivå på 35 decibel i naborommet hvis vegger, gulv og tak også her hadde vært harde; men rommet er vanlig utstyrt, og vi får et vanlig lydnivå på 30 decibel.

På skissen nedenfor er begge rommene forsynt med myke flater, slik at absorpsjonen blir større enn normalt. Setter vi lydkilden i gang med samme styrke som tidligere, blir lydnivået i «sender-rommet» bare 75 decibel, og i naborommet bare 10 decibel.

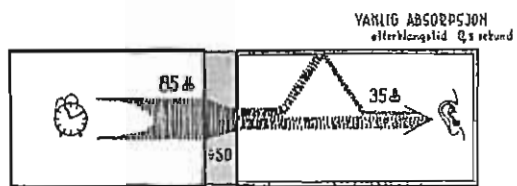
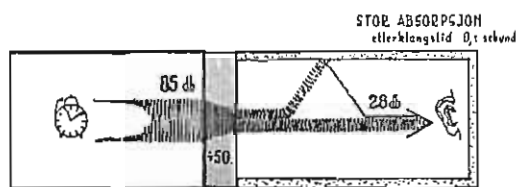


Fig. 30. Når vi oppgir den lydisolerende evnen hos en vegg, går vi ut fra at den er plassert i et rom som har vanlig lydabsorpsjon.

I eksemplene ovenfor går vi ut fra at lydnivået i sender-rommet er 85 decibel. I det «mottager-rommet» som har vanlig absorpsjon, dvs. med etterklangstid et halvt sekund, måler vi et lydnivå 35 decibel.

Vi sier da at skilleveggen har en lydisolasjon på 50 decibel, til tross for at endel av lyddempingen har fun-

net sted i mottager-rommet etter at lyden passerte skilleveggen.

Forsyner vi mottager-rommet med mer absorberende flater, slik at etterklangstiden bare er en tiendedels sekund, vil vi finne at lydnivået i rommet bare blir 28 decibel. Tilsynelatende isolerer veggen nå 57 decibel.

Sloyfer vi de absorberende flatene i mottager-rommet, slik at etterklangstiden er 2,5 sekund, vil vi finne at lydnivået i rommet blir 42 decibel. Tilsynelatende isolerer skilleveggen nå bare 43 decibel.

Når vi i det følgende oppgir at en vegg gir en lydisolasjon f. eks. på 50 decibel, så gjelder det forutsatt at veggen er plassert i et hus hvor gulv, tak og tilstøtende vegger har normal konstruksjon. Det forutsetter videre at veggen har vanlig størrelse, og at rommet som helhet har vanlig lydabsorpsjon.

IV. Lydisolerende vegger og bjelkelag i praksis.

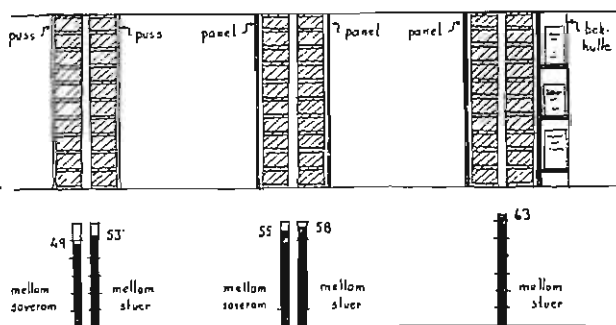


Fig. 31. På denne og neste side gjengir vi endel målinger som er foretatt av dosent Reno Berg. Antallet målinger er ikke så stort at det kan trekkes generelle slutninger av dem; men de gir i alle fall holdepunkter for bedømmelsen.

Ovenfor vises forskjellige vegger som er målt i hus-type A₂ vist på figur 16. Det er en dobbelt vegg av ½-stains tegl, som skiller mellom rekkehus av tre. Veggene er ikke bjelkebærende.

Er veggene bare pusset, gir den en luftlydisolasjon på 49—53 decibel. Er den også panelt, gir den 55—58 decibel. Ett sted hvor veggens ene side dessuten var dekket av bokhylle fra gulv til tak, ble resultatet 63 decibel, altså usedvanlig godt.

Veggene gir bedre resultat mellom stuen i 1. etasje enn mellom soverommene i 2. etasje, enda veggflaten er like stor i begge tilfelle. Kan hende kommer det av at absorpsjonen har vært større i stuen.

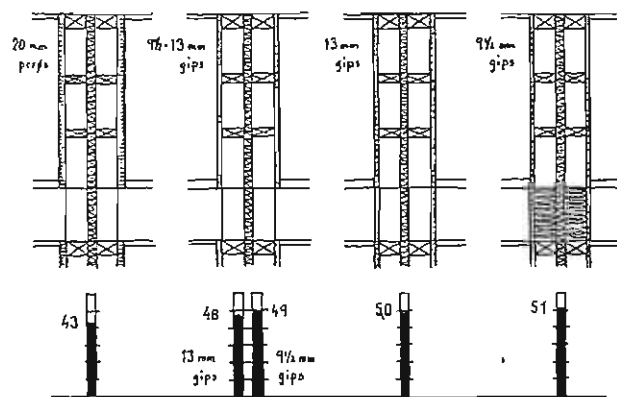


Fig. 32. Den første av disse veggene er målt i hus-type B, figur 16. Det er en vegg som skiller mellom rekkehus av tre. Veggene har to sett adskilte rekker og spikerslag; i mellomrommet er mineralullmatte, og veggene er kledd med 20 mm porøs trefiberplate på begge sider. Den gir luftlydisolasjon på 43 decibel.

Kles veggene isteden med gipsplater, blir resultatet 5 å 6 decibel bedre. Elendommelig nok blir resultatet bedre med 9 ½ mm gipsplate enn med 13 mm gipsplate. Om dette skyldes en tilfeldighet eller har en spesiell årsak, er ikke klarlagt. Hver av veggtypene i figur 32—34 er bare målt i 3 eksemplarer.

Hvis gipsplaten fores ubrutt gjennom bjelkelaget fra 1. til 2. etasje, bedres resultatet med 2 decibel. Blir veggens hulrom i bjelkelagshøyden dyttet med mineralull, vil også dette bedre resultatet noe.

Med en vegg av denne typen er det altså mulig å oppnå en luftlydisolasjon på 51 decibel.

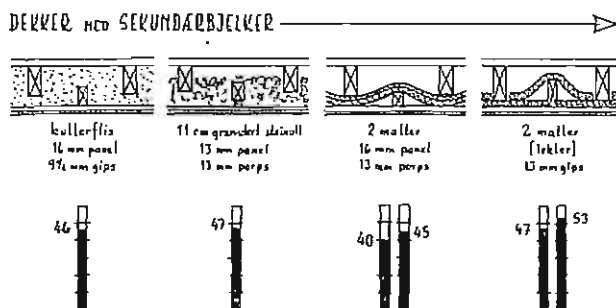


Fig. 35. Her gjengis noen stikkprover fra bjelkelag hvor himlingen er lagt opp på sekundærbjelker.

Når himlingen utføres med panel og gipsplater, og mellomrommet i bjelkelaget fylles med kutterflis, er målt en luftlydisolasjon på 46 decibel.

Utføres himlingen med panel og porøs trefiberplate, og mellomrommet fylles med 11 cm granulert mineralull, blir resultatet 47 decibel.

Så kommer et tilsvarende bjelkelag, hvor mineralullen er erstattet med to lag mineralullmatter. To gulv av denne typen er målt, og ga henholdsvis 40 og 45 decibel. Forskjellen kommer vel av at utførelsen ikke er like omhyggelig i begge tilfelle; eller den kan f. eks. skyldes at de bjelkebærende veggene er utført på forskjellig måte. Dette kan ofte spille en viss rolle.

I siste eksempel består himlingen av gipsplater på lekter, med to mineralullmatter i mellomrommet. De to gulv som er målt, ga en luftlydisolasjon på henholdsvis 47 og 53 decibel.

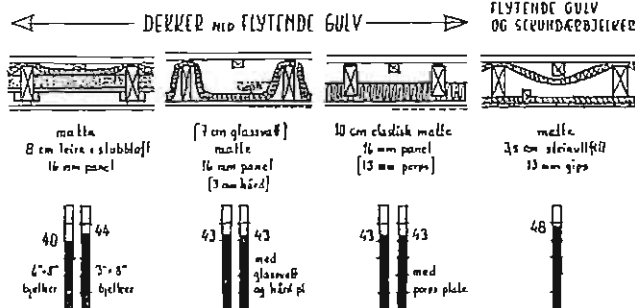


Fig. 36. Så har vi noen eksempler på trebjelkelag med flytende gulv.

Først kommer den vanlige utførelsen med stubbloft og leire, derover en matte, og så flytende gulv. To gulv er målt, med luftlydisolasjon på henholdsvis 40 og 44 decibel. Merkelig nok gir gulvet med de letteste bjelkene det beste resultat; men isolasjonen er ikke tilfredsstillende i noe av tilfellene.

Så kommer et bjelkelag med panel som himling, og en matte i mellomrommet; resultatet ble 43 decibel. Så er gulvet forbedret med en bård trefiberplate på undersiden og 7 cm løs glassvatt oppå mattem. Resultatet ble fremdeles bare 43 decibel.

Så erstattes mattem med 10 cm elastisk mineralullmatte: resultat 43 decibel. Forbedret med porøs trefiberplate på undersiden: fremdeles bare 43 decibel.

Til slutt har vi et bjelkelag med både sekundærbjelker og flytende gulv, samt to lag steinullfyll. Dette ga en luftlydisolasjon på 48 decibel.

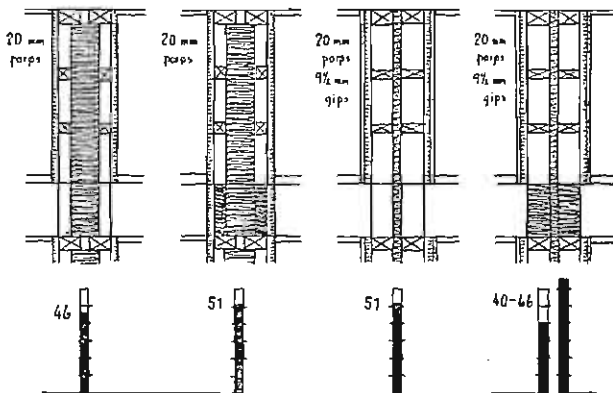


Fig. 33. Hvis matten i den opprinnelige veggen (til venstre på fig. 32) erstattes med 10 cm elastisk mineralullmatte, bedres resultatet med 3 decibel.

Lar man dessuten platen gå ubrutt gjennom bjelke-laget fra 1. til 2. etasje, og hulrommet i bjelkelags-høyden dyttes med mineralull, oppnås ytterligere 5 decibel. Dermed kommer vi atter opp i 51 decibel.

Hvis den opprinnelige veggen kles med gipsplate utenpå trefiberplaten på begge sider, øker luftlydisolasjonen fra 43 til 51 decibel.

På veggen lengst til høyre har man dessuten dyttet mineralull i bjelkelagshøyden. Her må imidlertid noen utenforliggende faktorer ha spilt inn på måleresultatet, idet én vegg har gitt 40 decibel og en annen vegg av samme utførelse 66 decibel. Det er ikke redegjort for hva årsaken til forskjellen kan være. Man kan altså ikke på forhånd være sikker på å oppnå det resultat som tidligere erfaringer skulle tilsi.

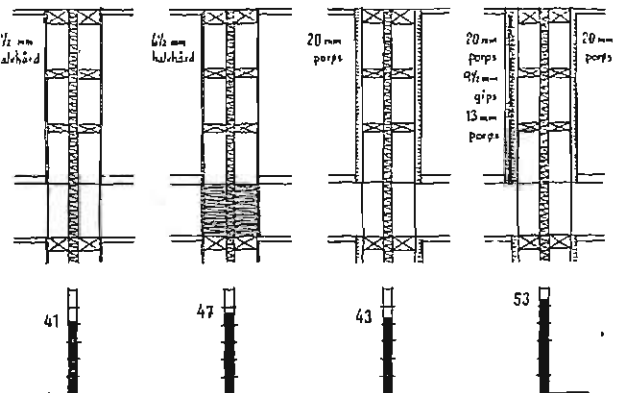


Fig. 34. Hvis den porøse trefiberplaten erstattes med 6 1/2 mm halvhard plate, blir lydisolasjonen 2 decibel dårligere. Men hvis platen går ubrutt gjennom bjelke-laget, og hulrommet dyttes med mineralull, bedres resultatet igjen med 6 decibel.

Nest sist i rekken er den opprinnelige veggen. Til sist er denne veggen utbedret på én side med 9 1/2 mm gipsplate og 13 mm porøs trefiberplate, altså fire lag plater i veggen. Resultatet bedres da med 10 decibel; veggens lydisolasjon blir i alt 53 decibel.

Konklusjonen blir: Veggen må ha dobbelt sett rekker og spikerslag. Bjelkelaget kan ha opplegg på veggen, men må være avbrutt. I veggmellomrommet plasseres en matte, eller enda bedre en 10 cm elastisk mineralullmatte. Veggen kles med plater som må være gjennomgående fra 1. til 2. etasje, og hulrommet mellom platene dyttes med mineralull i bjelkelagshøyden. Gipsplater gir bedre resultat enn de lettere trefiberplater.

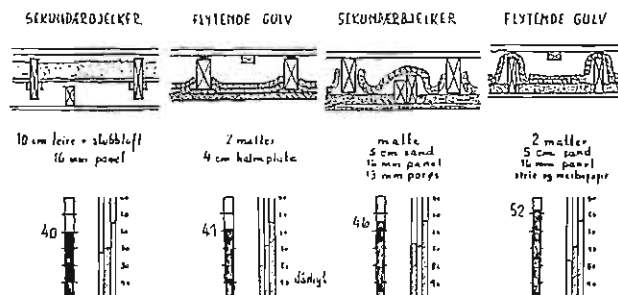


Fig. 37. Her har vi forsøkt å gi et bilde også av bankelydisolasjonen. Gruppen av tre søyler illustrerer hva bankelydisolasjonen er for dype, middels og høye toner. Jo høyere søylen er, desto bedre isolerer gulvet. Det normale er at bankelydisolasjonen er dårligst for de dype tonene og best for de høye.

Først kommer et vanlig trebjelkelag med stubbloft og stubbloftleire; men himlingen av panel er festet på sekundærbjelker. Dette er samme gulv som vi har i hustype C, figur 16. Luftlydisolasjonen er bare 40 decibel. Bankelydisolasjonen er ikke særlig bra for de middels og høye toner.

Et flytende gulv med halmlplater og to lag mineralullmatte gir omtrent samme resultat.

Et gulv med sekundærbjelker og 5 cm sandfyll gir 46 decibel mot luftlyd. Middels bra mot bankelyd.

Et bjelkelag med 5 cm sand, matte og flytende gulv ga 52 decibel mot luftlyd. Middels bra mot bankelyd. Dette gulvet var dog meget omhyggelig utført.

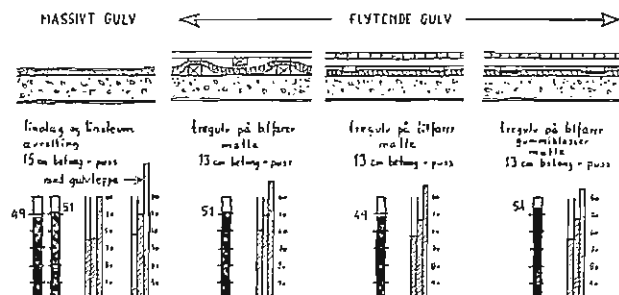


Fig. 38. Her kommer noen etasjeskillere av armert betong. Først et 15 cm dekke med linolag og linoleum; dette er gulvet vi har i vår hustype D, figur 16. Det ga 49—51 decibel mot luftlyd, og er bra mot bankelyd. Er det gulvteppe på gulvet, blir bankelydisolasjonen meget bra.

I de tre siste eksemplene er stopen 13 cm tykk, og det er brukt matte og flytende tregulv.

Når matten var lagt på opprettede tilfarere, og ledet langs tilfarernes hele lengde, ble luftlydisolasjonen 51 decibel, og bankelydisolasjonen bra.

Så kommer den vanlige utførelsen, hvor tilfarerne ligger på klosser som bare punktvis belaster matten. Her ble luftlydisolasjonen 49 decibel. Bankelydisolasjonen ikke fullt så bra som i forrige tilfelle.

Til slutt et gulv av samme utførelse, men her er det lagt 1 cm gummiklosser mellom oppretningsklossene og matten. Luftlydisolasjonen ble her 54 decibel, og bankelydisolasjonen bra.

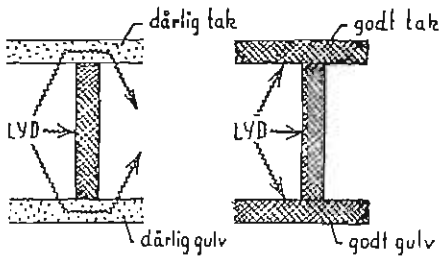


Fig. 39. Det hjelper ikke å forbedre lydisoleringen av en vegg, hvis golv, tak eller tilstøtende vegger isolerer dårlig. I så fall vil lyden overføres til naborommet gjennom disse konstruksjonene.

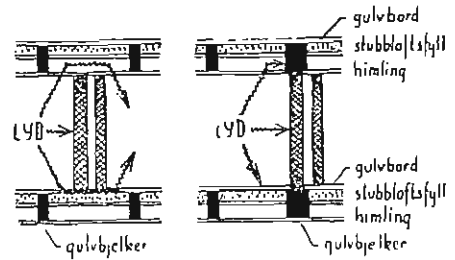


Fig. 40. Er det dårlig isolerte hulrom i taket, eller er gulvbordene gjennomgående fra rom til rom, vil lyden trenge igjennom denne veien. I så fall er det ingen hjelp i å lage en dobbeltvegg.

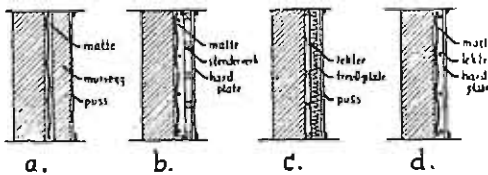


Fig. 41. Gjelder det å forbedre en eksisterende murvegg, er det flere måter å velge mellom.

- Best er å mure opp en ekstra vegg, med matte mellom for å hindre at mørtelen danner lydbroer.
- Det settes opp frittstående stenderverk med hard plate, samt matte for å dempe lyden i hulrommet. Slik kan også en eksisterende trevegg forbedres.
- Lekter festes til muren, treullplater oppsettes.
- Matte settes opp, lekter festes til muren og kles med hard plate. Av de forskjellige utførelsene er dette den minst virkningsfulle.

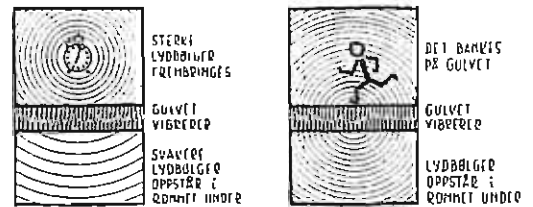
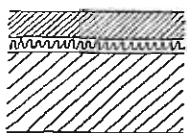


Fig. 42. Vi ser forskjellen mellom luftlyd og bankelyd. Til venstre: Luftlyd oppstår som tidligere nevnt på den måten at en lydkilde setter luften i svingninger, slik at i neste omgang golv, vegger og tak kommer i vibrasjon. Dette forårsaker igjen at luften i naborommene kommer i svingninger.

Til høyre: Bankelyd oppstår ved at et golv settes i vibrasjon direkte — ved slag eller tråk, eller f. eks. ved at vibrasjonene fra pianoets tangenthammere overføres direkte til gulvet. Da vibrerer gulvet, og det oppstår luftsvingninger i rommet under.



MOT BANKELYD:
FLYTENDE GULV

MOT LUFTLYD:
HIMLING PÅ SEKUNDÆRBJELKER

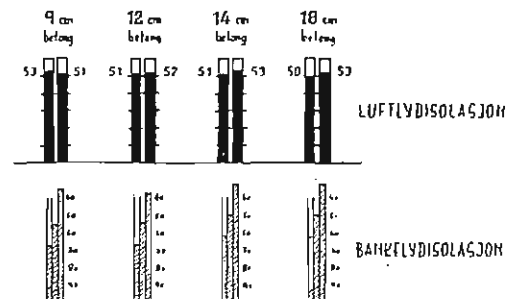
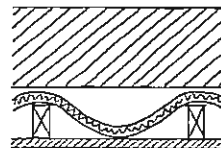


Fig. 43. Skal et golv isoleres bedre mot bankelyd, gjelder det først og fremst å skaffe et fjærende mellomlag mellom gulvflaten og hovedkonstruksjonen. Det mest effektive er å bruke et mykt golvteppe; for øvrig må et flytende golv komme på tale.

Skal golv isoleres bedre mot luftlyd, brukes helst sekundærbjelker med himling, og lyd dempende materiale i hulrommet: samme prinsipp som for dobbeltvegg.

Fig. 44. Her er målt forskjellige varianter av betongdekket med flytende tregulv. Den eneste forskjellen er dekketykkelsen, som varierer fra 9 cm til 18 cm. To golv av hver type er målt.

Det viser seg at luftlydisolasjonen er praktisk talt den samme for alle dekketykkelser.

Bankelydisolasjonen er noe bedre ved de tykkere dekkene, som antydnet i de nederste diagrammene...

Yttervegger og bjelkelag i trehus

. Husets varmeisolererte flater

Arkitekt *MNAL* Sven-Erik Lundby

DK 69.02

Med litt forenkling kan en si at konstruksjonene i et trehus har tre funksjoner: bærende, isolerende og kledende. I det følgende er det vesentlig isolasjonen, kledningene og konstruksjonenes oppbygging i sin alminnelighet som behandles.

Så kan en se på veggene og bjelkelagene oppgaver i huset under ett og ikke på deres forskjellige konstruktive funksjoner: I en vanlig tomannsbolig skal f. eks. bjelkelag mot loft og kjeller vesentlig være varmeisolerende, mens bjelkelaget mellom 1. og 2. etasje har en helt annen oppgave. Er tomannsboligen horisontaldelt, må lydisolasjonen her være svært god. Varmeisolasjonen bør være noenlunde forat familien i første etasje skal slippe å fyre for familien i annen. Er tomannsboligen vertikaldelt, kan bjelkelaget være både dårlig lydisolert og dårlig varmeisolerert, fordi varmetapet går til egen leilighet og fordi en ikke i samme grad sjeneres av støy fra familiens egne medlemmer. Vi vil her holde oss til de vegger og bjelkelag som skiller oss fra ytterverdenen.

Klima

Våre boliger er ikke bare et skall omkring vårt privatliv. Fremfor alt skal de beskytte oss mot vær og vind. Innenfor våre fire vegger holder vi et så behagelig, kunstig klima som mulig. En riktig og effektiv varmeisolasjon betyr mer for oss med vårt harde klima enn for de fleste andre.

Om klimaet i Norge må kalles utpreget hardt, er det stor forskjell fra landsdel til landsdel. Dette betyr mye for utformingen av yttervegger og omsluttende bjelkelag. Behovet for fyring varierer fra år til år, etter hvor sterk og langvarig kulden er. Gjennomsnittsbehovet er uttrykt i graddagtallet for stedet. Graddagtallet er produktet av forskjellen mellom midlere romtemperatur og utetemperatur på den ene side og antall fyringsdager på den annen side. Det regnes ut for en normal fyringsperiode og gjerne med $+17^{\circ}\text{C}$ som innvendig middeltemperatur. Bergen har 3030 graddager, Oslo 3660 og Røros 6000, altså nær det dobbelte av Bergen.

Byggeforskriftenes krav

Byggeforskriftene tar sikte på å sikre så god varmeisolasjon at først og fremst de helsemessige hensynene er tilgodesett. Dermed er det også lagt på husbyggerne et mildt press for å unngå driftsmessig særlig uøkonomiske konstruksjoner. Da de nye byggeforskriftene kom i 1949, virket bestemmelsene om varmeisolasjon ganske strenge. Siden den gang har utviklingen vært stor, og bestemmelsene i dag er bare de uomgjengelige minimumskrav de var tillagt å være.

Byggeforskriftene bør være så kjent lesning, at det er unødvendig å gå nærmere inn på dem. Kravene er

gradert for forskjellige soner, og vegger i trehus må ikke under noen omstendighet ha høyere varmegjennomgangstall enn $k = 0,9$. For kaldeste sone er minstekravet $k = 0,6$.

Hus som er bygd etter disse forskriftene, vil være hva vi kaller helsemessig gode hus. Vi unngår riming og nedfukting av flatene mot rommet, store temperatursvingninger og trekk av kald luft som har vært avkjølt mot ytterveggene. En enda bedre isolasjon enn hva forskriftene krever, vil imidlertid øke møbleringsmulighetene og trivligheten, og — som vi skal vise — ha driftsøkonomiske fordeler.

Den økonomiske betydningen av god varmeisolasjon

Den økonomiske betydningen av god varmeisolasjon kan best vises ved et par eksempler:

Som grunnlag for beregningene er disse hustypene valgt:

Enebolig: Boligdirektoratets type 207 (1½ etasje, se fig. 1.

Tomannsbolig: NBBL's type BY-29, (2 etasjer, horisontalt delt).

Rekkehus: NBBL's type C 10, (2 etasjer, vertikalt delt, 4 leiligheter).

Det er regnet med vanlige dobbelte vinder ($k = 2,5$). Det totale varmetapet for de to valgte verdiene av isolasjon er regnet ut for Bergen, Oslo og Røros ved en gjennomsnittlig innvendig temperatur på $+17^{\circ}\text{C}$. Det er regnet med en ventilasjon på en gangs luftveksling pr time og med den „gratisvarme" en får ved lys, koking, varme fra mennesker osv., forsiktig satt til 650 watt pr leilighet.

Det er regnet med en energipris på 5 øre pr 1000 kcal., som omtrent svarer til vanlige brenselpriser og utnyttelsesgrader.

For de husene som ble undersøkt, kan det for sammenlikningens skyld settes opp hva det spares i brensel pr leilighet pr år, hvils isolasjonen bedres fra $k = 0,7$ til $k = 0,3$. Disse k-verdiene refererer seg til omslut-

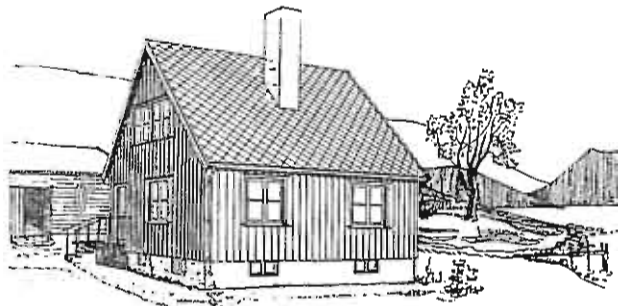


Fig. 1. Boligdirektoratets typarhus nr 207.

	Enebolig			Tomannsbolig			Rekkehus		
	k = 0,7	k = 0,3	Besp.	k = 0,7	k = 0,3	Besp.	k = 0,7	k = 0,3	Besp.
Bergen ...	740	460	280	535	325	210	450	280	170
Oslo	930	590	340	685	430	255	580	375	205
Røros	1560	1010	550	1175	765	410	1005	670	335

Tabell 1. Brenselsforbruk ved $k=0,7$ og $k=0,3$ og brenselsbesparelse, alt angitt i kroner pr år pr leilighet.

tende bjelkelag, skråtak og yttervegger. Brenselsforbruket og brenselsbesparelsen vil fremgå av tabell 1. Resultatene må tas med et visst forbehold, bl. a. fordi de forutsetter at den innvendige gjennomsnittstemperatur er $+17^{\circ}\text{C}$. Mange steder er det vanlig å stenge av mest mulig rom om vinteren. På Røros kan det derfor synes mye å få satt ned brenselsforbruket med kr 550,— pr år og leilighet ved en slik bedret varmeisolasjon. Her må en altså ha beregningenes forutsetninger for øye.

Merkostnaden pr leilighet er kr 1.200,— for eneboligen, kr 850,— for tomannsboligen og kr 750,— for rekkehuset, hvis det bygges med en k -verdi = 0,3 kcal/m², h. ° C i stedet for med en k -verdi 0,7 kcal/m², h. ° C, og det gjøres den helt teoretiske forutsetningen, at forbedringen av isolasjonen koster kr 5,— pr m².

Professor Granum har tidligere illustrert forholdene ved bjelkelag ved en enkel økonomisk beregning av et nytt loftsbjelkelag på 100 m² i Oslo. Resultatet er vist i tabell 2.

Lg₀ har bare 1" loftsgolv på bjelkene og 3/4" himling og papp.

Lg₁ er som Lg₀, men med isolasjon av 1 lag 3,5 cm steinullfilt.

Lg₂ er som Lg₀, men med isolasjon av 2 lag 3,5 cm steinullfilt.

Lg₃ har isolasjon av 3 lag 3,5 cm steinullfilt osv.

Varmeforbruket er regnet for en normal fyringssesong, etter varmeforbrukstall på 3700 graddager = ca 90.000 gradtimer for Oslo. Brenselsprisen er satt til 5 øre pr Mcal (= 1000 kcal).

Fordelingen av varmetapet gjennom de forskjellige ytterflatene

Det kan være sunt å stoppe litt ved fordelingen av varmetapet gjennom forskjellige omsluttende flater i normale boliger. I årene etter krigen har interessen i alt for stor grad samlet seg om selve ytterveggkonstruksjonene og varmeisolasjonen her. Vi har noen år hatt den rene ytterveggkultus.

Normalt vil det være vesentlig større varmetap gjennom vinduer og dører, bjelkelag og skråtak, enn gjennom ytterveggene. Også dette forhold kan best belyses ved et eksempel: Det er valgt en vanlig 1½ etasjes enebolig,

Bolldirektoratets type 207, vist i fig. 1. Tabell 3 viser hvor store de forskjellige omsluttende flatene er, og hvilket varmetap der er gjennom disse flatene i en normal fyringssesong, ved forskjellig grad av isolasjon. K -verdi = 0,7 svarer til isolasjonsevnen hos en vegg med asfaltimpregnert fiberplate og reflekterende papp (fig. 8), og $k = 0,3$ svarer til en vegg med 10 cm mineralullisolasjon (fig. 9). Et vanlig dobbeltvindu er satt med $k = 2,5$ og et treglassvindu med $k = 1,7$, alt i kcal/m², h. ° C. Varmetapet er regnet i Mcal.

Varmetap ved ventilasjon osv. er holdt utenfor. Det er regnet med innvendig gjennomsnittstemperatur $+17^{\circ}$ og varmeforbrukstall $W = 88.000^{\circ}\text{h}$ for Oslo. For kjellerbjelkelag er det regnet med det halve varmeforbrukstallet i forhold til flater mot ytterluft.

Ytterveggenes andel av de omgrensede ytterflatene varierer sterkt fra hus til hus. I småhus er den størst ved eneboliger og minst ved rekkehus. Det bestemte eksemplet viste at varmetapet gjennom ytterveggene bare var 30—35 % av det samlede varmetap gjennom de omgrensede flatene.

Det er høye temperaturer under loftsbjelkelag og skråtak og god grunn til å tenke mer på varmeisolasjonen av disse flatene. Bjelkelagene har som regel store flater som er greie å isolere. En varmetapsberegning viser også hvor vesentlig varmetapet gjennom dører og vinduer er. Særlig blir forholdet skjevt når bjelkelag og yttervegger er vellsolerte. Det er derfor all grunn til å rette mer av oppmerksomheten på de vinduskonstruksjonene vi bruker. Ofte er i dag varme gjennomgangen gjennom vinduene 8 gange så stor som gjennom tilsvarende veggflate.

Tilbakegangen for de velisolerte byggemåtene

Etter frigjøringen satte myndighetene et sterkt press på husbyggerne for å tvinge dem til å bruke mer tre- og materialsparende konstruksjoner. Restriksjonene satte sterk fart i overgangen til mer velisolerte ytterveggkonstruksjoner, men det er i dag tydelig at den gledelige utviklingen har vært høyst motvillig. Så snart myndighetene begynte å lette på det presset som tvang folk til å bruke mer tresparende konstruksjoner, og det dermed ble mulig å bygge mer som en ville, førte friheten til en viss tilbakegang henimot tradisjonelle eller beslektede konstruksjoner.

	k-verdi kcal/ m ² h °C	Arlig brenselsforbruk		Anleggs- kostnad kr	Kapital- kostnad Arlig utg. 5 %	Fyrings- kostnad + kapital- kostnad kr
		Mcal	Fyrings- kostnad kr			
Lg ₀	1,05	9,500	475,—	3.000,—	150,—	625,—
Lg ₁	0,56	5,000	250,—	3.330,—	167,—	417,—
Lg ₂	0,38	3,400	170,—	3.660,—	183,—	353,—
Lg ₃	0,285	2,600	130,—	3.990,—	199,—	329,—
Lg ₄	0,23	2,100	105,—	4.320,—	216,—	321,—
Lg ₅	0,19	1,700	86,—	4.650,—	233,—	319,—

Tabell 2. Økonomiske forhold ved økt isolasjon av et loftsbjelkelag.

	Ytter- vegger, netto	Vinduer og ytterdører	Kjeller- bjelkelag	Skråtak og lofts- bjelkelag
Arealfordeling	86 m ² 36,5 %	16,5 m ² 7,0 %	58 m ² 24,5 %	75 m ² 32,0 %
Ved mer tradisjonelle konstruksjoner og dobbelte vinduer:				
k-verdier:.....	0,7	2,5	0,7	0,7
varmetap:.....	5.300	3.600	1.800	4.600
fordeling:.....	34,5 %	23,5 %	12,0 %	30,0 %
Ved velisolerte konstruksjoner og dobbelte vinduer:				
k-verdier:.....	0,3	2,5	0,3	0,3
varmetap:.....	2.300	3.600	700	1.900
fordeling:.....	27,0 %	42,5 %	8,5 %	22,0 %
Ved velisolerte konstruksjoner og treglassvinduer:				
k-verdier:.....	0,3	1,7	0,3	0,3
varmetap:.....	2.300	2.450	700	1.900
fordeling:.....	31,5 %	33,0 %	9,5 %	26,0 %

Tabell 3. Forholdet mellom de forskjellige ytterflatene og varmetapet gjennom dem regnet for Oslo i Boligdirektoratets typehus 207.

Dette kommer tydelig fram i Husbankens statistikk over innvilgede lånesøknader. Statistikken for mindre hus viser her en interessant utvikling. Se tabell 4. Oppstillingen er basert på oppgavene over antall leiligheter og gjelder hele landet. Yttervegger av tre med $k = 0,3$ vil si yttervegger med 10 cm mineralullisolasjon. (Yttervegger med 7,5 cm mineralullisolasjon er også regnet med i denne gruppen i statistikken, men denne isolasjonstykkelsen er lite brukt).

Det har altså vært en jevn og betydelig tilbakegang i bruken av velisolerte ytterveggkonstruksjoner i tre ($k = 0,3$) for småhusene. Dette gjelder enten en ser på tallet av velisolerte leiligheter ($k = 0,3$) i trehus i forhold til boligmassen i småhus totalt, eller i trehus totalt.

Den utbredelsen de velisolerte byggemåtene har fått, er liten når en sammenlikner med de mer tradisjonelle konstruksjonene. Husbankstatistikken for 1954 oppgir prosentvis fordeling av leiligheter i mindre hus til 52,8 % i „vanlig bindingsverk” og 11,9 % i „bindingsverk med reflekterende papp”, dvs. hele 64,7 % i mer eller mindre tradisjonelle veggkonstruksjoner.

Denne utviklingen er skjedd på tross av de stort sett gode erfaringene en etter hvert har med de velisolerte konstruksjonene og den større sikkerhet lengre tids erfaring etter hvert gir. Utviklingen er også skjedd

på tross av en økonomisk utvikling som går helt i mot satt retning, og sterkt taler for økt bruk av de velisolerte konstruksjonene. Det er mange interessante trekk i denne prisutviklingen, som burde bety så mye for valget av byggemåte.

Priser for forskjellige ytterveggkonstruksjoner

På grunnlag av prisforholdene høsten 1950 regnet (NBI) professor Granum ut prisene på en rekke yttervegger for småhus av tre- og murmateriale. Samtidig ble trelastforbruk, k -verdier osv. sammenliknet. Disse beregningene er antakelig velkjente. De er gitt ut som Norges byggforskningsinstituttets rapport nr 3.

NBI har nå latt noen av de viktigste ytterveggene av tre kalkulere på nytt. Prisberegningene er gjort på nøyaktig samme grunnlag som sist, og regnet ut for Boligdirektoratets typehus 207, (se fig. 1), men med dagens priser (høsten 1955). Resultatene og en sammenlikning med prisene fra 1950 er vist i tabell 5.

Den tradisjonelle bindingsverksveggen med tre panel og en 12 mm porøs trefiberplate (vegg nr 2 på fig. 2) er i dag forholdsvis ugunstigere enn for 4—5 år siden. Dette kommer av at stigningen i trelastprisene har vært betydelig, mens den har vært mer beskjeden for andre utslagsgivende varer. På mineralullprodukter har

År	Yttervegger av mur og „andre”	Yttervegger av tre totalt	Yttervegger av tre $k = 0,3$	Yttervegger av tre, $k = 0,3$, i forhold til yttervegger av tre totalt.
1952	15,4 %	(100 %—15,4 %) 84,6 %	19,6 %	23,2 %
1953	12,6 %	(100 %—12,6 %) 87,4 %	13,8 %	15,8 %
1954	17,0 %	(100 %—17 %) 83,0 %	11,0 %	13,3 %

Tabell 4. Utviklingen i bruken av velisolerte yttervegger i mindre hus av tre.

Vegg nr	Konstruksjon, se fig. 3	k-verdi	Pris pr m ²		Prisstigning	
			høsten 1950	høsten 1955	kr	%
2.	4" tradisjonell bindingsverk, 3 lag panel, 3 lag papp, 1 lag fiberplater. Panel i gang. Halvharde plater i kjøkken. Harde plater i bad	0,80	40,71	55,83	15,12	37,2
4.	Modifisert bindingsverk. Utvendig 1" ligg. panel, impr. papp og asfaltlmt fiberplate. Innvendig reflekterende papp og 20 mm plate. Kjøkken, bad og gang: harde plater på 3/4" rupanel	0,69	36,08	47,54	11,46	31,8
9.	Ribordkonstruksjon. Utvendig 1" ligg. panel og impr. papp. Isolasjon 10 cm elastiske steinullmatter. Innvendig diffusjonstett papp og 20 mm plate. Kjøkken, bad og gang: som 4	0,30	40,77	47,13	6,36	13,5
9b.	Som 9, men med isolasjon 10 cm glassvatt veggfyll	0,30	ingen	45,45		
12.	Modifisert am. bindingsverk med utv. ligg. 1 1/2" spikerlag. Utv. 5/4" og 3/4" vekselpanel og impr. papp. Innv. diffusjonstett papp, 3/4" rupanel og malerpapp. I kjøkken, bad og gang: som 4. Flisfyll	0,42	31,94	44,16	12,22	38,3
15.	Modifisert am. bindingsverk. Utv. 1" ligg. panel på 3/4" utlekting og impr. papp. 2" treullsementplater innlektet i bindingsverket. Innv. impregnerert papp, 3/4" rupanel og malerpapp. I kjøkken, bad og gang: som 4	0,67	38,18	53,17	14,99	39,3

Tabell 5. Teoretiske sammenligningspriser for Oslo for en del yttervegger i tre.

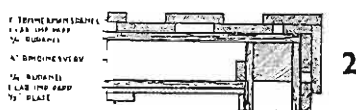
f. eks. prisene sunket. Av de veggene som er beregnet, er den tradisjonelle veggen den dyreste etter 1955-prisene.

Prisstigningen på veggen med reflekterende papp og asfaltimpregnert trefiberplate (vegg nr 4) er noe mindre, men ikke så beskjeden som for veggen med elastiske steinullmatter (vegg nr 9). Det har vært vanlig å se et konkurranseforhold mellom disse to veggtypene. Nr 4 har hatt en dårligere k-verdi, men har vært billigere å bygge. I dag er forholdet med prisene omsnudd. I de beregnede konstruksjonene har vegg 9 til og med enkelte fordyrende detaljer i bindingsverket

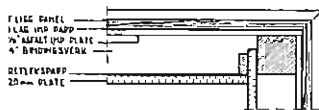
sammenliknet med vegg nr 4. Den nye veggtypen med glassvatt veggfyll (nr 9 b) er billigere enn både vegg nr 4 og vegg nr 9.

Den flisfylte veggen (nr 12) er fortsatt billigst. Her er det vanskelig å anslå rett pris på flisfyllen, men det er regnet med en prosentvis stigning som på trematerialene ellers.

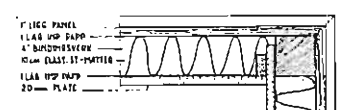
Veggen med treullsementplater i bindingsverket (nr 15) har i kroner hatt nesten samme prisstigning som den tradisjonelle veggen (nr 2). Veggen hadde en tid stor utbredelse i Rogaland, men spiller i dag ikke den samme rolle.



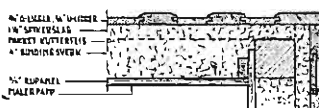
2



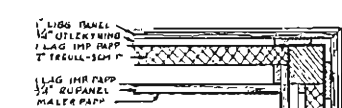
4



9



12



15

Fig. 2. Veggtypene 2, 4, 9, 12 og 15 fra Gramum: «Yttervegger for småhus.»

Utviklingen i de siste fem årene har altså gjort de velisolerte ytterveggene, basert på mineralullisolasjon, stadig mer konkurransedyktige. I dag ligger det i Oslo-området en besparelse i å velge en vegg med elastiske steinullmattor ($k = 0,3$) fremfor en vegg med asfaltimpregnert trefiberplate utvendig på bindingsverket og reflekterende papp på innsiden ($k = 0,7$). Og veggen med glassvatt veggfilt ($k = 0,3$) er enda billigere enn steinullveggen. (Valg av panel o. l. spiller naturligvis en rolle for prisene).

De kvadratmeterprisene som er oppgitt er sammenlikningspriser som nok avviker noe fra virkelige priser. Deres innbyrdes forhold burde imidlertid være korrekt.

Boligdirektoratet har nylig avsluttet en liknende prisberegning, satt opp på grunnlag av de veggtypene som er gjengitt i Boligdirektoratets „Moderne trehusbygging”. Disse beregningene er basert på helt like bindingsverkskonstruksjoner, og på forholdene i en vanlig tomannsbolig.

Det er tatt med tre ytterveggtyper i denne sammenlikningen, nemlig:

1. Vegg med hulrom og asfaltimpregnerte trefiberplater på utsiden av bindingsverket under utvendig papp og kledning, og reflekterende papp på innsiden av bindingsverket under innvendig kledning. Nedenfor er denne veggtypen for korthets skyld kalt vegg med reflekterende papp.
2. Vegg med isolasjon av 10 cm elastiske steinullmattor, og ellers vanlige papplag og kledninger, nedenfor kalt vegg med steinull.
3. Vegg med isolasjon av 10 cm glassvatt veggfilt, og ellers vanlige papplag og paneler, nedenfor kalt vegg med glassvatt.

For Hamar og Oslo er det regnet med utvendig kledning direkte på bindingsverket. For de andre byene er det regnet med utlektet ytterkledning, og for veggene med steinull og glassvatt er det da regnet med to lag papp utvendig, hvorav det ytre impregnert, og dertil en 12 mm porøs asfaltimpregnert trefiberplate som i „Moderne trehusbygging”.

Utvendig er det regnet med $\frac{7}{8}$ '' panel og innvendig $\frac{3}{4}$ '' rupanel, mot kjøkken og bad 3,5 mm harde trefiberplater, mot gang rustikkpanel i stedet for rupanel. NBI har fått gjengi resultatene av denne økonomiske sammenlikningen. Se tabell 6. NBI har selv regnet inn prissenkingen på steinullprodukter 1. august 1955 og satt denne til kr 0,72 pr m^2 veggflate, og omgjort prisene til forholdstall for å unngå at rent teoretiske sammenlikningspriser skal oppfattes som „lovlige” priser.

Interessen samler seg om forskjellen mellom veggen med reflekterende papp, og veggene med mineralull. I og med at prisdifferensen mellom steinullveggen og glassvattveggen så noenlunde er konstant, kan en få et godt bilde av prisforholdene, ved å sammenlikne veggen med reflekterende papp med den ene av dem, f. eks. veggen med steinull.

I strøk, hvor det ikke er nødvendig å lekte ut ytterkledningen, er de velisolerte mineralullveggene med $k = 0,3$ billigere enn veggene med $k = 0,7$. Dette bekrefter bare resultatene av NBI's egne beregninger.

Litt annerledes stiller det seg hvor ytterkledningen må lektes ut. Her kommer bl. a. en asfaltimpregnert porøs trefiberplate utenpå vindingsverket som tillegg for mineralullveggene, mens de mer tradisjonelle veggtypene — som bl. a. den med reflekterende papp — har slik platekledning fra før. På alle de stedene hvor det må brukes utlektet ytterkledning av hensyn til klimaet, vil derfor veggene med mineralullisolasjon bli dyrere enn veggene med hulrom og f. eks. reflekterende papp. Prisdifferensen kan ligge i området 4—6 kr pr m^2 .

I det første eksemplet om betydningen av god varmeisolasjon, gjorde vi den helt teoretiske forutsetningen, at det kostet kr 5,— pr m^2 å bygge med isolasjonen $k = 0,3$ kcal/ m^2 h °C istedenfor med $k = 0,7$ kcal/ m^2 h °C. Virkeligheten er med andre ord atskillig mer til gunst for å velge en godt isolert veggtype enn dette eksemplet viste. I dag er det ikke tvil om at de velisolerte trekonstruksjonene økonomisk er svært fordelaktige, og det er på mange måter merkelig at de er i slik tilbakegang som Husbankens statistikk viste.

By		Yttervegg av tre	Utvendig stående panel	Utvendig liggende panel
Hamar	ikke utlektet	med reflekt. papp	71,2	69,8
		„ steinull	70,2	67,4
		„ glassvatt	67,5	64,6
Oslo	ytterkledning	„ reflekt. papp	76,4	74,9
		„ steinull	74,6	71,6
		„ glassvatt	72,8	69,3
Arendal		„ reflekt. papp	80,1	78,6
		„ steinull	89,2	86,2
		„ glassvatt	87,0	84,0
Bergen	Utlektet ytterkledning	„ reflekt. papp	83,8	82,5
		„ steinull	93,2	90,2
		„ glassvatt	90,9	87,8
Trondheim		„ reflekt. papp	80,0	78,6
		„ steinull	87,4	84,5
		„ glassvatt	86,9	83,9
Tromsø		„ reflekt. papp	88,2	86,5
		„ steinull	100,0	96,6

Tabell 6. Sammenlikningspriser for vanlige yttervegger for forskjellige steder i landet, oppgitt som forholdstall.

Det er tydelig at folk legger stor vekt på andre for- deler ved de eldre byggemåtene, men det er vel ikke tvil om at det er konservatismen og tregheten i faget, som har hovedskylden for tilbakegangen til mer tradi- sjonelle byggemåter igjen.

Pris pr isolasjonshet

Det er et vesentlig fortrinn ved moderne, velisolerte byggemåter, at det mer bevisst enn før tas hensyn til bærende, isolerende og kledende funksjoner. Tre har mange utmerkete egenskaper, men en bør ikke lengre se på det som et universalmateriale, som fyller alle krav. Det er f. eks. for dyrt som isolasjonsmateriale, og det lønner seg absolutt å legge konstruksjonens isolasjon i mer egnete materialer, f. eks. i mineralull. Eksempelene på økonomisk varmeisolasjon understreker det riktige i dette.

Det er ganske illustrerende å betrakte „priser pr isolasjonshet” for forskjellige kledninger og isolasjons- materialer. Isolasjonshet vil si enhet varmegjennom- gangsmotstand, som er materialets tykkelse i meter, dividert med dets varmegjennomgangstall λ . Med prisen menes gjerne detalj-salgpris pr m². En ser da umiddel- bart at „pris pr isolasjonshet” er det samme som detalj-salgpris pr m³ multiplisert med materialets λ -verdi. For 10 cm elastiske steinullmatter er f. eks. detalj-salgpris pr m³ ca kr 50,—, λ -verdien er 0,035 kcal/m² h ° C, og „prisen pr isolasjonshet” blir altså kr 50,— \times 0,035 = kr 1,75. For andre mineralull- produkter kan den komme enda noe lavere. Til sam- menlikning vil „prisen pr isolasjonshet” for en 3/4” rupanel bli ca 70 kr. For 20 mm porøse trefiberplater vil „prisen pr isolasjonshet” ligge på ca 14,— kr. Et slikt forhold bør uten videre gjøre det klart, at det er riktig å bygge varmeisolasjonen i konstruksjonen på de moderne isolasjonsmaterialene.

Når denne ene siden av saken er behandlet såpass uttømmende, er det fordi NBI mener det er av vesentlig betydning å ta hensyn til hva som er økonomisk riktig varmeisolering. Tendensen til å gå tilbake til mer tradi- sjonelle og velkjente konstruksjoner er så uheldig, at det må gjøres virkelig alvorlige anstrengelser for å mot- arbeide dem. Det vil være et stort fremskritt om det ble mer vanlig å se på driftskostnaden, altså de årlige utgifter til rente og amortisasjon, fyring, vedlikehold osv. Det har vært lagt altfor stor vekt på anleggs- kostnadene.

Utviklingen mot mer tresporende konstruksjoner

Det er sikkert en av trehusbyggingens pluss-sider at den gir rike muligheter som uttrykksform, men det er like sikkert en svakhet ved mye av det som har vært bygd i de senere tiår, at det ytre ikke alltid har vært i samsvar med det konstruktive. Det er for eksempel mange forkjetrede 80-årshus, hvor de smale, høye vinduene passer inn i bindingsverkets stendersystem med rene ønskemål på veggstykkene mellom vinduer og hjørner og mellom vinduene innbyrdes. De rent demonstrerer en rasjonell oppbygging, og overgår i så måte mye av det som er bygd i funksjonalismens glans- periode: 30 års-funksjonen.

Men i sin glede over maskinalderens frembringelser kunne våre besteforeldre tydeligvis godta mye som vi i dag ikke lenger er så begeistret for, f. eks. smal, høvlet ytterpanel. I dag er det jevnt over brukt grovere ytter- kledning, og gjerne robuste, uhøvlede bord i vindskier

og liknende detaljer. Forenklingen av mange andre detaljer er derimot drevet ganske langt. Dette gjelder f. eks. vindusomramminger.

Trehusene fra våre besteforeldres tid og fram til vår egen, gjenspeiler skiftende smak og forskjellige stiler og moteretninger. Disse forskjellige uttrykksformene er ofte rent ytre virkemidler. Den konstruktive utviklingen har vært langsom. I alle disse årene har bindingsverks- konstruksjonene vært temmelig stabile, inntil det nær- mest i våre egne dager har vært en kraftig omlegging mot mer tresporende konstruksjoner. De gamle bygge- måtene er til slutt blitt utsatt for en inngående analyse, som ikke er blitt uten følger. Men den dag i dag dominerer tradisjonelle konstruksjoner.

Utviklingen av de bærende ledd har ført til en mer rasjonell og bevisst oppbygging av bindingsverket. Det vesentlige i den omleggingen vi har vært vitne til, er allikevel forenklingen av kledningene og innføringen av isolasjonsmaterialer. Det er også dette som har betydd mest for senkingen av trelastforbruket.

For 6—7 år siden regnet Stortingsmelding nr 18 (1949) at et småhus i tre normalt ville kreve slike trelastmengder:

„Ca 0,10 std trelast pr bebygget m² for en-etasjes, ca 0,14 std for 1 1/2-etasjes og ca 0,17 for to-etasjes hus” — eller ca 0,085 std pr m² boligflate i alminnelige to-etasjes hus.

I dag er det blitt normalt å bygge småhus i lett bindingsverk med bare enkel kledning utvendig, inn- vendig og i himlingene, og trelastforbruket i slike hus kan settes til 0,05 std pr m² boligflate for alminnelige to-etasjes hus. Hvis treet i kledningene erstattes med andre materialer, vil selve trelastforbruket ligge på vel 0,035 std pr m² boligflate, men da er riktignok ikke eventuelt treforbruk i f. eks. trefiberplater regnet med.

Det er jo den rene mentalitetsforandring, når det i dag regnes normalt å bygge småhus med ca 40 % mindre trelastforbruk enn for 6—7 år siden. Et norsk „trehus” er i dag et annet begrep enn det var før. Det er et hus, hvor de bærende ledd er av tre. Kanskje er utvendig kledning asbestementplater. Det kan for den saks skyld godt være puss eller halv-stains forblending, og det kan derfor likne mer på murhus enn på trehus.

Bedre planlegging

Omleggingen av konstruksjonene i trehus må gå hånd i hånd med et grundigere planleggingsarbeid. Hvis ikke, vil det være umulig å utnytte fordelene ved de nye byggemåtene fullt ut. De enkle kledningene og papp- lagene bør kunne skjøtes på stenderne uten unødig kapp og spill. Isolasjonsmaterialene skal passes inn i bindingsverkets hulrom. Ugreie konstruksjoner i lette bindingsverkshus krever også uforholdsmessig mye arbeid.

Det er derfor så mye uheldigere enn før å nøye seg med et enkelt riss av et hus, og senere presse inn konstruksjonene som det faller seg. Det er å la en god sjanse fare. Det er også nødvendig å utføre arbeidet nøyaktigere og å bruke gode byggematerialer. Lettere trekonstruk- sjoner er ingen simpel, provisorisk byggemåte, som enkelte tror. Det kan ikke være tvil om at godt plan- lagte og nøyaktig utførte lette bindingsverkshus er bedre enn de byggemåtene de erstatter, og at de gir større muligheter for rasjonell husbygging.

Det beste utgangspunktet er planlegging over en modul. Vår egentlige byggemodul er 10 cm. I trehus

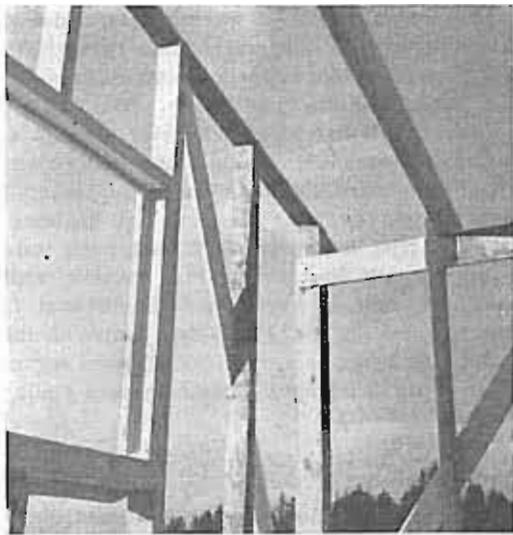


Fig. 3. Fordelene ved de lette trekonstruksjonene kommer først til sin rett når planleggingen er omhyggelig.

passer det, særlig av hensyn til de vanlige bygge-materialene, å operere med en større enhet, en 60 cm modul. Modulplanlegging får konstruksjonene til å klaffe. De blir ikke anstrengte og kronglete, som når de planlegges vilt.

Prinsippene for moderne ytterveggkonstruksjoner

Det er et typisk trekk ved de moderne ytterveggene for trehus at de bygges opp både med sterkt isolerende lag og med enkelte ganske damptette sjikt. All teori og all erfaring sier at slike yttervegger er særlig utsatt for kondens, hvis ikke konstruksjonen er riktig oppbygd. Det kreves f. eks. et ganske damptett sjikt nær konstruksjonens innerflate, for å hindre damptrykket i å utjevne seg ved at fuktigheten i rommene trenger ut gjennom de omgrensende ytterflatene, og for å få et stort fall i damptrykket nær den varme siden av veggen.

I et trehus får vi det nødvendige damptette sjiktet i disse flatene når vi på innsiden av bindingsverket og helst også på undersiden av loftsbjelkelaget legger en diffusjonstett papp med klemte skjøter. I dag har vi flere bra pappslag til slikt bruk, spesielle asfaltbelagte (diffusjonstette papper) og papper med påklebet aluminiumfolie (reflekterende papper). Pappskjøtene er viktige. Klemvirkningene har her mer å si enn omleggets størrelse. En damptett, innvendig papp vil i alle fall fore til at den vanddampmengden som passerer sjiktet gjennom en fyringssesong er ubetydelig. Om utvendig papp er for tett, vil det allikevel bli ufarlig rindannelse på den.

I et byggelag i nærheten av Oslo ble det oppdaget at det manglet innvendig diffusjonstett papp i enkelte hus. Det store damptrykkfallet over veggen om vinteren måtte altså ligge utenfor isolasjonen. Denne var 10 cm mineralull, og temperaturen på utvendig papp var naturligvis svært lav. Intet kunne hindre vanddampen fra rommene i å trenge ut i ytterveggen og kondensere på innsiden av den utvendige papp. Utvendig var det lagt en 12 mm asfaltimpregnert trefiberplate utenpå bindingsverket og under ytterpappen. En måtte vente at platen sto ganske fuktig i veggen.

I februar forrige vinter fikk NBI ta en rekke prøver i disse veggene. På et sted, hvor innvendig damp-sperresjikt manglet, viste den utvendige asfaltimpreg-

nerte trefiberplaten et fuktighetsinnhold 35 vektprosent ved tak og 30 prosent ved golv. Platene var da så gjennomtrukket at de ga fra seg vann når de ble klemt litt. Det er klart at det i slike tilfelle er stor fare for alvorlige råte- og sopp-skader i treverket i veggen. Eksemplet demonstrerer nødvendigheten av et innvendig damptett sjikt.

Vi avbryter gjerne innvendig damp-sperresjikt ved bjelkelagene. Dette er nok ingen heldig praksis. I USA er det f. eks. vanlig å legge mye mer arbeid i denne detaljen, og det legges inn et damp-sperresjikt såvel mellom bjelkehodene som langs bjelkene på de ytterveggene som ikke bærer golvet, slik fig. 4 viser.

Utvendig papp skal beskytte veggen mot vind og vær, og et minimum av styrke og tetthet er derfor nødvendig. Kravene vil nok variere kraftig fra sted til sted alt etter klimaet. Etter hva vi vet er normale asfaltimpregnerte forhudningspapper uten asfaltbelegg på overflaten og f. eks. sulfatsellulosepapper både sterke nok, vannavvisende nok og antakelig også tilstrekkelig dampåpne selv om de legges med klemte skjøter. Vi har i dag data for damptettheten hos de vanligste norske pappslagene, og kan velge utvendig og innvendig papp som står til hverandre. Etter amerikanske erfaringer må innvendig papp være minst 5 gange så damptett som utvendig papp. Det er ikke så vanskelig å oppfylle selv enda strengere krav med de pappkvaliteter som er på markedet hos oss i dag, og det er riktig å vise omtanke ved valg av pappslag.

Frykten for kondensdannelse er antakelig noe overdrevet i vegger som kan luftes ut oppad mot loft, f. eks. ved ribordkonstruksjoner av bindingsverket.

Erfaring fra hus i bruk og fra forsøk har vist hvor viktig det er å legge utvendig papp med klemte skjøter av hensyn til vindtettheten. Det er dessverre alt for mange eksempler på at moderne, velisolerte trehus er svært kalde å bo i så snart det blåser opp. Beskjeden kulde og sterk vind er mye verre for slike hus enn kraftig kulde og vindstille. Det er derfor særlig i de værharde strokene det er nødvendig å legge utvendig papp med

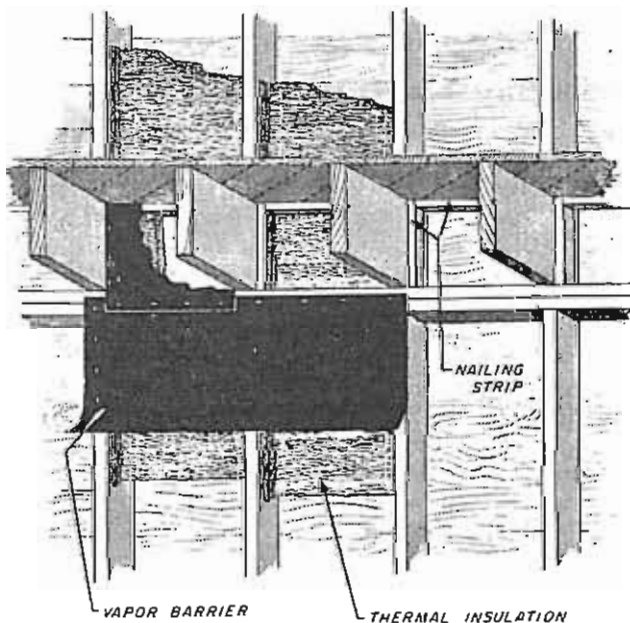


Fig. 4. I U. S. A. er det vanlig å legge stor vekt på innvendig damp-sperresjikt ved bjelkelagene. Her i landet avbryter vi som regel damp-sperresjiktet. (Fra Condensation Control . . . , HFA, 1949.)

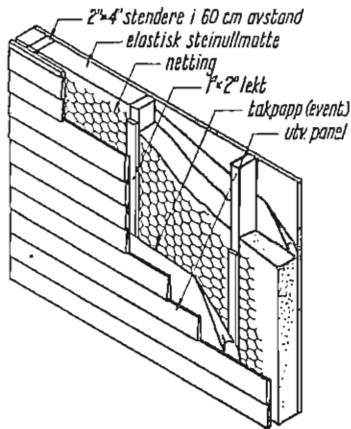


Fig. 5. Når det må være særlig kraftig og lett papp utvendig, kan det være nødvendig å klemme isolasjonen på plass, f. eks. med netting, og legge pappen på utsiden av en utlekting.

klemte skjøter. Men selv i Oslo-området bør det gjøres på tomter som ligger litt utsatt. Fordi det tidligere har vært gitt påbud om åpne utvendige papplag fra forskjellig hold, er det grunn til å understreke dette kraftig: på alle litt værharde steder må utvendig papp legges med klemte skjøter!

I fjelltrakter og særlig kalde og værharde strøk kan det være riktig å bruke en kombinasjon av en ganske dampåpen, kraftig, uimpregnet cellulosepapp med klemte skjøter og en asfaltimpregnet, tung forhudningspapp eller enda kraftigere papp med helt åpne skjøter som utvendig pappsjikt. Når det må være særlig tett papp utvendig, kan det være vanskelig å få det riktige forholdet mellom damptettheten ute og inne i veggen. Det kan da være nødvendig å klemme isolasjonen på plass med netting eller en asfaltimpregnet trefiberplate og så legge utvendig papp på utsiden av en utlekting. Riktig bruk av papp er faktisk nøkkelen til riktig oppbygging av de velisolerte yttervegger av tre.

Det ville bety mye for tettheten både mot vind og regn om det ble mer alminnelig å legge utvendig papp fram på dør- og vinduskarmen med god klem mot karmen. Den mest praktiske måten å gjøre dette på er å legge løse strimler på karmene først, og så legge ytterpappen under innkledningen.

Utlektet ytterkledning i værharde strøk

I et værhardt kystklima med store slagregn-mengder vil det i alle fall være riktig å lekte ut ytterkledningen, enten ytterpappen kommer utenfor, eller som vanlig, innenfor utlektingen. Forsøk viser at det er heldig å ta mot slagregnet med en „regnkappe“ utenfor det vindtettende sjiktet i veggen. Hvis drivregnet står rett på utvendig papplag, vil overtrykket over dette tette sjiktet lettere presse vann igjennom og inn i konstruksjonen.

En ytterkledning som tjener først og fremst som regnkappe, skal ikke være for tett med for trange fuger. En høvlet ytterkledning med not og fjær er her dårligere enn en litt mer gissen kledning av uhøvlete materialer. Når trykket i vindkulene øyeblikkelig får utjevne seg til luften bak kledningen, vil det ikke være noe undertrykk på baksiden av kledningen som suger vannet inn. Forsøk viser at underkledningen og veggen bak lektene er godt beskyttet mot slagregn når ytterkledningen er utlektet. Det er ikke noe som tyder på at den liggende vestlandskledningen er bedre enn stående tømmermannspanel, snarere tvert i mot. Tømmermannspanelen er

godt egnet som kledning på utlekting, fordi det regnet som kommer inn bak kledningen, kan renne ned forbi lektene gjennom åpningen mellom underliggerne.

En utlektet kledning vil fortere tørke ut igjen. I strøk med dårlige uttørkingsmuligheter kan det derfor være absolutt nødvendig å lekte ut kledningen også av hensyn til varigheten. Dette gjelder f. eks. sikkert kyststrøkene nordpå, hvor en ikke utlektet kledning fort blir ødelagt. NBI har siden 1952 hatt noen prøvehus under oppsikt på Vestlandet. For enkeltes vedkommende er det brukt ikke utlektet vestlandspanel, f. eks. ved Sandnes (se fig. 6). Hittil har denne kledningen stått godt. Inntil videre bør en vel allikevel regne med at det er riktig å lekte ut ytterkledningen i alle værharde strøk.

Innvendig kledning

Motviljen mot å bruke de lette trekonstruksjonene stikker sikkert for en stor del i en mistro til de enkle kledningene. Det er jo ikke til å skjule, at atskillig skuffelse og misnøye med nye hus skyldes de innvendige kledningene. Det er vanskelig å få hengt opp ting. Overflatene kan vise seg for svake i enkelte rom. Plater kan bule og lage synlige sprekker bak taklist og fotlist, fordi det ikke er lagt inn spikerslag. Men det er i virkeligheten grotesk å vrake de velisolerte byggemåtene av slike grunner. Den økonomiske fordelene ved disse byggemåtene er så stor at den som vil ha solidere innvendige kledninger kan ha råd til å koste på det. Det gjelder platematerialer som alle andre materialer at de ikke må brukes ukritisk. Det er uheldig om det skulle bli noe bakslag mot de nye platebekledningene av den grunn. Mot barnerom og ganger kan det være klokt å velge panel eller annen robust kledning, — eller porose plater kan trekkes med malerpapp. Rupanel med malerpapp er en kledning som burde vært mer brukt. Den er billig og sterk.

Forskriftene setter krav om hvor tynne platematerialene kan være. En porøs trefiberplate må f. eks. være 20 mm tykk for å godkjennes som eneste kledning på vanlig yttervegg med 60 cm stenderavstand.

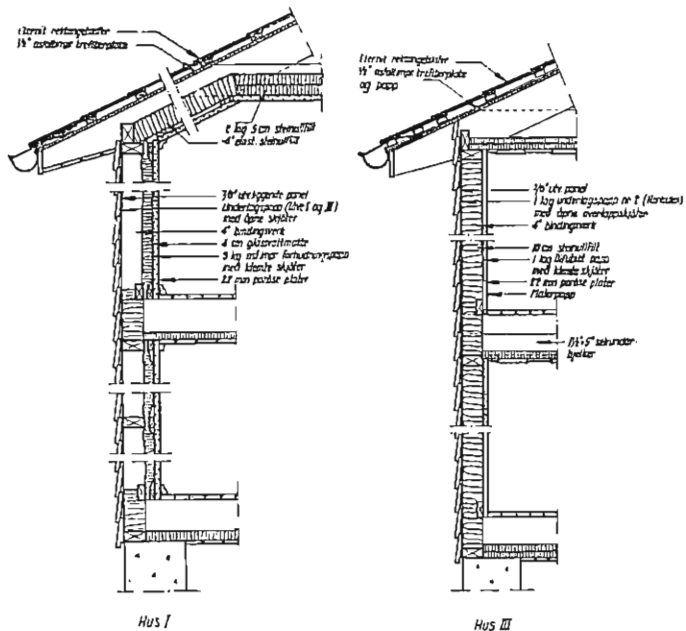


Fig. 6. Ytterveggskonstruksjoner uten utlektet ytterkledning fra prøvehusene på Sandnes.

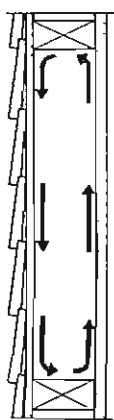


Fig. 7. Om vinden vil det opp-
tre strømminger i
hulrommet i en
bindingsverks-
vegg.

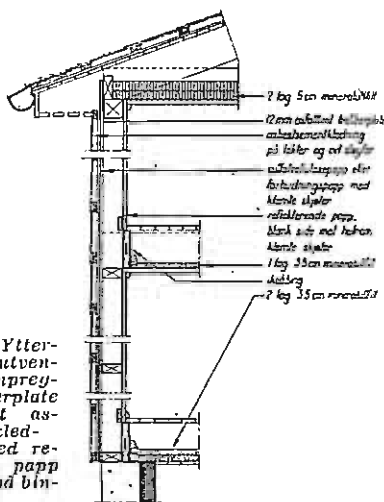


Fig. 8. Ytter-
vegg med utven-
dig asfaltimpreg-
nert trefiberplate
og utklekket as-
bestementkled-
ning og med re-
flekerende papp
innvendig på bin-
dingsverket.

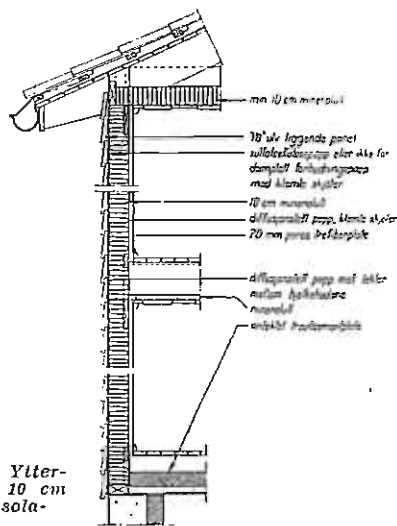


Fig. 9. Ytter-
vegg med 10 cm
mineralullisola-
sjon.

Isolasjonen

Isolasjonen i yttervegger av tre lå tidligere i kledningene og i et innestengt 10 cm luftrom. En utett ytterkledning vil redusere veggens isolasjonsevne betydelig. Isolasjonen av et innestengt tykkere luftrom vil ikke være vesentlig forskjellig fra isolasjonen av et 2—3 cm luftrom, fordi den økte isolasjonen i det tykkere luftlaget motvirkes av strømminger. Den oppvarmete luften stiger opp langs innsiden av hulrommet og synker ned igjen langs den kalde, mens varmen avgis til ytterkledningen. Det har derfor vært foreslått forbedringer av de tradisjonelle veggene ved å oppdele det store hulrommet i 2—3 mindre hulrom, f. eks. ved hjelp av innfelte porøse trefiberplater. Byggemåten er imidlertid arbeidsom og er blitt lite brukt.

I konstruksjoner med luftrom kan varmetapet ved stråling minskes vesentlig ved hjelp av blanke flater mot hulrommet. I en mer eller mindre tradisjonell bindingsverksvegg er det derfor fordelaktig å legge en reflekterende, foliebelagt papp på veggens varme side med den blanke aluminiumsfolien vendt mot hulrommet (se fig. 8). En kaffekjeles blanke side vender også mot luften og fra varmekilden! Et tregolv som skal isoleres godt, bør på samme måte ha en reflekterende papp lagt på bjelkene under golvbordene, og med den blanke siden ned mot hulrommet over isolasjonsfyllen.

Halmplater var en spesiell varmeisolerende kledning, men produksjonen av halmplater er etter hvert opphørt. Treullsementplater er også lite brukt som isolerende kledning. Vi har igrunnen bare igjen tykke trefiberplater som kombinert isolasjon-kledning. Isolasjonen i en vegg ligger i dag som regel i spesielle isolasjonsmateriale i konstruksjonen eller i luftrommene.

Etterat mineralullprodusentene introduserte 10 cm tykke isolasjonsmateriale for bindingsverksvegger, er det naturlig å gå over til disse produktene fremfor å velge tynnere, sydde mineralullmatter. Disse egner seg først og fremst til utbedring av isolering i eldre hus. Et lite sideblikk til driftsøkonomien overbeviser en raskt om det riktige i å velge den tykkeste isolasjonen.

Det har vært rykter i omløp om at f. eks. elastiske stelnulmatter kan synke i veggene. Hvor mattene står klemt i et nøyaktig bindingsverk og hvor det er klemvirkning også fra kledningene på begge sider av bindingsverket, er alle erfaringer gode. Men det er en viss fare for synking, hvis mattene er dårlig innspennet, f. eks. bare med et papplag på den ene siden. Mange foretrekker

å sette opp den nye glassvatt veggfilten med pappen mot rommet. Om det blir litt kondens i veggene, vil da ikke først og fremst pappen med sømmen og limingen bli fuktet, dessuten er pappflaten bedre å handtere enn glassvatten. Bølgepapp-plater har en varmegjennomgangsmotstand som ligger nær opp til mineralullens og kan derfor brukes i velisolerte konstruksjoner. Ofte er isolasjonen basert på fyllmasser av forskjellig slag. Kutterflis er et typisk eksempel. Kutterflis har som mye løs fyll en tendens til siging. Den må stemples godt mellom kledningene og fylles på i ikke over 50 cm høye lag. Under vinduer o. l. må det være reserveisolasjon. Samtidig er det heldig med påfyllingsmuligheter. Ekspandert leire er et annet aktuelt løsfyllmateriale for bindingsverksvegger. Det har den fordel at det er uorganisk.

Et materiale som treullsement leveres i bærende elementer og har fått en del utbredelse, også i boligbygg. De pusses gjerne utvendig. I så fall må en være svært omhyggelig med å armere pussen over hjørnene og skjøtene, da det ellers er vanskelig å unngå sprekker.

Hvilke yttervegger er aktuelle i dag?

En rekke nyere varianter av ytterveggkonstruksjoner for trehus har måttet vike plass igjen. Fremdeles dominerer tradisjonelle eller nær tradisjonelle veggtyper. Veggene med 4 lag kledninger på bindingsverket er fortsatt sterkt utbredt, og den moderniserte utgave med asfaltimpregnert trefiberplate som utvendig underkledning og reflekterende papp på innsiden av bindingsverket har fått ganske stor utbredelse. Den asfaltimpregnerte fiberplaten erstatter et rupanell og et papplag. Denne forbedrede utgaven isolerer bedre og er derfor å foretrekke. K-verdien vil være ca 0,7 kcal/m² h °C, mens den er ca 0,8 ved de tradisjonelle firepanelsveggene.

Vår økonomiske oversikt viste imidlertid at prisutviklingen har gått disse veggene imot, og at det i dag er atskillig fordelaktigere å velge velisolerte yttervegger med 10 cm glassvatt eller steinullisolasjon. Disse veggene koster i dag, slik de kan utføres på Østlandet, mindre enn tradisjonelle vegger, og varmeisolasjonen er betydelig bedre: k = ca 0,3 kcal/m² h °C. De er allikevel lite utbredt utenom Oslo, men det er ikke tvil om at de er dagens mest aktuelle ytterveggtyper for trehus.

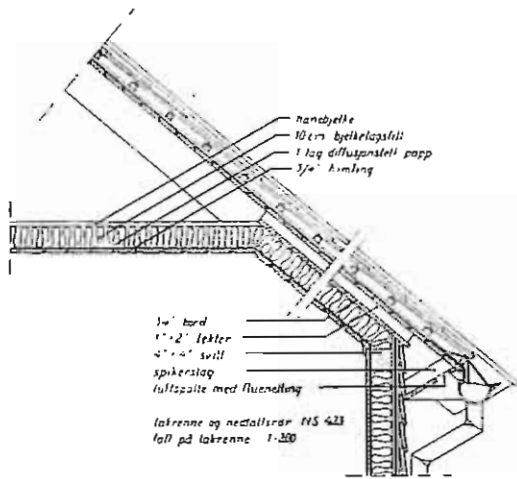


Fig. 10. Utførelsen av skråtak er en viktig detalj. (Utsnitt av BD-blad 1015.)

Kutterflisfylte vegger er nok fortsatt de billigste, selv om prisutviklingen må sies å gå også dem imot. Men disse veggtypene har svært begrenset utbredelse, fordi de bare passer i typisk innlandsklima med god tilgang på ren og tørr kutterflis. Med ytterpanelen utlektet så hulrommet blir $5\frac{1}{2}''$, har de en lav k-verdi: $k = 0,42 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$. Det innvendige dampspærresjiktet er særlig viktig, fordi kondens i flisfyll er ekstra uheldig. En brann er vanskelig å slukke, men de nyeste forsøk viser at godt stampet kutterflisfyll beskytter bindingsverket forholdsvis godt ved brann.

Andre ytterveggkonstruksjoner kan ha vel så stor utbredelse som flisveggene, men det vil føre for langt å gå nærmere inn på alle de spesielle utformingene, med isolasjon av bolgepapp-plater, ekspandert leire osv.

Skråtak og bjelkelag

Det bør brukes minst like god isolasjon i skråtak som i yttervegger. Ofte passer det å bruke samme isolasjonsmateriale.

Ved skråtak kommer det til en viktig detalj. Det må skaffes tilstrekkelig ventilasjon mellom taktekkningen og isolasjonen for at takflaten skal holde seg kald nok. Oppbyggingen av et riktig skråtak er i prinsippet, innenfra regnet: 1) innvendig kledning, 2) effektivt dampspærresjikt, 3) god isolasjon, 4) eventuelt ikke dampstett papplag eller annen beskyttelse av isolasjonen, 5) effektiv ventilasjon med minst 5 cm avstand til 6) eventuelt bordtak og taktekkning. Det er en vanlig feil å isolere loftsbjelkelag og skråtak for svakt og ventilere loft for dårlig, og følgen er istapper og issvuller i takrennene og bakvann og skader i den tid det ligger snø på taket.

Vi har tidligere pekt på den driftsmessige økonomiske fordelene ved å varmelisere loftsbjelkelagene godt. Isolasjonsmaterialer som glassvatt og steinull har en romvekt på ca $45\text{--}60 \text{ kg/m}^3$, mens f. eks. tørr leire veier ca 1600 kg/m^3 . Mens det tidligere var nødvendig med egne stubbeloft, kan vi i dag legge isolasjonen på papplag direkte på himlingen. Samtidig blir bjelkelaget bare en fjerdedel i vekt, med alt hva dette innebærer av besparelse. Loftsbjelkelag er som regel svært greie og billige å isolere, og en kan nesten ikke få isolert godt nok! Det kan være rimelig å isolere loftsbjelkelaget (1) så godt i forhold til ytterveggene (y) at:

$$k_1/k_y = 0,8$$

Derimot kan et bjelkelag over kjeller lett isoleres så godt at temperaturen i kjellerrommene kommer ned under 0° , og det fører straks til store ulemper både for matforråd og vannledning. En isolasjon på 10 cm mineralull kan bli i meste laget for et kjellerbjelkelag (k). Følgende forhold har vært oppgitt som passe:

$$k_k/k_y = 1,1 - 1,2$$

Stubbeloftsfillt av steinull eller glassvatt gir svært god isolasjon. Ellers vil det være mulig å bruke en rekke andre produkter, fra lettbetongavfall og ekspandert leire til kiselgur, men disse produktene kommer ikke opp mot mineralullen i isolasjonsevne. Byggeskriftene tillater ikke kutterflis i bjelkelag.

Mange har funnet det greit å bruke treullsementplater i bjelkelaget over kjelleren. Platene legges på stubbeloftslekker, og bjelkeavstanden må derfor passe til platebredden. Det er en fordel med denne utførelsen at den gir en grei arbeidsflate i første etasje.

Hvor det f. eks. er vaskerom i kjelleren og alminnelige trebjelkelag, må himlingen pusses eller innkles med godkjente plater. Gipsplater er godkjent, men egnert seg ikke så godt i vaskerom med tidvis høy fuktighet i romluften. Hvis pappen blir opphøyet, har den ikke lenger den nødvendige styrken, og platene vil begynne å henge.

Bjelkelagsisolasjon er særlig viktig i kjellerløse hus på pilarer, grunnmurstriper eller vanlige grunnmurer. Overgangen fra yttervegg til bjelkelag er ofte en forsømt detalj, som det lønner seg å legge atskillig mer omhu i å løse.

Ventilasjons- og uttørkingsproblemer

Et gammeldags trehus ville „puste“. Den utsluktede ventilasjonen var som regel mer enn tilstrekkelig. Et moderne trehus er gjerne mye tettere, på grunn av de dampstette sjiktene. I leiligheter i moderne trehus klager folk derfor undertiden over at de føler seg „inneklemt“.

Ut fra teorien er det riktig å legge inn dampspærresjikt i himlingen i loftsbjelkelag. Det er allikevel noen usikkerhet om hva en bør gjøre og ikke gjøre nettopp på dette punktet, og mange har sløyet dampspærresjiktet for ikke å få tette hus. En ting er iallfall sikkert de moderne, velisolerte trehus-konstruksjonene gjør det nødvendig å bedre ventilasjonen. I tetthet er husene mer å sammenlikne med vanlige betonghus, og de må ventileres deretter.

I mange tilfelle kan egnede veggkledninger regulere vandampinnholdet i et rom. Tapetsert 20 mm porøs trefiberplate skulle f. eks. være heldig i soverom. Platene kan ta opp noe av den økte vandampmengden i løpet av natten og gi den fra seg igjen når soverommet luftes om dagen.

Innføringen av tett sjikt i vegg og bjelkelagskonstruksjoner vil også føre til at uttørring av fuktighet inne i selve konstruksjonen vil gå svært langsomt. NBI har sett dette f. eks. ved sine prøvehus på Vestlandet, hvor det har vært mulig å følge uttørringen. Hvis det brukes rå materialer i bindingsverket, kan det ta lang tid — gjerne et par år — før de kommer ned på normalt fuktighetsinnhold. Det kan da være en viss fare for soppangrep o. l. Ved de tette, velisolerte byggemåtene vil det også spille en rolle for uttørringen at varmestrømmen er sterkt redusert.

Det er derfor viktigere ved nye ytterveggkonstruksjoner enn ved mer tradisjonelle, at den skurlasten som brukes er tørr og ren og at den lagres og transporteres med forsiktighet.

Erfaringen med hus i lette trekonstruksjoner

Det er allerede mange års erfaring med de nye byggemåtene for trehus. Noen barnesykdommer har det vel vært, men stort sett har erfaringene vært tilfredsstillende. Det er ikke tvil om at innføringen av de nye, velisolerte konstruksjonene betyr et stort fremskritt. Trehusene er konkurransedyktige selv om tre ikke lenger er et billig byggemateriale.

De lette trekonstruksjonene passer særlig godt i innlandsklimaet østentfjells, hvor været er rolig og hvor god isolasjon betyr så mye. Det er da også her byggemåtene har fått størst utbredelse. Men det er også bygd en del hus i disse konstruksjonene i mer værharde strøk. Bl. a. har industribedrifter på Vestlandet bygd enkelte prøvehus i samarbeid med NBI. Her har det vært lagt direkte radikale, lette, tresparende konstruksjoner til grunn. NBI har fulgt disse husene nøye, bl. a. er det lagt inn målepunkter for avlesing av fuktigheten. To ganger, februar 1954 og 1955 ble det skåret ut prøver i veggene, så fuktigheten kunne bestemmes ved veiing og tørking. Bortsett fra dårlige erfaringer med åpne skjøter i utvendig papp, og et par mindre vanlige detaljer, er det grunn til å være godt fornøyd med husene.

I det hele tatt ser det i dag ut til at det er mulig å bygge lette, velisolerte trehus også i værharde strøk, når en tar hensyn til klimaet. En må bruke utlektet panel, og utvendig papp bør gå over på vinduskarmene og ellers legges med klemte skjøter. Innvendig papp, sjikt må være et effektivt dampsperrsjikt av stor tetthet på grunn av de klemte skjøtene i den utvendige pappen.

Det vil avhenge av prisutviklingen, først og fremst på trelasten, hvordan trehusene skal greie seg i konkurransen f. eks. med lettbetonghusene. I dag er trehusene fortsatt de dominerende, og representerer $\frac{3}{4}$ av vår boligmasse. Økt bruk av lette trekonstruksjoner vil forhåpentlig fortsatt gjøre vår nasjonale byggemåte konkurransedyktig og fordelaktig.

DK 698.1: 624.011.1

Maling på trehus

Sivilingeniør Erling Thun
Statens Teknologiske Institutt

Alle som er beskjeftiget med husbygging, vil være kjent med at en rekke forskjellige materialer og metoder kommer til anvendelse når malerarbeidet skal utføres. Best kjent er kanskje de eldre typer maling og bestrykningsmidler, basert på f. eks. linolje, sinkhvitt og jordfarger, men i tillegg til disse er det særlig i den senere tid kommet en rekke nye materialtyper. Spesielt i årene etter siste verdenskrig har det vært en rivende utvikling på dette felt, og fortsatt kommer det en stadig strøm av nye produkter på markedet. Når det gjelder påføringsmetoder og behandlingsmåter, kan det også spores en viss utvikling, selv om den ikke er så utpreget som når det gjelder selve bestrykningsmidlene.

Det større antall materialtyper som vi nu har til disposisjon, har sikkert til en viss grad komplisert malerarbeidet, men også gitt økte muligheter for valg av bedre egnede materialer til bestemte formål. Det er særlig her de nyere materialtyper kommer inn og derfor omfattes med spesiell interesse. En omtale og riktig vurdering av nye materialer er imidlertid ingen helt enkel sak, hvilket vil fremgå av det følgende.

Når en maling er påstrøket og har tørket opp, så er den ikke dermed blitt noe uforanderlig materiale. Malingfilmen vil stadig gjennomgå herdings- og aldriingsprosesser og dessuten være utsatt for påvirkning fra omgivelsene. De forandringer som finner sted, vil ikke være så merkbare til å begynne med, men de vil fortsette så lenge malingen henger på og være av avgjør-

ende betydning for en rekke egenskaper som holdbarhet, værbestandighet o.l. Nye materialer må derfor vanligvis prøves i atskillig tid før man kan danne seg et sikkert bilde av deres egenskaper og brukbarhet.

Både råstoffprodusentene og fabrikkene som lager ferdig-malingproduktene, driver en utstrakt forsøksvirksomhet når det gjelder nye produkter som skal sendes ut på markedet. Det store amerikanske kjemiske konsern Du Pont, som foruten plaststoffer o.l. også er produsent av malingråstoffer, malinger og lakker, regner med en prøvetid på 10—15 år før et produkt er fullstendig gjennomprøvet. Selskapet har i tidens løp foretatt omtrent 25 000 utendørs prøver på prøvepanel, og årlig prøves malinger på ca 40 prøvehus, både gamle og nye. Nye produkter kan derfor vanligvis ikke gjennomprøves fullstendig før de sendes ut på markedet, og de kan som regel heller ikke prøves for alle formål og under alle forhold hvor de senere kan komme til anvendelse. Det vil derfor som før nevnt, ikke være så lett å gi en sikker vurdering av deres egenskaper og brukbarhet, iallfall ikke så lenge produktene kan regnes som nye.

Når det gjelder maling og treverk, finnes det et stort antall typer av bindemidler og pigmenter som kan komme til anvendelse. Det vil ikke være mulig å ta med alle, og det er derfor nødvendig å konsentrere seg om de viktigste og om dem som er av særlig interesse ved maling av trehus.

Utvendig maling

Ved den utvendige behandling vil foruten selve malingstypene også en rekke andre faktorer være av meget stor betydning. Først kan nevnes bygningsmessige forholdsregler for å beskytte treverket best mulig mot fuktighet og gi de gunstigste betingelser for den påfølgende maling. Som kjent er fuktighet både i trematerialene og i omgivelsene en av de vesentlige ulemper ved maling av trehus. Dette gjelder ikke bare når treet er vått på forhånd, men har også gyldighet for de fuktighetsvandringer som foregår i huset etterat det er ferdig oppsatt og malt. Om vinteren vil som kjent fuktigheten vandre innenfra og utover og vannet kan komme til å samle seg bak malingfilmen. Ved større temperaturforandringer vil vanddampen kunne øve et betydelig press mot denne. Særlig gjelder dette når malingen ennå er ny og relativt damp tett, idet vanddampen da bare langsomt kan diffundere ut. De trykk som kan oppstå, kan være av en størrelsesorden på opptil 100 gram pr cm² og nok til å løfte malingfilmen fra treet slik at vi får en oppbløring. At vann hyppig er med i spillet når malingen blærer opp, kan erfares ved at blærene ofte er fylt med vann. Om vi skal få en oppbløring eller ikke, vil — foruten av malingens damp tetthet — også avhenge av dens vedhefting til underlaget og filmens mekaniske styrke. Ved målinger har man funnet at strekkstyrken for en malingfilm kan gå ned til 60 g/cm², og derved komme i samme størrelsesorden som det trykk vanddampen kan utøve ved tilstrekkelig store temperaturforandringer. Det er også en mulighet for at vannansamlinger ved lavere temperaturer kan føre til frostsprengninger under malingfilmen, men hittil har man ikke kunnet påvise dette.

Når skal man male?

En rekke forskjellige forhold vil her spille inn, og da disse varierer, er det vanskelig å gi noen generelle regler som gjelder for alle tilfelle. Det viktigste er at huset har fått tid til å sette seg etter byggingen. Likeledes bør fuktighetsinnholdet i treverket være kommet ned på et rimelig nivå, helst i likevekt med luftens fuktighetsinnhold. Om dette kan oppnås, vil være avhengig av faktorer som hvor tørt treverket var før det ble tatt i bruk, når huset ble ferdig, og værforholdene i løpet av våren og sommeren. For hus som ble ferdig sist sommer, vil uttørringen uten tvil ha vært tilstrekkelig, men vi har ikke slike somrer hvert år, og derfor bør huset ofte stå vinteren over og først males ferdig neste vår. Alle de nevnte forhold må derfor vurderes i sammenheng for hvert enkelt tilfelle for å finne ut når huset vil være klart til å males. Males det før det er tilstrekkelig tørt, er det risiko for at ytterbordene trekker seg så pass mye sammen at det vil etterlate umalte striper. En fordel ved å la det stå vinteren over er at kvaen for en stor del vaskes ut av treverket, så den derved i mindre grad kan være årsak til at malingen sitter dårlig på eller tørker dårlig opp.

Skal huset stå vinteren over før det males, kan det være aktuelt å beise med en kjemisk beis. Dette er en billig og enkel behandling, idet vi bruker 3 %-ige oppløsninger av jernvitriol eller sinkvitriol i vann. Vi kan også bruke halvparten av hvert, eller oppløsninger av kobber-

vitriol. Sinkvitriol farger ikke treet, mens derimot jernvitriol og kobbervitriol gir det henholdsvis en brunlig-beige og grønnlig fargetone. Behandling med kjemisk beis beskytter ikke treet mot fuktighet, men derimot mot mugg og overflatesopp. I tørt klima kan hus om ønskelig stå ganske lenge bare med denne behandling.

En annen ganske utbredt behandlingsmåte er å olje huset det første året med linolje. En slik behandling gir en ganske pen overflate, men det må likevel advares mot denne av følgende grunner:

Forsøk har vist at en oljet overflate, særlig hvis den er glatt og fet, gir dårlig adhesjon for senere maling, slik at det er øket risiko for at denne senere kan komme til å flakne av. Dessuten vil linoljen under ugunstige værforhold være sterkt utsatt for angrep av mugg og overflatesopp. Denne form for sopp angriper som kjent ikke selve treverket. Den legger seg først og fremst utenpå oljefilmen, men trenger til dels også ned i denne slik at den kan bli ødelagt. Soppdannelsen blir etter hvert ganske merkbar i form av mørke, stygge skjolder, og dette kan skje på ganske kort tid i en periode med fuktig og forholdsvis varmt vær. Da mugg- eller soppdannelsen er av vesentlig betydning for utseendet, kan det være av interesse å se litt nærmere på denne.

For at angrep av sopp, mugg (eller jordslag) skal kunne oppstå, må fuktighetsinnholdet i luften som regel være minst 75—80%. Soppen trives også best ved en temperatur på 20—25° C og den vokser svært lite under 0°, og likeledes over 40° C. Videre er selve malingens eller oljefilmens egen skaper av stor betydning. En maling eller oljefilm som i særlig grad har tendens til å ta opp fuktighet, dvs. er svevbar med vann, vil være særlig utsatt for soppangrep. Eiter hvert som malingen tørker inn og herdes, blir den mindre svevbar i vann og derfor mer motstandsdyktig mot sopp og mugg. Det er derfor særlig i den første tiden etter påstrykingen at faren er størst, og den vil avta med tiden. Av disse grunner vil også malinger og oljer som tørker og herdes relativt hurtig, være gunstige overfor soppdanning, og likeledes typer som i seg selv er vannfaste og lite svevbare i vann. Til disse typer hører ikke linolje, særlig ikke den rå, og heller ikke andre maleroljer f. eks. på tranbasis. Gunstigere i denne henseende er de såkalt syntetiske oljer eller alkydoljer.

Andre faktorer som spiller inn, er i hvilken grad vannet på veggene har anledning til å tørke hurtig ut. På solrike og trekkfulle steder vil dette kunne skje hurtigere enn om huset står plasert lunt i skyggefullt terreng. En slik plasing vil ved siden av fuktige klimaforhold i særlig grad befordre soppveksten. Som regel er soppdannelsen størst i skyggen på nordsiden av huset, men på steder hvor man har en stadig relativt tørr nordenvind, kan den være størst på sydsiden, idet denne vil tørke langsommere ut etter regnvær. Er det først kommet sopp på huset, bør man før en ommaling vaske denne av med f. eks. oppløsninger av trinatriumfosfat, ammoniakke o. l. Det kan ellers være fare for at soppen slår igjennom den nye malingen eller at denne har vanskelig for å feste seg til den soppbefengte overflaten.

Foruten av tørre værforhold, vannbestandige og hurtigtørkende malinger, kan soppvekst også motvirkes av forskjellige sopphindrende midler. Tidligere er nevnt forskjellige vannoppløsninger av metallsalter som kan

virke soppdrepende. Samme virkning har også noen pigmenter som benyttes i malinger, f. eks. sinkhvitt, men sinkhvitt-innholdet må her være minst 30—50 % av det totale pigmentinnholdet. Videre har vi endel kjemikalier som kan løses i oljer eller malinger og gjøre disse mere soppresistente. Typer på slike produkter har vi i forskjellige kvikksølvforbindelser, særlig fenylkvikksølvforbindelser, og dessuten i form av lodorerte fenoler og naftallner. Andre sopphindrende midler er laget på basis av kobber, men dette metall kan på grunn av sin farge vanskelig anvendes i lyse malinger. Maleroljer tilsatt antisoppmidler leveres nå av begge våre oljemøller, og vil man absolutt olje huset sitt først, så bør man iallfall bruke oljer med soppdrepende midler dersom klimaforholdene er slik at det er vesentlig fare for soppdannelse. Prisen på oljer av denne type ligger også bare ca 10 % over prisen på vanlig linolje. Som nevnt motvirkes soppdannelsen av hurtig tørk, og det viser seg at en pigmentert olje vanligvis tørker fortere enn en ren olje. Anvendes istedenfor ren linolje en pigmentert grunnning, så vil faren for soppdannelse være mindre og man vil dessuten sikre seg en bedre vedheftning for de etterfølgende malingsjikt. Det som kan innvendes mot en slik behandling, er vesentlig av estetisk art dersom ferdigmalingen først skal skje året etter. En flate som bare er grunnert en gang, vil undertiden se noe halvferdig ut og ved setningen av huset kan det bli synlige, umalte striper langs bordkantene. Beising med kjemisk beis, oljing og grunnning, vil være alternative behandlinger det første året hvor huset ikke kan males ferdig samme år. Ved oljing og grunnning med oljemaling bør fuktighetsinnholdet være kommet ned på et rimelig nivå, men det fordres ikke at huset har satt seg fullstendig.

Når så huset skal males ferdig, enten ved at malingen kan skje samme år eller ved at man har grunnert det året før, så vil valget av riktig tidspunkt være av betydning. Den beste tiden er som regel ikke om våren men først etterat huset har fått lov til å tørke, f. eks. ut på forsommeren, dersom huset har stått vinteren over. Ellers kan det være fordelaktig å male det ut på høsten, og da helst under så stabile fuktighetsforhold som mulig. Temperaturen kan gå ganske lavt ned uten at det generer nevneverdig, dog bør vi ikke male dersom middeltemperaturen i døgnet går under 4—5° C. Ved lavere temperaturer vil malingfilmen tørke og herde meget langsomt, og derfor være mere utsatt for fuktighet hvis den skulle komme i form av regnvær. Før vi maler, bør vi passe på at huset har fått lov til å tørke noen dager etter siste regnskur, så vi er sikker på at fuktighetsinnholdet i treverket ikke er for høyt.

Bindemidler

De viktigste bindemidler for malinger på trehus utendørs er fremdeles på basis av torkende oljer eller oljemodifiserte alkyder. Av de rene torkende oljer er det først og fremst linoljen og dernest linoljestandolje og til en viss grad tran som finner størst anvendelse. Linolje, særlig rå, tørker og herdes forholdsvis langsomt. Selv etterat den er blitt relativt hard, vil den til en viss grad være sveibbar i vann og dette gjør den mer elastisk i fuktig vær, hvor det er viktig at malingen kan følge treverkets utvidelser. For å gi linoljemaling

øket vannfasthet og værbestandighet, er det gunstig at man til siste strøk tilsetter opptil 20% linoljestandolje. Videre ser det ut til at rå linolje, enten alene eller i blandinger med kokt, ikke gir noen fordeler framfor å anvende kokt linolje alene. En annen type malinger er som tidligere nevnt, de såkalte alkydmalinger som i de senere år også har funnet en stigende anvendelse på trehus. De tørker og herdes relativt hurtigere enn linoljemalinger og gir en blankere, hardere, mer vannfast og mekanisk sterkere overflate. De kan av disse grunner være spesielt egnet i strøk med særlig fuktig og værhardt klima, men for de noe tørrere strøk av landet kan stort sett alkydmalinger og linoljemalinger regnes å stå like godt.

Utenom bindemidler basert på linolje og alkyder brukes som nevnt også tran i en viss utstrekning som bindemiddel i utendørs malinger. Tran sveller enda mer i kontakt med vann enn linolje og gir en malingfilm som tørker langsommere, kleber mer og er vesentlig mindre vannfast og vannnett. Tranmalinger bør derfor ikke brukes i strøk med særlig fuktig og værhardt klima og på grunn av den langsomme tørk heller ikke på steder med støvet og uren luft, idet den der lett vil skitnes til før den blir tørr. Det siste gjelder særlig for hvite malingstyper. Skal man bruke tran til maling, bør man passe på å få en forholdsvis lys type med ikke for stort innhold av frie fettsyrer. I motsatt fall kan malingens værbestandighet og holdbarhet forringes vesentlig. En tilsetning på 20 % og mer med linolje vil gi mer hurtigtørkende og værbestandige malinger som heller ikke vil klebe så meget og gi en glattere overflate. I mange tilfelle vil man der være bedre tjent med blandinger enn med rene tranmalinger. Også tilsetninger av alkydoljer vil forbedre tranmalingenes egenskaper vesentlig.

Pigmenter

Vanligvis vil de mørkere pigmenttyper gi de mest bestandige malinger. Jo lysere pigmentene er desto mer vil lysets innvirkning på malingen være av betydning. Gode mørke pigmenter av eldre typer er jordfarger, oker, umbra og naturlig forekommende jernoksydpigmenter. I den senere tid er det kommet til en del syntetiske jernoksydfarger. Disse er kjemisk mer ensartede forbindelser enn jordfargene og de dekker et fargeområde som strekker seg fra sorte over brune og rødbrune til ganske lyse gule farger. De er alle meget lys- og værbestandige og det samme gjelder også endel gule og grønne mineralfarger som er kommet til i de senere år.

Når det gjelder pigmentfargestoffer av organisk opprinnelse, så har det også her funnet sted en betydelig utvikling slik at man har kommet frem til forbedrede typer. Dette gjelder særlig for blå, grønne og røde farger, hvor man nå har typer som utmerker seg ved klare fargetoner, stor dekkraft og lysekhet. Ønsker man å live opp i terrenget med Gilde farger på husene, så er det mulighet for dette.

De viktigste hvite pigmenter til husmalinger er sinkhvitt, titanhvitt og blyhvitt. Hvite malinger er de mest utsatte og minst holdbare av alle malingstyper, og pigmentenes spesielle egenskaper vil her være av stor betydning. Sinkhvitt er som kjent det pigment som har

vært mest anvendt tidligere, særlig ved håndverksmessig tillaget maling. Sinkhvittmalinger tørker (sammenlignet med andre pigmenter) relativt hurtig opp og gir en malingfilm som er hard og mekanisk sterk. I olje- og alkydmalinger forbinder sinkhvitten seg med oljebestanddelene og danner sinksåper. Særlig er dette tilfellet hvor det er et større innhold av frie fettsyrer. Disse sinksåper bidrar vesentlig til å gi malingen dens hardhet og styrke, men gjør den også etter hvert sprø og mindre elastisk. Andre fordeler ved sinkhvittmalinger er at de gir god vedhefting til underlaget og at de er mer soppresistente enn malinger basert på andre hvite pigmenttyper.

Utendørs vil lyset ha en vesentlig innvirkning på sinkhvittmalinger, idet det fremkaller spaltning av oljebestanddelene i lavere organiske syrer som igjen danner vannløselige sinkforbindelser. Etter hvert vil derfor endel av malingen løses ut i vann og forsvinne. På grunn av dette og fordi sinkhvittmalinger er lite elastiske, vil de ha lett for å sprekke opp og skalle under treets bevegelser som følge av fuktighetsforandringer. Særlig når det kommer flere maling-sjikt utenpå hverandre, vil overflaten etter hvert bli meget ujevn og kraterliknende på grunn av ujevn avskalling. Før ny ommaling vil det være nødvendig å fjerne all gammel maling hvis man ønsker en noenlunde pen overflate. Dette er ikke alltid så lett, da partier av gammel forstenet sinkhvittmaling ofte kan sitte meget fast på.

Titanhvitt anvendes for det meste i form av Tidovit, som foruten det dekkende pigment titandioksyd også inneholder en del fyllstoffer, eller såkalte ekstendere. Dekkraften for det rene titandioksyd er ca 6 ganger så stor som for sinkhvitt og derfor overflødig stor til at dette pigment brukes i ren form til husmaling. Tidovit inneholder derfor foruten ca 20 % titandioksyd og noe sinkhvitt ca 70 % finmalt dolomittmel. Den sistnevnte bestanddel virker ikke utelukkende som fyllstoff, men gir også malingen bestemte og til dels fordelaktige egenskaper foruten at den blir billigere. Titanhvittmalinger gir rene og klare farger og har ikke tilbøyelighet til å sprekke opp, men forvitrer ved at malingen slites langsomt av. Ved ommaling kan man derfor vanligvis stryke ny maling direkte på den gamle malingen uten at det er nødvendig å fjerne denne. Med forvitringen av titanhvittmalinger følger det som regel en viss tendens til krittning, men den vil være avhengig av den type titandioksyd som er benyttet. I handelsvarene finnes det to typer som atskiller seg ved forskjellig krystallform. Anatastypen som var den eneste i handelen for noen år siden, har en relativt sterk tendens til krittning, men den er nå i vesentlig grad erstattet av rutiltypen som krittter langt mindre eller endog leveres i ikke-krittende form. Vanlige titanpigmenter som finnes i handelen, f. eks. Tidovit, inneholder $\frac{2}{3}$ -deler rutil og $\frac{1}{3}$ -del anatas-titandioksyd. Man oppnår derved et pigment av middels krittning som er tilstrekkelig til å holde overflaten ren og dessuten til en viss grad å motvirke spredning av sopp ved at den etter hvert vaskes av under krittningen. Titanpigmentet har i og for seg i motsetning til sinkhvitt ingen spesielle sopphindrende egenskaper.

Under særlig fuktige klimaforhold kan det derfor være fordelaktig å bruke oljer og bindemidler som er tilsatt sopphindrende stoffer. Disse bør da såvel brukes til grunningen som til dekkstrøkene, da effektiviteten

er liten. Om man grunner med en soppdrepende olje, kan det godt danne seg sopp utenpå dekkmalingen hvis denne ikke er soppresistent. I og for seg vil ikke de nåværende sopphindrende midler beskytte maling i all fremtid. De vil vanligvis være virksomme i noen år, men ikke gi noen fullstendig sikkerhet utover dette. På den annen side vil malingen i løpet av denne tid være blitt så pass meget hardere og sterkere at den i og for seg er blitt mer soppresistent.

Ved å kombinere sinkhvitt- og titanhvitt-pigmenter, f. eks. ikke deler av hvert, kan man også oppnå mere soppresistente malingstyper. Som ved rene sinkhvittmalinger vil også disse ha tendens til å sprekke opp, og selv om den er mindre utpreget, kan den likevel være sjenerende nok. For titanhvittmalinger og også for andre malingstyper kan det være fordelaktig med tilsetning av noe mikrotalkum. Dette er en flakformet ekstender som kan gi malingen øket mekanisk styrke og virke beskyttende mot lysets innvirkning. På den annen side vil for stor tilsetning av mikrotalkum kunne virke matte på overflaten og gjøre den mer porøs og derved øke tendensen til soppdannelse. Da mikrotalkumet ikke er fullkomment fargeløst, vil også for store tilsetninger lett kunne gi hvite malinger en gråtone. Hvis det brukes større tilsetninger av mikrotalkum, bør man på steder med særlig fuktige værforhold også bruke oljer og bindemidler som er tilsatt sopphindrende stoffer.

En tredje hvit pigmenttype som brukes i en viss utstrekning til utendørs maling, er blyhvitt. Som sinkhvitt er det et såkalt aktivt pigment, idet det danner såper med oljebestanddelene, men blysåpene er mer elastiske og seigere enn sinksåpene. Med tiden vil blyhvittmalinger også til en viss grad sprekke opp, men denne oppsprekningen foregår ikke så hurtig som for sinkhvittmalinger og dessuten vil ikke malingen etter oppsprekningen ha samme tendens til å skalle av. Blyhvittmalinger dekker omtrent like godt som malinger basert på sinkhvitt, og i England og U.S.A. brukte man tidligere store mengder blyhvitt til husmalinger. Også der har man som i Norge etter hvert gått mer og mer over til malinger basert på titanhvittpigmenter. Blyhvitt brukes nå mest til grunning i f. eks. 25 % tilsetning til Tidovit; det gir god adhesjon, tørkeevne, og gir en tett og fast bunn for viderebehandling.

Vil man oppnå pastellfarger, kan kulørte pigmenter i stor utstrekning brykkes med sinkhvitt uten at tendensen til oppsprekking blir for utpreget. Tidligere var dette også nødvendig ved mørkere fargetoner idet titanhvitt av anatastypen på grunn av krittningen ofte var årsak til en sterk blekning av farger. Ved pigmenter av rutiltypen vil denne tendensen være langt mindre. Ved lyse fargetoner bør man fortrinnsvis anvende titanpigmenter til brekning.

Malingfilmens mekaniske egenskaper

Vi har tidligere berørt malingfilmens mekaniske egenskaper, og da disse i vesentlig grad influerer på holdbarheten, kan det være av interesse å ta med noe om dette. Ved strekkmålinger som er foretatt på isolerte malingfilmer, viser det seg bl. a. at strekkstyrken for alkydmalinger kan regnes å være 4—6 ganger så stor som for tilsvarende linolje-standoljemalinger. Ved

oppbevaring innendørs stiger strekkstyrken stadig i løpet av et par års tid, for så senere å avta.

Et liknende forhold gjør seg gjeldende for andre mekaniske egenskaper. For å oppgi noen tall, så når alkydmalinger en maksimum strekkstyrke på 700—2000 g/cm². For linolje-standoljemalinger vil de tilsvarende tall være ca 100—400 g/cm². Undersøker man elastisiteten, viser det seg at her spiller pigmentene en avgjørende rolle for malingfilmens elastiske egenskaper. For alkydmalinger basert på ikke reaktive pigmenter som f. eks. titanhvitt og ekstendere, ligger forlengelsen ved brudd på 35—50%. Etter hvert som malingen eldes, vil elastisiteten avta noe. Sinkhvittalkydmalinger viser seg å være betydelig mindre elastiske, bortsett fra den første tiden hvor malingen ennå er fersk. Eitersom malingfilmen eldes, avtar elastisiteten hurtig og synker ofte til under 5% forlengelse ved brudd. Da treverkets utvidelse som følge av fuktighetsforandringer ofte kan overstige dette tall, vil man uvegerlig få en oppsprekking av malingen. For linolje standoljemalinger er ikke pigmentenes innflytelse på malingfilmens elastisitet så utpreget som for alkydmalinger. Sinkhvittmalinger viser seg også her å være de minst elastiske, men forlengelse ved bruddlast ligger etter 2 år fremdeles på 15—30%. Dette kommer vel for en stor del av at standoljemalinger herdes langsommere, men det er grunn til å anta at også sinkhvittlinoljemalinger i vesentlig grad etter hvert vil miste sine elastiske egenskaper. Ved de undersøkelser som her er referert, har aldringen av malingfilmen som nevnt foregått innendørs, men det er grunn til å anta et liknende eldningsforløp for utendørs eksponering, bortsett fra at det sannsynligvis vil foregå hurtigere.

De refererte undersøkelser viser ganske stor forskjell i mekaniske egenskaper for de ulike malingstyper. De rene sinkhvitt-alkydmalingenes betenkelig lave elastisitet gjør dem lite egnede som utendørs malinger på treverk. Dette forhold vil delvis også gjelde sinkhvittmalinger på linoljebasis, dog i vesentlig mindre grad iallfall i de første årene.

Den relativt store forskjell i strekkstyrke mellom alkydmalinger og linoljestandoljemalinger vil også være et faremoment, idet det kan oppstå spenninger mellom sjiktene dersom disse malinger strykes på hverandre. Årsaken til slike spenninger kan være den naturlige kontraksjon som finner sted under herdingen av malingen, eller også sammentrekning og utvidelse av treverket på grunn av fuktighetsforandringer.

Til utvendig maling på trehus ble alkydmalingene først tatt i bruk i noen større utstrekning her i Norge fra ca 1951 og utover. Etter et par års tid viste det seg imidlertid at malingen ofte flaknet av, som regel helt fra bunnen, og denne avflakningen forekom først og fremst på gamle ommalte hus. Ved undersøkelser av en del slike skader som er gjort ved Statens teknologiske institutt, viser det seg at i 9 av 10 tilfelle er det tidligere benyttet en linoljesinkhvittmaling og utenpå denne er det malt med alkydmaling. Det er høyst sannsynlig at de forhold som er nevnt i foregående avsnitt, er en medvirkende årsak til disse skadevirkninger. Det bør derfor absolutt advares mot å bruke alkydmaling utenpå hus som er malt med gammel linoljemaling uten å fjerne den gamle malingen fullstendig. Ved maling av hus bør man for sikkerhets

skyld holde seg til samme malingstype hele tiden. Har man først begynt med linoljemaling, bør man fortsette med denne malingstype, og det samme gjelder også for bruken av alkydmaling.

Blandingsforhold i utvendige malinger

En vesentlig del av den oljemaling som brukes til trehus, blandes på stedet av håndverkeren eller av andre som utfører arbeidet. Alkydmalinger kjøpes som regel ferdigblandet, men det finnes i handelen nå også alkydoljer som stort sett kan brukes på samme måte som andre maleroljer. Som eksempler på sammensetningen av noen relativt gode hvite og lyse oljemalinger kan oppgis følgende resepter:

Til grunning: 25 liter kokt linolje
15 kg Tidovit

eller

25 liter kokt linolje
12 kg Tidovit
4 » blyhvitt.

Oljeinnholdet til grunningen må justeres noe etter hvor sugende treverket er. For å oppnå bedre innsuging og strykbarhet, kan man fortynne med 5—10% mineralterpentin. Treverket bør suge opp en vesentlig del av oljen, slik at grunnstrøket gir en matt, men fast bunn. Til første og annet dekkstrøk kan oppgis følgende blandinger:

25 liter kokt linolje
33 kg Tidovit.

Første dekkstrøk kan om ønskes tynnes med litt terpentin (inntil 5%). En viss tilsetning av mikrotalkum kan undertiden være fordelaktig, idet det kan gi økt beskyttelse. En maling av denne type kan f. eks. bestå av:

25 liter linolje
26 kg Tidovit
5 » mikrotalkum.

For store tilsetninger av mikrotalkum kan som tidligere nevnt føre til øket tendens til soppdannelse. For alle de nevnte resepter kan istedenfor vanlig linolje også brukes linolje som er tilsatt sopphindrende midler, hvis vi spesielt ønsker å sikte oss mot soppvekst. Som før nevnt, kan en tilsetning av standolje til siste strøk øke malingens vannfasthet og værbestandighet. Som eksempel på en slik maling til siste strøk kan oppgis:

21 liter kokt linolje
4 » linolje—standolje
30 kg Tidovit.

Også her kan man om det er ønskelig, erstatte en del Tidovit med mikrotalkum. Under forutsetning av at man benytter Tidovit av rutiltype, skulle disse malinger under normale forhold kunne stå minst i 5 år.

I disse resepter har vi som det vil fremgå, ikke tatt med noen malinger som inneholder vesentlige mengder sinkhvitt (Tidovit inneholder ca 10% sinkhvitt), fordi malinger med større innhold av sinkhvitt uvegerlig vil sprekke opp og skalle av. Med anvendelse av standolje i siste strøk kan man muligens utsette denne oppsprekking endel, men den vil komme før eller senere. Denne reservasjon overfor sinkhvitt som

pigment gjelder utelukkende for utvendige malinger på treverk.

I forbindelse med utarbeiding og utprøving av disse malingstyper er det gjort betydningsfulle arbeider ved Statens teknologiske institutt, under ledelse av sivilingeniør Morseth.

Ønsker man å lage lyse, fargede malinger, kan man stort sett gå ut fra disse resepter og erstatte en del av Tidovitten med brekkfarger. Ved blanding av maling som inneholder andre pigmenter, vil forholdet mellom pigment og olje til dels bli noe annerledes, avhengig av pigmentets egenvekt og oljeabsorpsjon. Det vil her føre for langt å gå inn på sammensetning av disse malingstyper.

Skal vi male på uhøvlet treverk, vil i regelen to strøk bestående av grunning og dekkstrøk være tilstrekkelig og gi god dekk. Noe mellomstrøk er her ikke nødvendig, mens man på høvlet tre vanligvis anvender 3 strøk, idet dette ikke gir noen samlet tykkere malingfilm enn 2 strøk på uhøvlet tre.

Som tidligere angitt, kan i de fleste tilfelle linoljemalinger og alkydmalinger regnes som stort sett likeverdige til utvendig maling på tre. På grunn av sin større mekaniske styrke og vannfasthet, vil alkydmalinger kunne stå bedre på særlig værharde og fuktige steder, f. eks. i kyststrøk. Vind og drev kan her forårsake direkte mekanisk slitasje av malingfilmen. Mindre bestandige enn de nevnte malingstyper er tranmalinger, som imidlertid kan forbedres ved iblanding av linolje og alkydoler. Kombinasjonen sinkhvitt—tran må man være absolutt forsiktig med. Rene, hvite pigmenter er som før nevnt mindre egnet for malinger på tranbasis.

Latexmalinger utvendig

Som kjent har denne malingstype i de senere år vunnet betydelig utbredelse, særlig til innvendig bruk, men også til utvendig maling, vesentlig på mur, betong og eternit. Det er først og fremst latexmalinger på basis av polyvinylacetat og polymetakrylater som har vist seg best egnet utendørs, men derimot ikke typer basert på styren-butadien eller polystyren som forøvrig er meget i bruk innendørs. For polyvinylacetat og delvis metakrylat-latexmalinger har man gode erfaringer på mur, betong og eternit. For anvendelse på treverk er det erfaringsmateriale som hittil foreligger, avgjort lovende, men ikke omfattende nok til at det kan trekkes sikre konklusjoner. De forsøk som hittil er utført, strekker seg ikke over lengre tidsrom enn 3—4 år, men i løpet av denne tid har holdbarheten vært tilfredsstillende. Ved egnete kombinasjoner av bindemiddel og pigmenter, vesentlig basert på titanhvitt og ekstendere, kan man få latexmalinger som viser liten tendens til sprekkdannelse, men som slites jevnt av med en passende krittning til å holde overflaten ren. Dette muliggjør også en enkel ommaling, idet man kan stryke ny maling direkte på etter først å ha børstet av eventuelle løse partikler. Holder de prøvene man hittil har gjort hva de lover, så kan det i løpet av de nærmeste år regnes med betydelig større anvendelse av latexmalinger utendørs på treverk. En av fordelene ved latexmalinger er at de er så lette å stryke ut, og dette vil gjøre seg særlig gjeldende på uhøvlet treverk. Latexmalinger på polyvinylacetatbasis er likeledes be-

tydelig mer gjennomtrengelige for vanndamp og gasser, enn malinger på olje og alkydbasis. (Vanndampgjennomtrengelighet ca 6 ganger så stor). Dette vil gi veggene større anledning til å «puste», og også muliggjøre maling på noe fuktigere treverk uten risiko for oppbløring. Da latexmalingene inneholder vann, vil de feste seg på selv noe fuktige overflater, og vedheftingen er i motsetning til hva tilfellet er for linoljemalinger, og i enda høyere grad for alkydmalinger, basert på en direkte klebning til underlaget. En ru og noe porøs overflate vil derfor gi bedre og sikrere vedhefting enn en glatt og tett flate. Uhøvlet tre er av den grunn et ideelt underlag for latexmalinger, mens man derimot bør vise større forsiktighet ved anvendelse på glatthøvlet tre, og særlig på treverk som tidligere har vært malt med oljemalinger. Under regnvær vil latexmalinger kunne ta opp betydelige mengder vann (opptil 50 %), og i denne tilstand vil deres mekaniske styrke og vedhefting kunne være vesentlig mindre enn når de er tørre. På en glatt og tett flate hvor selv en tørr maling har vanskelig for å gi god vedhefting, vil et fuktig malingsjikt kunne komme til å svikte, og gi årsak til avskalling og avflakning. Stryker man en latexmaling oppå en gammel og forholdsvis blank oljemaling, er det stor fare for et dårlig resultat; dette har man i høy grad kunnet konstatere ved praktiske prøver.

Maling av vinduer og dører

Vi har hittil først og fremst tenkt på behandlingen av ytterveggene, men også en riktig behandling av andre utvendige bygningsdeler vil være av stor betydning. Vinduer og vindusrammer vil f. eks. være utsatt for fuktighet både utenfra og innenfra, det siste på grunn av kondensvann som renner ned fra rutene. De bør derfor både utvendig og innvendig strykes med vannfaste og vanntette malinger, f. eks. standoljemalinger eller alkydmalinger, som her bør brukes helt fra bunnen av. Svikter malingfilmen på den ene siden, så vil den på grunn av fuktighetsvandringer også ofte flakne av på den motsatte side. På vinduer vil det nederste parti på treverket være særlig utsatt. Ved målinger har man funnet at de nederste deler av dårlig vedlikeholdte vindusrammer kan inneholde inntil 30 % vann. Dette er selvfølgelig ikke noe gunstig materiale å male på.

Mens vi oppholder oss ved vinduene, er det et problem av mer bygningsteknisk art som det kan være verd å nevne. Ved anvendelse av svakt krittende titanhvittmalinger til veggene, vil regnvannet som renner ned langs disse som regel inneholde små mengder titanhvitt. Slår dette vannet inn på rutene, vil det etterlate skjolder, og være årsak til ergrelse og merarbeide for husmøren. Kan man ved bygningsmessige forholdsregler, f. eks. spesielt utformede vannbord, motvirke dette, vil det sikkert være kjærkomment. Foruten til vinduer, vil det også være fordelaktig å bruke særlig vanntette og vannfaste malinger til verandagulv og ytterdører. Her nyttes som bekjent i stor utstrekning lakk og olje, særlig linolje. Linolje kan være god nok til grunning, men ett eller to strøk med en luftlakk eller båtlakk vil gi en penere, mer værbestandig og vannfast overflate. For å holde treverket lyst, kan man også bruke disse lakktyper til grunninngen i fortennet tilstand.

Maling på trefiberplater utvendig

Til kledning av ytterdører anvendes undertiden harde trefiberplater, og dette materiale er også forsøksvis tatt i bruk på yttervegger. Ved innvendig bruk har man erfaring for at dette materiale stort sett kan behandles med maling på samme måte som annet treverk. For utvendig bruk skulle man kunne anta et lignende forhold, men man har ikke noen sikre erfaringer for dette. I Sverige er det satt igang en del undersøkelser for å klarlegge disse forhold, men de har hittil vært for kortvarige til å kunne gi noen sikre resultater. Det man hittil har funnet ut, er at ender og hjørner på platene må beskyttes særlig godt, og at den ru, ullmete siden av platene gir best vedhefting for malingen. Særlig merkbart har dette vært ved forsøk med latexmalinger, hvor man tildels har fått betydelig avflakning ved maling på den glatte siden.

Innvendig maling

Med hensyn til fuktighetsinnholdet i treverket bør man ved innendørs maling stille minst de samme krav som ved utendørs. De malingstyper som anvendes, er tildels noe forskjellig fra dem som brukes utendørs, antall typer er vesentlig større, og består for en stor del av fabrikklagete ferdigmaling. Til håndverksmessig tilberedte linoljemalinger anvendes for det meste sinkhvitt og titanhvittpigmenter, ofte i kombinasjon. For å lette utrøringen, leveres de fra fabrikk i form av utrevne pastaer. Disse linoljemalinger er lette å stryke, men gir ingen helt glatt og blank overflate, og for å oppnå dette samt hurtigere tørk, tilsettes ofte noe gulvolje eller lakk. For å få flater uten synlige penselstrøk, anvendes ofte stopling, eller malingen matteres, f. eks. ved tilsetning av talkum når det f. eks. er tak som skal males. Linoljemalinger er heller ikke særlig bestandige mot vann og alkalier, og oljen forsåpes lett ved bruk av skarpe vaskemidler slik at overflaten etter hvert blir matt og tildels skjoldet. Mer vann- og alkalibestandige er lakkmalinger og emaljelakker av syntetisk type, de siste vesentlig basert på alkydharpikser og andre syntetiske harpikser. Disse typer egner seg derfor bedre til kjøkken, bad, dører og listverk, også fordi de gir en sterkere, hardere og glattere overflate enn vanlig linoljemaling. De er lette å holde rene, og dessuten forholdsvis dampette. Det siste er viktig når det gjelder å motvirke fuktighetsvandringer utover i veggene i kjøkkener, bad o. l. i den kolde årstid.

Av nyere malingstyper har *latexmalingerne* nå vært i bruk i flere år, og deres mest fordelaktige egenskaper er at de er lette å stryke, tørker hurtig opp, er relativt luktfri, og bestandige overfor selv de skarpeste vaskemidler. Noen typer tåler til og med temmelig sterk lut. Av latexmalinger leveres det nå både matte, halvmatte og blankere typer, både på basis av polyvinylacetat, metakrylater, styren-butadien og polystyren. De to siste typer er betydelig mindre gjennomtrengelige for vanddamp, og mer vannfaste enn de førstnevnte. De egner seg derfor bedre på bad og i kjøkken hvor det kan være fuktig atmosfære.

Man må imidlertid også her være oppmerksom på at stor fuktighet svekker malingfilmens fasthet og vedhefting til underlaget. Dette kan komme til å gjøre seg gjeldende dersom man stryker latexmalingen direkte

på glatte trefiberplater i bad og vaskerom, eller i enda sterkere grad når den strykes på gammel oljemaling.

På trefiberplater har det også forekommet at mykningsstoffene i latexmalingen som holder seg plastiske i lengre tid, har løst ut fargestoffer fra platen, og disse har så videre vandret ut til overflaten og dannet skjolder. Det sikreste er å grunne med en mattmaling på olje eller alkydbasis. Dette gir også bedre dekk, idet god dekkevne ikke er latexmalingerens sterkeste side.

Matte latexmalinger bør ikke anvendes på steder hvor de fort blir skitne, f. eks. bak radiatorer og over komfyrer, idet de kan være vanskelige å få vasket helt rene igjen dersom skitten har satt seg godt fast. De tar dessuten relativt lett flekker ved berøring, og i alle de nevnte tilfelle bør man derfor fortrinnsvis anvende blankere typer.

Klare upigmenterte latexemulsjoner kan strykes på tapet for å gjøre det mere vaskbart uten å forandre utseendet vesentlig.

I den senere tid har latexmalingerne fått en sterk konkurrent i forbedrede typer av mattmalinger på alkydbasis. Disse nye typer gir jevne, pene flater av forskjellig matthetsgrad, og er likeledes meget vaskbare. De suges lite opp av porøst underlag, og enkelte typer kan gi usedvanlig god dekk, ett strøk kan være tilstrekkelig, dersom fargen ikke avviker for meget fra underlaget. Som latexmalinger bør disse mattmalinger først og fremst anvendes til tak og vegger, på papir og bygningsplater.

Behandling av gulv

Ved maling av gulv kommer først og fremst alkydmalinger eller lakkmalinger på tale, men da nye gulv som regel oljes og lakkeres, vil disse bstrykningsmidler her være av større interesse. På gulv av løse tresorter vil typer som trenger ned i underlaget og forsterker dette, være mest fordelaktige. Det finnes nå meget lyse typer av gulvoljer som ikke forårsaker særlig gulning av treverket, og man kan også bruke fortynnete gulvflakker til grunnstrøket. Lakkene er som regel noe mer alkalibestandige og vaskbare enn gulvoljene, men i vanlige boliger vil forskjellen ikke være av særlig betydning. I offentlige bygninger, hvor det er stor trafikk, og det tildels anvendes skarpere vaskemidler ved renholdet, kan vaskbarheten være av større betydning, idet vask kan slite like meget på gulvene som den rent mekaniske slitasje de blir utsatt for.

Særlig vaskbare og bestandige er båt-lakker som man nå også kan få i meget lyse typer. Disse krever dog som oftest en noe lengre herdingstid. På parkettgulv brukes foruten de nevnte lakker, også i en viss utstrekning celluloselakker og herdelakker, særlig hvor trefargen ønskes beholdt mest mulig uforandret. På grunn av publikums krav til hurtig herding, tilsettes ofte for sterke herdemidler, slik at herdeprosessen går for langt. Dette kan gi en lakkfilm som blir for sprø, og kan komme til å flakne av. Herdelakker bør ikke anvendes ved for lave temperaturer, da herdeprosessen under disse forhold foregår meget langsomt.

I den senere tid er det også kommet såkalte selverdende lakker, hvor det ikke er nødvendig å blande i noen spesiell herdevæske for bruk. Flere av disse typer er praktisk talt fargeløse, meget lysekte, men fyller relativt dårlig. De synes å være særlig godt

egnet til lyse parkettgulv, men også til annet treverk hvor man ønsker å beholde det naturlige utseende mest mulig uforandret. Disse lakktyper kan også anvendes på tapeter for å gjøre dem mere vaskbare.

Herdelakker på polyuretanbasis, f. eks. D D-lakker, gir også en meget seig og slitesterk overflate som er spesielt motstandsdyktig mot kjemikalier og vann. Lakker av denne type er noe ømfintlige overfor fuktlig underlag, og under påstrykning og opptørring bør man sørge for særlig god utlufting, da mange mennesker er allergiske overfor flyktige spaltningsprodukter som unnviker under herdingen. Av disse grunner forsøker man å komme frem til typer hvor denne tendens er mindre utpreget.

Påføringsmetoder

Til slutt noen ord om påføringsmetoder.

Som nevnt i innledningen har det også her foregått en viss utvikling, selv om denne ikke på langt nær er så betydningsfull som når det gjelder bestrykningsmidlene.

Fremfor noen andre har latexmalingerne ført med seg en øket anvendelse av malerruller, og disse muliggjør også en enkel og forholdsvis lettvinnt form for mønstermaling. Malerrullene benyttes også i en viss utstrekning til andre malingtyper. Forbedrede typer som f. eks. med tilførsel av maling til rullen gjennom en slange fra en forrådsbeholder, anvendes i U.S.A., men det er vanskelig å si noe om de vil slå igjennom i Norge. Det samme gjelder også malerpensler med tilførsel av maling gjennom en slange som er ført inn i skaftet.

Sprøytemalingen har man stilt visse forhåpninger til, men den har hittil ikke slått igjennom. Den anvendes vel bare i større utstrekning til radiatorer og andre spesialformål. Det er også kommet til sprøytemalingsutstyr som arbeider med lavere forstøvningstrykk. Dette gir en grovere forstøvning av malingen, som igjen er mindre sjenerende for omgivelsene. I noen utstrekning anvendes slike anlegg til husmaling, men i de fleste tilfelle mener malermesteren at merarbeidet med skjerming av omgivelsene og andre ulemper oppveier de fordeler sprøytemalingen gir, iallfall i sin nåværende form.

Standardisering

Oversikt over utført arbeide og perspektiver for det fremtidige

Arkitekt M N A L E. Vaardal-Lunde

DK 389.6 : 69

Innledning

Vår byggeindustri har etter krigen vært inne i en brytningstid. De gamle prøvete byggemåter holdt ikke lenger. De dekket ikke minimumskravene til isolasjon og de krevet for stor innsats både når det gjaldt arbeide og materialer. Våre økonomiske ressurser er blitt sterkt begrensede, og skal vi klare å opprettholde vår relativt gode boligstandard, må boligproduksjonen så langt det er mulig rasjonaliseres. Vi var derfor nødt til å se oss om etter nye veier å gå.

På alle andre felter har en øket industrialisering ført til bedre og rimeligere varer. Hele vår levestandard er basert på dette forhold, men når det gjelder vår husbygging er det lenge igjen for vi kan snakke om en utbygget industri.

De tidligere byggemåter ga ikke stort spillerom for industrien. Heller ikke var byggeplassene innstillet på industri, og sist men ikke minst, husene var ikke tegnet og planlagt slik at industrien hadde et eneste innkomstkort.

Da kampen for bedre byggeøkonomi for alvor satte inn etter krigen, kastet man seg over nye byggemåter, gikk begeistret inn for moderne isolasjonsmetoder og arbeidet intenst for statisk å utnytte bedre de bærende konstruksjoner.

De problemer som denne omlegging førte med seg var store. Vitenskapelig underbygget var ikke alt

man foretok seg. Men like galt var det kanskje at vår gryende byggeindustri ikke hadde konsolidert seg slik at den kunne følge med. Det som framfor alt har manglet og som fremdeles mangler i alt for stor grad, er systemet som skal gjøre det mulig å koordinere arbeidet på tegnebrettet, i byggeindustrien og på arbeidsplassene.

Her er det byggestandardiseringen er nøkkelordet. Skal vi i det hele tatt kunne utnytte industrien bak våre byggeplasser, må vi bygge ut en gjennomarbeidet standardisering som entydig fastsetter form og størrelser, kvalitet og styrke og juridisk skaffer orden i leveringsbetingelser og eventuelle ansvarsforhold.

Vi har et meget stort ansvar, vi som arbeider i byggebransjen. Vi forvalter millionbeløp og våre feil skal ettertiden i årtier få slite med. Den tid vi får til rådighet til planlegging, forberedelser og bygging blir stadig kortet inn. Arbeidspresset øker derfor i uhyggelig grad og derved også faren for feil og uklarheter. En øket standardisering vil bety en stor avlastning.

Byggestandardiseringsarbeidet i Norge er kommet godt igang. Etter krigen er en rekke viktige standarder blitt vedtatt, og fortegnelsen over Norske Standarder vedrørende husbygging og bygningsingeniørfag begynner nå å bli ganske fyldig. Men det står meget arbeide igjen.

Standardiseringsforbundets arbeidsmetode

Jeg skal i det følgende gi en redegjørelse for hvordan Norges Standardiseringsforbund arbeider, hva som til i dag er utrettet og hva som man har satt seg som arbeidsoppgave i den nærmeste framtid.

Den lille stab medarbeidere som er ansatt i Norges Standardiseringsforbund, ville neppe kommet langt om den selv skulle utarbeide de standarder som kontoret har sendt ut. Når forbundet ønsker å standardisere et begrep, en vare eller prøvemåte, henvender det seg til alle de yrkesorganisasjoner eller foreninger som arbeider i bransjen.

Det blir nedsatt en sakkyndig komite hvor alle rimelige interesser er representert. I disse ulønnede komiteer sitter i dag de dyktigste fagfolk på alle områder. I komiteen blir forslaget til standard grundig gjennomarbeidet. Forslaget blir diskutert, kritisert, undersøkt og prøvet, plukket i stykker for igjen å bli satt sammen. Enkelte forslag har på denne måte blitt bearbeidet i komiteer som til stadighet har vært samlet gjennom en årrekke. Hadde ikke Norges Standardiseringsforbund kunnet bygge sitt arbeide på disse mange komiteer som så energisk har gått inn for sin oppgave, utelukkende i interesse for saken, ville standardiseringsarbeide i Norge ikke vært kommet langt. Når så en komite endelig er enig om et forslag til standard, blir forslaget utlagt for offentlig kritikk, for at enhver skal bli kjent med det og sende inn sine bemerkninger. Vær oppmerksom på dette forhold. Norges Standardiseringsforbund er takknemlig for alle råd og for all kritikk som kan reises rundt det utsendte forslag. En skal nemlig ikke være blind for at en standard som er beheftet med feil eller mangler er en meget dårlig standard som igjen kan skade tilliten til Norges Standardiseringsforbund.

De merknader som kommer inn til forslaget blir så nøye gjennomgått av den samme komite, de nødvendige korrigeringer blir foretatt og så vedtas endelig forslaget som Norsk Standard. Når en standard er vedtatt, offentliggjøres den i sin alminnelighet i de fagtidsskrifter som er mest kjent i den fagkrets det her gjelder.

Norges Standardiseringsforbund har et utstrakt samarbeide med andre land som har en organisert standardisering. Således blir bestandig en hver ny standard sammenholdt med hva der foreligger av utenlandske standarder på området, slik at det så langt råd er kan være mulig å komme fram til en internasjonal standardisering.

Alle de vedtatte standarder blir trykket opp og distribuert gjennom Norges Standardiseringsforbund. Det er utarbeidet en liste vedrørende Norske Standarder for husbygging og byggingeniørfagene datert 15. juli 1954. Listen gjelder samtidig som prisliste.

Hva kan standardiseres?

Hva er det så som kan standardiseres?

Det første og det mest nærliggende er å forsøke å rydde opp i det store virvar av varianter av typer, størrelser, detaljdimensjonering og kvalitetskrav. Man har som mål å få avskaffet de overflødige typer, idet disse bare betyr en byrde for produksjonen uten å gi forbrukerne noen fordeler. Det er denne del av standardiseringsarbeide som folk i sin alminnelighet

fester seg ved, fordi det er på dette felt de direkte fordeler ved en standardisering lettest kan påvises.

Hele industrialiseringen av byggeplassen er avhengig av i hvilken grad det lykkes oss her å finne fram til fullverdig standardisering. Vår utvikling går jo i dag fram mot en produksjon av byggeelementer på fabriker og et forsøk på å redusere byggearbeidet på byggeplassen til en ren montering.

En effektiv byggestandardisering vil for *forhandlerne* bety at de i stedet for til stadighet å måtte omstille sitt produksjonsapparat for alle mulige småordrer, nå kan få arbeide kontinuerlig med større serier av ensartete kurante produkter. De kan utnytte alle stille perioder med full produksjon fordi det ingen risiko er å produsere til lager.

Produsentene kan se en fordel i et utbygget salgapparat som igjen kan bety større og mere rasjonell produksjon. Det er liten fare for at man brenner inne med ukurante varer.

Entreprenører og håndverkere kan til enhver tid få de nødvendige deler av et hus på kort varsel. Kan et firma av bestemte grunner ikke makte en leveranse, vil andre firmaer automatisk kunne trekkes inn fordi målsystemet og kvalitetskravet er det samme. Hva dette har å si når et arbeidsprogram skal legges, vet alle som har arbeidet på en byggeplass.

Det annet en kan oppnå med effektiv standardisering er å forenkle det gjentagelsesarbeide som overalt gjøres hvor det er tale om planleggelse av en produksjon, framstille en vare og selge den.

Det er her om å gjøre å finne et system som forhindrer at et og samme detaljproblem må løses om og om igjen fra nytt av hver gang en møter det. Bortsett fra det spill av tid og krefter en slik urasjonell arbeidsmåte vil medføre, vil den også stadig skape nye varianter i utførelsesmåte, dimensjonering, leveringsbetingelser o.l., som ikke kan annet enn å skape usikkerhetsfølelse og fordyre framstillingen.

Det ville være en stor avlastning dersom kvalitetskrav, form og størrelse, leveringsmåte og lignende kunne bli standardisert slik alle parter visste hva de fikk for pengene.

Det tredje som kan standardiseres er alle de nødvendige materialspesifikasjoner og annet som man trenger for å få et arbeide eller en arbeidsprosess riktig utført. Det er et krevende arbeide å lage utvetydige spesifikasjoner slik at det ikke oppstår misforståelser, tvil eller tvister.

Fikk man standarder her, ville bestillerne spares for selv å sette opp slike spesifikasjoner, noe som bare de færreste bestillere og forbrukere virkelig har forutsetning for.

Med spesifikasjoner menes også tegninger, arbeidsbeskrivelser og lister over materialer som er nødvendig for nærmere å spesifisere varen.

Frykten for at standardisering skal bety uniformering er ved å dø bort. Det er ingen som mener at huset som type bør standardiseres. Det er det tusentall av mindre enheter som et hus bygges opp av som i dag standardiseres. Det blir arkitektens og planleggerens sak å kombinere disse standardiserte delene, hans muligheter blir ikke redusert. Han må bare lære seg å spille på det nye instrument han har fått mellom hendene i og med standardiseringen.

Hvor langt er så standardiseringsarbeidet i Norge kommet? La oss begynne med gruppen:

De alminnelige juridiske og tekniske standarder

Her finner vi noen av de eldste byggestandarder som Norges Standardiseringsforbund har, og felles for dem alle er vel at de nå er modne for revisjon. I og med at den vanlige håndverksmessige byggemåte har gjennomgått en så stor forandring etter krigen, samtidig med en øket industrialisering, har behovet for revisjon meldt seg med full kraft. Det merkelige er at ikke håndverkskretser har forstått faren ved å ha foreldete kvalitetskrav i en standard. En skulle ha ventet sterke krav for nettopp å få disse standarder opp til ny vurdering. Imidlertid er revisjonsarbeidet jevnt og sikkert igang.

Til denne gruppe hører N.S. 401, — Alminnelige kontraktsbestemmelser, et arbeide som har hatt enorm betydning for rettssikkerheten på byggeplassene.

Det neste hovedfelt innenfor standardiseringsarbeidet er:

De grunnleggende standarder. Den viktigste av alle disse standarder er utvilsomt N. S. 450, som heter byggmodul, modul for sammenbygningssmål for bygninger, bygningsdeler og bygningsutstyr. Standarden med dette lange og tunge navn er i virkeligheten den korteste og den enkleste av alle standarder. Den sier nemlig at byggmodulen skal være 1 dm eller 100 mm. Sjelden er det vel i Norges Standardiseringsforbund blitt lagt et større og mere imponerende arbeide i komiteer, på tegnebord og forsøksplasser for å forme en enklere setning, og på tross av sin enkelhet er denne standard like betydningsfull som alle de øvrige byggestandarder tilsammen. Den er hovednøkkelen i et utbygget system av byggstandarder hvor alt er tilpasset den valgte modul. Den er det lille trylleordet som riktig benyttet muligens kan skaffe oss rasjonelle arbeidsforhold i boligproduksjonen landet over, ja, kanskje verden over.

Det betydningsfulle er nemlig at denne byggmodulen på 1 dm nå blir vedtatt av land etter land. Til og med østenfor jernteppet går i dag modulen 1 dm sin seiersgang. I Amerika og engelsktalende land hvor de bruker tommer som basis, er 4" blitt modul. I virkeligheten er de så tilnærmet lik vår 1 dm at utvikelsen neppe har praktisk betydning. Det eneste land som har en avvikende modul, er tyskerne med sin 12,5 cm modul. Men også tyskerne arbeider sideordnet med en modul på 1 dm, så problemet er tross alt ikke så stort.

Hva er en byggmodul?

Med en byggmodul forstår vi ikke annet enn et preferansemål. Oppgaven har vært å finne den størst mulige målenhet som utgangspunkt og å få alle bygningsdeler og utstyrsgjenstander til å bli et multiplum av denne målenhet.

Valgte man den størst mulige målenhet, som vi kaller byggmodul, for stor, ville det bety en så sterk begrensning at det i mange tilfeller ikke var mulig å klare seg uten halve moduler. I så tilfelle ville vi straks oppleve en utglidning og den praktiske betydning av modulstandardiseringen ville bli lik null. Ble byggmodulen valgt for liten, fikk vi omgående så mange varianter å velge mellom at betydningen av en slik modulstandardisering ble sterkt redusert.

Ved innføringen av en byggmodul lik 1 dm, kan vi forenkla målsetningen vesentlig og rydde ganske kraf-

tig opp i de mange og unødige målvarianter når det gjelder deler og utstyr til våre hus. Målene på de omtalte produkter skal nå fortrinnsvis være et helt antall moduler i alle retninger, dvs. alle mål skal være et multiplum av hele dm. I praksis må vi ta hensyn til fuger og klaringer som nok spiller inn på de reelle mål, men dette er bare nødvendige korrigeringer som intet har med selve systemet å gjøre.

I et byggverk er det av avgjørende betydning at alle hovedmål bør være et helt antall moduler. Som særlig viktige mål regner en mål på badrom, kjøkken, trapper, heisesjakter, etasjehøyder, vindus- og dørmål m.m. Her kan det bli tale om innredning 'og maskinelle anlegg som er eller vil bli industrivarer. En byggmodul på 1 dm har man erfaringer for ikke binder planleggeren slik at man tvinges opp i unødige store værelsesmål, for store høyder, for store sprang i vindus- og dørmål osv.

Etter at Norsk Standard 450 — Byggmodul, var vedtatt i 1951 fikk vi en rekke nye grunnleggende standarder som fastsetter klaringer og toleranser i bygningsindustrien, regler for moduldimensjonering av bygningsdeler og plater o.l. Vi har også fått fastsatt standardiserte etasjehøyder, dører og vindusmål, person-, vare- og sykeheiser med maskinrom og sjakter. Vi har likeledes fått standardregler for måling av bygningsareal og volum.

De praktiske standarder

Når det gjelder de enkelte bygningsmaterialer og deler er vi bare såvidt kommet igang med standardiseringsarbeidet. I disse rent praktiske standarder som er av den største betydning for vår industri, blir kravene til form og størrelse, kvalitet og prøving nøye fastsatt. Jeg kan i denne gruppe nevne teglstein, takrenner og nedløpsrør, armeringsstål, hengsler og tetningssskinner for vinduer, alminnelige bygningsbeslag, støpte røkrør for ovner, dørlåser osv.

Der er også en gruppe standarder som befatter seg med beregning og utførelse av bygningskonstruksjoner. Til denne gruppe hører beregningsmåter for konstruksjoner i stål, for arbeider i armert og uarmert betong, for trekonstruksjoner med sorteringsregler for konstruksjonsvirke, for sveisete konstruksjoner osv.

Tilslutt har vi de spesielle hovedgrupper av standardiserte produkter. Jeg vil her særlig omtale standardiseringen av vinduer, vindusdører og innvendige dører.

Det arbeide som her har vært nedlagt, har vært av den største betydning. De ulike klimatiske forhold i vårt land med slagregn, vind, frost og langvarig kulde, lokale krav til vinduer og dører, og den ulike håndverksmessige praksis har gjort dette arbeide til det vanskeligste standardiseringsarbeide som er tatt opp. Det er i vårt land kolossale beløp som hvert år investeres i dører og vinduer. Det er derfor så viktig at vi får noe igjen for pengene. Det har særlig i Sverige vært gjort en rekke forsøk på dette felt, og vår norske vindu- og dørstandard er et produkt av erfaringer fra alle skandinaviske land og en samvittighetsfull vurdering av forholdene i Norge.

Jeg vil her knytte til at det er et særlig intimt og godt standardiseringssamarbeide mellom Sverige og Norge. Vår store fordel er at vi direkte høster erfaring og nytte av de store investeringene som hvert

år kommer standardiseringsarbeidet i Sverige til gode. I Sverige har Byggstandardiseringskontoret en vel utbygget stab dyktige folk i faste stillinger. Uten den gode kontakt hadde vi neppe kunnet vist den store aktivitet som tross alt preger byggstandardiseringsarbeidet i Norge.

Av andre spesialstandarder vi i de senere år har fått er trappestandardene. Straks etasjehøyden (overkant gulv til overkant gulv i etasjen over) ble standardisert og trapperomsmålene fastlagt i 1952, ble det forberedt en livlig industri på området. Nettopp når det gjelder standardiserte, ferdiglagete betongtrapper ser det ut for at vi kan få et skoleeksempel på standardiseringsarbeidets store betydning.

Fordelene ved en fabrikkleveranse er så store at til tross for dagens relativt høye pris pr trappeløp, blir disse trappene nyttig på den ene byggeplass etter den annen. Prefabrikasjonens fordeler er her så innlysende: intet vannsøl under terrassoslipingen, innkorting av byggetiden, trappene leveres så sent at det er minimal fare for skade på trinn og belegg, større sikkerhet for kvaliteten o. l.

Standardiseringsforbundets fremtidige oppgaver

De vedtatte standarder må stadig holdes ved like. En umoderne og ikke tidsmessig standard vil svekke tilliten til hele standardiseringsarbeidet. Som tidligere nevnt er det meningen å ta opp til revisjon de tekniske bestemmelser om utførelse av byggearbeidene. Norsk Standard 401 — Kontraktbestemmelser, er allerede under revisjon og i løpet av et år mener man å ha det reviderte forslag ferdig. Av nye standarder i denne gruppen hører arbeide for å standardisere våre anbudsbetingelser. Dette er et meget viktig felt. På de forskjellige steder i vårt land har det vært en ulik praksis som har avstedkommet mange kjedeligheter. Men det er upløyet mark og arbeidet vil nok ta sin tid.

Når det gjelder hovedgruppen: De grunnleggende standarder, så arbeides det her for nye regler for utførelse av bygningstegninger. Det er av meget stor betydning å få fastsatt på hvilken måte tegninger bør målsettes, hvordan de forskjellige materialer skraveres o. l. Det er også meget viktig å få et fast system når det gjelder å angi korreksjoner, datering av tegninger m.m.. Dessverre har dette arbeide delvis blitt liggende fordi man ved kontoret ikke har kunnet avse noen mann til det.

Når det gjelder bygningsmaterialer og bygningsdeler har det vært arbeidet intenst med en standardisering av alle bygningsplater, så som trefiberplater, gipsplater o. l. Her er det om å gjøre å komme til en bestemt størrelsestandardisering, fastleggelse av de tekniske kvaliteter o. l. Dette arbeide vil særlig for småhusbyggingen ha stor betydning og lette den videre standardisering når det gjelder hus i tre. Det har likeledes vært forutsetningen og meningen å få et nytt sorteringsreglement for skur og trelast. Ved utarbeidelse av et langtidsprogram for byggstandardiseringen i Norge ble det fra forskjellige hold krevet at man tok opp arbeidet for å få de offentlige sorteringsbestemmelsene for skurlast revidert, slik at både hovl- og skurlast kunne få sorteringsregler som bedre enn

de nåværende ville tilfredstille kravet til forbrukerne, særlig byggevirksomheten. Slik det er i dag er det stort og unødig spill av materialer på byggeplassen. Vi har nå fått vårt forslag til Norsk Standard for sorteringsregler for konstruksjonsvirke, men vi trenger til fulle også sorteringsregler for alminnelig bygningslast. Imidlertid er Norges Standardiseringsforbund blitt kjent med at Landbruksdepartementet ved Skogdirektøren har besluttet å ta opp de någjeldende sorteringsreglene til revisjon. For dette arbeide har departementet nedsatt en egen komite. Det har etter meget stort arbeide lyktes Norges Standardiseringsforbund å få en mann med i denne komiteen. Likeledes er Bolig-, direktoratet og Byggforskningsinstituttet representert med hver sin mann. Fremdeles er bygningsinteressene altfor svakt representert, idet håndverkere og entreprenørene som er de store forbrukere av trelasten, ikke er med. Man kan ikke annet enn beklage at et departement så ensidig kun ivaretar produsentenes interesse.

I samarbeide med Norges Byggforskningsinstitutt tok Norges Standardiseringsforbund i 1953 opp arbeidet for standardisering av bygningspapp. Vi vil her få standardisert pappbredder og pappkvaliteter. Likeledes er det meningen å standardisere brannører, betongvarer, kumringer osv. Når disse standarder vil foreligge er ennå uvisst.

Arbeidet med standardisering av vinduer, dører og listverk i tre fortsetter. Arbeidet omfatter også revisjon av tidligere norske standarder vedrørende dører og vinduer. Det vil også bli tatt opp arbeide med utvendige dører og utvendig belistning av disse. I de aller nærmeste dager vil det bli lagt fram en standard for dørvidere. Det er ikke selve formen på dørviderne som blir standardisert, men anslutningen til låsene.

Et av de store standardiseringsarbeider som er i full gang er standardisering av kjøkkeninnredninger. Komiteen som arbeider med denne oppgave har bestemt seg for utelukkende å befatte seg med kjøkkener for vanlige husholdninger i by og land. Den har funnet det riktig å ta spørsmålet opp i sin fulle bredde fra grunnen av. Det første man har befattet seg med er å få en behovsoversikt. Det er derfor utarbeidet en oppgave over de arter av husarbeider som det skal tas hensyn til for de forskjellige typer av kjøkken. Det er likeledes utarbeidet lister over art og antall av gjenstander av forskjellige typer som brukes og som oppbevares på kjøkkener, for de forskjellige størrelser av husholdninger. Dette er nødvendig for å vite hvor meget der må skaffes plass til. Erfaringene fra Sverige fra den svenske standardisering er en hjelp for dette arbeide. Komiteen har satt som mål å finne fram til størrelser og utforming av de forskjellige enheter et kjøkken bygges opp av, finne fram til standardiserte kjøkkenplaner og standardisert utførelsesmåte på de forskjellige deler av et kjøkken.

I en forsamling av fagfolk i bransjen skulle det være nødvendig å påpeke behovet for en utbygget standardisering. Ikke bare mannen på tegnekontoret, men også mannen på byggeplassen eller produsenten trenger den støtte som effektiv standardisering gir. Målet ved en standardisering er å forenkle byggeoppgavene, sikre en fullverdig form og kvalitet, gi mulighet for en større industrialisering av våre byggeplasser og korte inn byggetiden. Vår levestandard kan ikke heves når

det gjelder boliger med mindre vi klarer å holde byggeomkostningene nede. Det er mange som mener at dette kun er mulig ved en kvalitetssenkning. Vi som arbeider for byggestandardisering tror dette er et dårlig alternativ. Vi mener at kun en rasjonell tilrettelegging av produksjonens muligheter gir det riktige resultat.

Spørsmålet er hvorledes industrien ser på vårt standardiseringsarbeide. Jevnt over tror jeg man trygt kan si at industrien ser sin store fordel i en gjennomført standardisering. Derfor har også byggstandardiseringsarbeidet fått stor støtte av industrien. Det merkelige er dog at enkelte bedrifter, ja, til og med enkelte bedriftsgrupper ikke har innsett hvilken fordel det er straks å legge sin produksjon opp til vedtatt standard. Jeg tenker da spesielt på framstilling av standarddører. Det merkelige er at de største produsenter av dører her i landet fremdeles holder på sin spesielle standardisering og tror at de har økonomiske fordeler av å holde på den. Disse fabrikker har dører som bare uvesentlig avviker i mål fra Norsk Standard, men avvikelserne er dog så store at hvis døråpningene er utført i samsvar med Norsk Standard for byggmodul — nemlig at alle åpninger i murverk, betongverk og ellers skal være et helt antall moduler — så kan ikke disse dører brukes.

En kan lett tenke seg den begrensning det må ha på salget at råbyggets mål på dørene må omarbeides og korrigeres hos arkitekt og konsulenter, alt etter hvilken dørfabrikk som etter innhentet tilbud får leveransen.

Hadde fabrikkens dører vært i samsvar med Norsk Standard, ville man meget lettvis kunne utnytte fordelene ved å ha et lager. En ville da kunne sikre seg store leveranser bare fordi en var rask i levering.

Enkelte bedrifter ser også litt kortsiktig på Norsk Standards bestemmelser dersom de ikke har øyeblikkelige fordeler av å gå over til vedtatt standard. Først når hele standardiseringsapparatet er fullt utbygget vil de store fordeler vise seg. Men det hele vil naturligvis ta sin tid, og skal vi alle vente til de store fordeler viser seg, kan vi meget lett bli akterutseilt.

Det er også et spørsmål hvordan vi som planlegger et hus ser på standardiseringsarbeide. Viser arkitekter og ingeniører liten forståelse for denne form for rasjonalisering, vil det selvsagt kunne bremse utviklingen. Stanse den kan de ikke — dertil er de økonomiske fordeler allerede for store. Lærer ikke planleggere å utnytte de prisbesparende faktorer som ligger i standardisering og rasjonalisering, så overtar byggeplassens entreprenører og byggmestre selv planleggingen. Jeg kan ikke se annet enn at dette vil være en uheldig utvikling. Andre og positive verdier vil lett gå tapt. Det er i dag plass og behov for alle fagfolk i bransjen. Men det nytter ikke å benekte en sektor i arbeidet fordi en ikke vil ta bryet med å sette seg inn i saken.

Det er kanskje vår tids største påkjenning alltid å skulle være på høyden med utviklingen. Det er et press og et ork til enhver tid å skulle følge med. Men klarer en ikke denne påkjenning er prisen ubønnhørlig at en faller av lasset.

Vi må hver for oss være med på å støtte standardiseringsarbeidet og hjelpe det fram ved å bruke Norsk Standard og henvise til standardbestemmelser og å nytte standardmål i prosjekteringsarbeidet. Det tar sikkert noe tid å sette seg inn i å utnytte det materiell som er for hånden. Den kan kanskje til og med synes å komplisere arbeidet enkelte ganger. Kanskje er de fordeler som oppnåes i øyeblikket så små at man ikke synes det er verd strevet. Men ser man hele byggevirksomheten under ett fortøner bildet seg annerledes. Vær heller ikke redd for å komme med merknader og kritikk når et standardiseringsforslag offentlig legges fram. Tro ikke bestandig at dette har klokere og skarpere hjerner enn din overveiet for deg. Det er mange detaljer å ta vare på og det er lett å overse noe.

Det har til alt hell vært relativt lett å få fagfolk og spesialister interessert i standardiseringsarbeide. Derfor har neppe rekrutteringen til spesialkomiteene vært noe problem for Norges Standardiseringsforbund. Det som er det store problemet er imidlertid å få penger til den praktiske side av saken. Bevilgningene til byggstandardiseringsarbeidene har alltid vært for små. Mitt håp er at også dette skal kunne rettes på.

En småhusbyggers fremtidsperspektiver

Professor Hans Granum

DKK 69.001.5

Husbygging består av ingredienser fra så mange forskjellige fagområder, at det helt sikkert ikke finnes noe enkelt menneske i våre dager som behersker dem alle. En skulle jo helst være arkitekt, nasjonaløkonom, finansekspert, varmeingeniør, elektroingeniør, kjemiker, fysiker og mye mere til utover det en bygningsingeniør er, og selv da ville det være risikabelt å gi seg inn på spådommer om fremtiden. Jeg snakker bare på enkelte felter ut fra skikkelige faglige forutsetninger, — og må derfor advare mot at det jeg sier blir tatt for høytidelig. Men jeg skal forsøke å trekke fram visse alminnelige linjer i utviklingen, og nevne enkelte idéer og eksperimenter som gir næring til fantasien. Jeg vil holde meg til det rent *tekniske*. Dette betyr ikke at jeg neglisjerer de finansielle, sosiale eller estetiske sider av byggevirksomheten, men disse faktorer faller ikke innenfor rammen av det som behandles i dette kurset.

Vi vet alle at et bolighus er en ganske jordbunden affære som i hovedprinsippet har vært det samme så langt tilbake som historien rekker. I alle tider har det hatt den hovedfunksjon å gi folk beskyttelse mot vær og vind og å skjermes om privatlivets fred. Et hus er ingen radikal nyskaping av vår tid slik som bilen eller flyet eller radioapparatet. Det har også en langt mer allsidig funksjon enn de fleste andre bruksgjensstander. Det er vårt faste punkt i livet fra fødsel til død, ofte inklusive begge. Det er stedet hvor vi spiser og sover, arbeider og driver dank, vasker oss og går på do. Om et nytt vaskepulver blir oppfunnet, eller en støvsuger avløser en kost og en klesbanker, eller endog om fjernsynsmottageren rykker inn i stua, så vasker vi hender og sover og drikker kaffe akkurat som før. Bare noen får av alle de utallige funksjoner huset har blir berørt og påtaller endringer.

Men allikevel, — de små endringer i livsformene summerer seg opp etter hvert. Ser vi etter og sammenligner vårt levesett med vikingenes eller bare med våre besteforeldres, er det klart et en nok så betydelig del av forutsetningene for det å bo har forandret seg. Og det betydningsfulle er at forandringene i 30 generasjoner, fra vikingetiden til våre besteforeldres dager, synes langt mindre enn forandringen i de to, tre siste generasjoner.

Femti års utvikling

La oss se litt mere konkret på hva forskjellen egentlig er på hus fra 50 år tilbake og et hus av i dag.

1. Når det gjelder husets forhold til terrenget eller byplanen er det kanskje ikke så store endringer. Vi er minst like avhengig av veier og ferdselsårer som før. Og vi er blitt mer og mer avhengig av vannledninger, kloakkledninger, elektriske ledninger, telefon — alt som heter teknisk service. Dette fører bl.a. til at tomtene

utenom den egentlige bykjerne har en tendens til å bli mindre enn før. Det har også konsekvenser for utformingen av husene. For eksempel får vi flere rekkehus og flermannsboliger istedenfor eneboliger, og en må bruke andre midler for å oppnå mest mulig usjenert privatliv enn bare rommelig avstand mellom husene.

2. Når det gjelder selve byggemåten av husets hovedstamme, altså vegger, bjelkelag og tak, er det viktigste nye trekk den kraftige bedring av varmeisolasjonen som har funnet sted. Samtidig som vi har fått øynene mer opp for varmeisolasjonens store økonomiske betydning, har vi fått nye, gode og billige materialer til å tilfredsstille isolasjonsbehovene med. Det gamle, snevre materialeregister av trelast, mursten, kalk og cement er blitt voldsomt utvidet. Vi har fått et utall av nye materialer både til kledning og isolasjon og til overflatebehandling. En liste over nye byggematerialer i de siste 50 år blir veldig lang, jeg er sikker på at denne tilleggslisten alene ville omfatte langt flere poster enn en liste over samtlige kjente byggematerialer omkring år 1900. Utviklingen her har vært særlig rask i de aller siste årene. Vi står i aller høyeste grad midt i en utvikling som ikke viser noen tendens til å stagnere — snarere tvert imot.

3. Det kanskje viktigste nye tekniske element i huset er elektrisiteten og alt som den har ført med seg. Vi har praktisk talt overalt fått elektrisk lys, elektrisk koking, radio og strykejern og delvis oppvarming. Og vi holder for full fart på å få støvsugere, vaskemaskiner, mixmastere og kjøleskap. Og enda har en følelsen av at vi bare står i begynnelsen av en stor utvikling, hvor f. eks. fjernsyn, avfallskvern på kjøkkenet, trådløs forbindelse mellom hjem og arbeidsplass, høyfrekvensstekning osv. ikke er særlig fjerne fremtidsmuligheter. Disse ting griper selvsagt på mange måter inn i utformingen av husene. Eksempelvis holder jo vaskekjelleren på å forsvinne på grunn av vaske-maskinen, matboder i kjelleren avtar i betydning på grunn av kjøleskapet, det kan bli ønskelig å skaffe et eget rom eller i hvert fall en egen krok til fjernsyn osv.

4. Et annet område hvor det har vært en svær utvikling er når det gjelder sanitæranleggene. For 50 år siden var det utedo, vaskebaljer på kjøkkenbenken, vannvarming på vedkomfyren, trestamp til å bade ungene i, vaskevannstol på soverommet og brønn ute på gården.

Nå betrakter vi bad og vannklosett, varmvannsbeeder og oppvaskkummer som en selvfølge i nesten alle hus. Utviklingen på dette område er kanskje ikke så mangfoldig og ubegrenset som når det gjelder elektrisk utstyr — og behovene er kanskje ikke så elastiske, — men allikevel er det meget mulig at vi på dette område, på lang sikt, må vente oss ytterligere en svær utvikling.

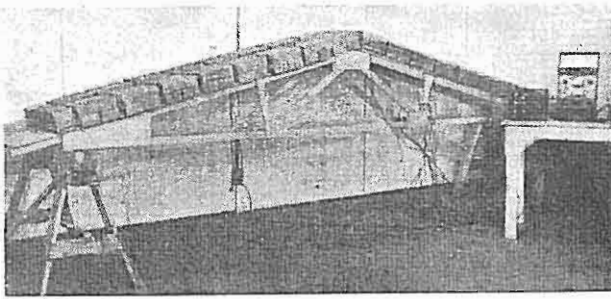


Fig. 1: Proving av modell av spikerlimt takkonstruksjon. Knullerplaten er av kryssfiner.

5. Også på oppvarmingens område er det skjedd en betydelig utvikling, med bedre ovnstyper og særlig mot bruk av elektrisk oppvarming. Selv om vi er ledende i verden på området elektrisk oppvarming, ligger vi adskillig etter på andre måter. Muligens har vi satset for sterkt på elektrisk oppvarming slik at vi har forsømt å utvikle andre oppvarmingssystemer. Derfor er vi falt tilbake på ovnsfyringen, prinsipielt på samme måte som for 50 år siden, når elektrisitetsforsyningen ikke klarer å tilfredsstille behovene.

Før vi går over til å se på mer konkrete fremtidsmuligheter, må jeg nevne en faktor som er avgjørende for hele utviklingen. Det er levestandarden. Realinntekten har en avgjørende innflytelse på byggemåten. Er folket fattig, vil husene bli laget av naturens egne primitive materialer og med sparsomt utstyr. Er levestandarden og den industrielle standard høy, så vil dette uvegerlig sette sitt sterke preg på boligvaner og boligens utforming. I atombombens tidsalder er det vanskeligere enn noen gang å forutsi noe om utviklingen i levestandarden. Men om vi ser bort fra katastrofemulighetene er det ingen grunn til å miste troen på at velstandsutviklingen vil fortsette, og det helst med økende fart. Hvilke konsekvenser vil så dette få for boligvanene? Vi må vel regne med at vi vil benytte oss av de sjanser til komfort som foreligger og utforme våre hus etter det. Sansen for å bo godt øker jo etter hvert som levestandarden stiger og få behov er mer elastiske enn boligbehovet.

Materialer

Når vi skal begynne å fantasere om fremtiden er det naturlig å starte på materialsiden, da materialene er det primære ved all byggekunst. Den raske utvikling på materialområdet som vi står midt oppe i, er særlig betinget av utviklingen i grunnvitenskapene fysikk og kjemi. En dypere kunnskap om materiens oppbygning kan gi oss en klarere forståelse av hva det egentlig er som gir byggematerialene deres styrke, om årsakene til deres krymping og svelling osv., og dermed gi oss økt sjanse til å påvirke materialet ved fremstillingen så det får de egenskaper vi ønsker. En må ha rett til å vente en stor utvikling i retning av syntetiske materialer.

En typisk representant for slike materialer er plaststoffene. Disse stoffene fremstilles allerede i et utall av varianter, og egenskapene kan ofte varieres etter ønske. De har allerede fått stor betydning i bygningsindustrien, f. eks. i form av gulvbelegg, plater og duk

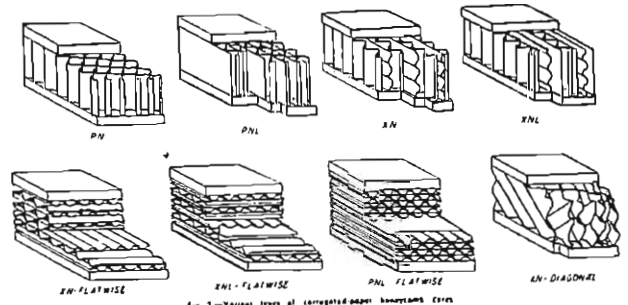


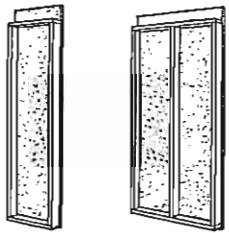
Fig. 2: Materiale av kunstharpiksimpregneret bolgepapir beregnet til «innmat» for yt bærende konstruksjoner. Impregneringen gjør at materialet blir svært motstandsdyktig mot fuktighet.

til belegg på vegger, bord og benker, isolasjon (elektr., varme, fuktighet), til rørledninger, til maling, lakk, limstoffer og meget mer. Det kan neppe være tvil om at vi her bare står ved begynnelsen av en vidtrekkelige utvikling, og at prisene på slike produkter som i dag enda er ganske høye i hvert fall hos oss, vil bli langt lavere etter hvert som deres anvendelse øker. Det er i gang forskningsarbeide for å finne nye anvendelsesområder for plastprodukter i bygningsindustrien, f. eks. til veggelementer, bjelkelagselementer, badekar osv., og anvendelsesområdene utvides stadig.

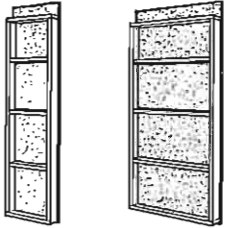
Mens vi er inne på plastprodukter kan det være verdt å nevne litt om lim og limteknikk. Personlig er jeg ikke i tvil om at liming vil bli brukt i langt større utstrekning enn i dag i bygningsindustrien. Liming er overlegent det beste sammenføyningsmiddel vi har for alle slags materialer av organisk opprinnelse slik som f. eks. tre og trefiberplater. Prinsipielt ligger jo liming best til rette for fabrikkmessig fremstilte byggematerialer, men — f. eks. i form av spikerliming, fig. 1, gir den også store muligheter for anvendelse på byggeplassen. Liming passer også meget godt til bruk ved selv bærende (stressed skin) konstruksjoner. Slike konstruksjoner har ikke hittil slått igjennom, men jeg tror ikke jeg tar feil når jeg spår at de engang vil få stor betydning i byggeteknikken.

Et problem har særlig vært å finne et lett og billig materiale som har tilstrekkelig skjærfasthet, dimensjonsstabilitet og motstandsevne mot fuktighet, til å være velegnet som fyllingsmateriale mellom de sterke yttersjiktene. Det materiale som hittil synes å være mest lovende, er kunstharpiksimpregneret papir i bikubform, fig. 2. Når vi får fram et materiale som egner seg til fyllmateriale, vil det være rimelig å tenke seg at det kan bli vanlig å lage vegger, bjelkelag og tak av standardiserte elementer som i høy grad vil minske arbeidet på byggeplassen. Jeg tror det ville være riktig av oss å sette inn forskningsarbeidet på en systematisk utvikling av slike materialer.

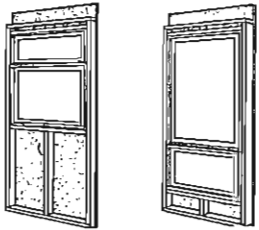
Blant andre materialer som rimeligvis kan komme til å spille en større rolle i husbyggingen enn det gjør i dag er aluminium. Det brukes jo allerede på visse områder, f. eks. i form av folier til isolasjonsformål, og som korrugerte og plane plater til kledning og tekking. Vårt land har jo etter hvert fått en veldig aluminiumproduksjon, og skulle det hende at rustningstempoet ble mindre, er det vel ikke utenkelig at interessen for å bruke aluminium i husbyggingen kunne bli større. Aluminium er meget bestandig mot vær og vind, og egner seg godt som kledningsmateriale.



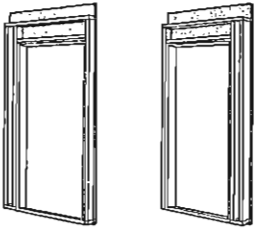
2' x 8' . 4' x 8'
Vertikale paneler



Horisontale paneler



Vinduspaneler



Dørpaneler

Fig. 3: Serie av standard-elementer fra Lu-Re-Co-systemet utviklet ved University of Illinois. Rammeverket med innsatte vinduer og påsatt ytterpanel gjøres ferdig for monteringen. Isolasjon og innvendig kledning settes på etter monteringen.

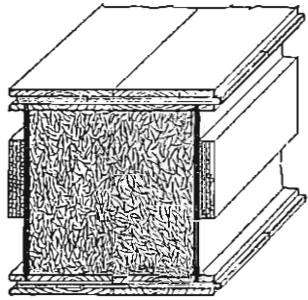


Fig. 5: AB Bostadsforsknings elementhus. Standard-elementene er 20 cm brede for yttervegger, bjelkelag og tak og består av krysslint tre på utsiden og innsiden forbundet med harde trefiberplater ved liming. Isolasjonen er hardpakket kutterflis.

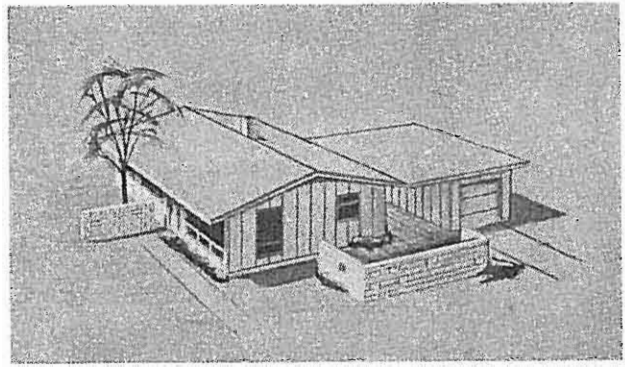
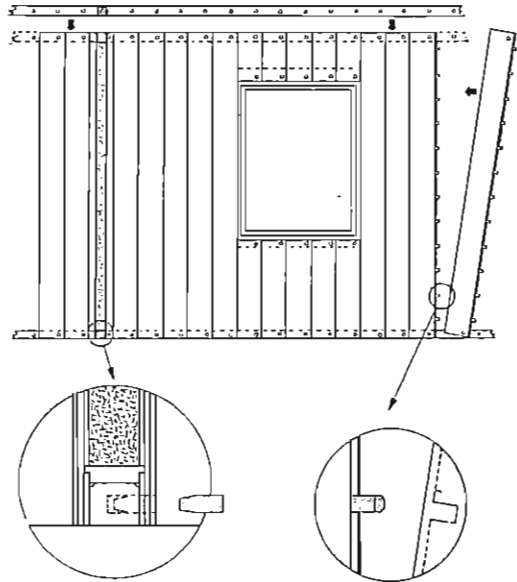


Fig. 4: Småhus bygd av standardelementer. I dette tilfelle er ytterkledningen asbestsementplater med lister over skjøtene. Systemet er for øvrig ikke bundet til noe bestemt utvendig kledningsmateriale.

råde vil sikkert legge forholdene stadig bedre tilrette for prefabrikering.

En annen vanskelighet er transportspørsmålet. Med bruken av kraner og stadig mer utviklede transportmaskiner av enhver art legges forholdene etter hvert også bedre tilrette på dette område. Det er derfor grunn til å anta at utviklingen fortsatt, kanskje i økende tempo vil gå i retning av prefabrikerte bygningdeler, selv om monteringsferdige hus som vi vet, hittil ikke har hatt noen suksess hos oss.

Fig. 3. viser en serie standardelementer fra et amerikansk byggesystem utviklet ved *Small Homes Council* ved *University of Illinois*. Fig. 4. viser et hus bygget av slike elementer. Dette system bygger på en gjennomført 4' evtl. 2' modul, og det er forutsetningen at elementene skal lages nær byggeplassen, f. eks. hos trelasthandleren som leverer trelast til huset. Utstyret som brukes til «fabrikasjonen» er derfor svært enkelt, bare en mal av profilstål og en elektrisk sag. Elementet gjøres bare delvis ferdig før monteringen. Isolasjon og innvendig kledning settes på fra innsiden på vanlig håndverksmessig måte. Med de forhold som er mellom arbeidslønninger og materialpriser i Amerika ser det ut til at byggesystemer av denne art kan gi økonomiske fordeler.

Fig. 5. viser et svensk byggesystem for monteringsferdige hus utviklet av *A/B Bostadsforskning*. Dette

Konstruksjoner

Når det gjelder konstruksjoner er det en tydelig utvikling som går i retning av å gjøre materialene mer og mer monteringsferdige. Vi har sett denne utvikling for dører og vinduer, kjøkken- og skapinnredninger som tidligere helst ble laget på byggeplassen. Og for stålkonstruksjoner er det jo nesten en selvfølge at de forarbeides på verkstedet og bare monteres på byggeplassen. Men når det gjelder elementer for vegger, tak, bjelkelag, rør- og sanitæranlegg osv., har det hittil vist seg vanskelig å gjennomføre en vidt dreven prefabrikering på økonomisk fordelaktig måte. En av vanskelighetene henger sammen med at prefabrikering krever standardisering og konsekvent bruk av et modulsystem. Det målbevisste arbeide som drives mange steder i verden på modulstandardiserings om-

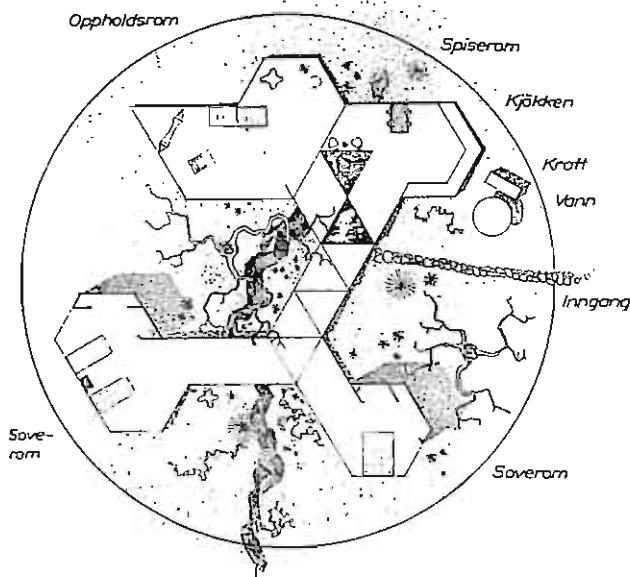


Fig. 6: Utkast til hus bygd under en kuppel trukket med plast. Forslaget er inspirert av Buckminster Fuller.

systemet representerer en helt annen linje — nemlig å drive prefabrikasjonen lengst mulig, slik at arbeidet på byggeplassen blir redusert til et minimum — samtidig som standardiseringen av elementene er drevet meget langt og er lagt til rette for virkelig mekanisert produksjon. Systemer av denne art ser også ut til å ha mye for seg. Da monteringsferdige hus vil bli behandlet i andre deler av kurset, skal jeg imidlertid ikke gå ytterligere inn på prefabrikasjonsproblemet.

I stedet vil jeg nevne et utpreget eksperimenthus, fig. 6, som ligger, om en skal si på et annet plan. Huset er inspirert av amerikaneren *Buckminster Fuller*, som har strødd om seg med mer eller mindre fantastiske idéer når det gjelder husbygging.

Det er vel neppe sannsynlig at våre hus kommer til å se slik ut i fremtiden, men vi må innromme at det inneholder endel fristende elementer. Tenk om vi kunne sitte under vårt fikentre ved svømmebassenget og slikke februarisol mens vi ser på snøen utenfor kuppelen. Selve bæresystemet er meget økonomisk, men idéen strander foreløpig på et skikket materiale til tekkning. Ellers har det jo stort sett falt naturlig å bruke plane flater i husene bortsett fra de rent primitive former, som negrenes kråler, eskimoenes snøhytter (igloos) osv. Kuppelformen, som har sine ubestridte fordeler statisk sett, har forøvrig vært lansert også i betong, hvor betongen sprøytes på en oppblåst ballong. Jeg tror imidlertid ikke former som dette har noen aktualitet for småhus i den nærmeste fremtid.

La oss i stedet et øyeblikk komme inn på vindusproblemet. Vi vet jo alle hvordan isolasjonsteknikken har utviklet seg med stormskritt, og at det i dag hos oss er økonomisk riktig å isolere så godt at K-verdien for vegger og bjelkelag blir av størrelsesorden 0,3. Vinduene står da tilbake som underutviklede områder hvor en uforholdsmessig stor del av den kostbare varmen slippes ut. Spørsmålet bearbejdes på mange hold, og vi vet hvordan tre-dobbelte vinduer nå holder på å få innpass, og hvordan det har vært forsøkt med faste vinduer, og hvordan termo-glass er kommet inn i bildet. Det er ganske opplagt at vi har stått foran en stor utvikling.

En mulighet som synes å være nærliggende er å utvikle det faste vinduet. Fig. 7. viser et forslag til utførelse av et fast vindu med fire glass. Vi vet at en av vanskelighetene med faste glass skyldes at luften mellom glassene utvider seg og trekker seg sammen på grunn av temperatursvingningene. De totale temperatursvingninger kan vel dreie seg om 50-60 grader, og volum- eller trykkendringene vil da bli nærmere 20 %. Dette gir en ganske kraftig pumpevirkning som vil suge inn både fuktig luft og støv hvis det ikke er absolutt tett i glassfalsene. Det er for å unngå dette at termopaneleglassene er gjort hermetisk tette i falsene. Erfaringene viser at vanlige kittfalsler ikke holder tett. Hvis luften i stedet for å presses ut og inn gjennom falsene, ved temperaturskiftninger, får adgang til å unngå til et eget reservoar som står i helt åpen forbindelse med luftrommet mellom glassene, og suges tilbake fra samme reservoar ved avkjøling, er det mulig at det går an å avbøte ulempene ved pumpevirkningen. Som reservoar kan tenkes brukt en plastpose, og mellom vinduet og denne kan det kobles inn en utskiftbar kapsel med klorcalcium som kan ta opp evt. fuktighet som tross alt diffunderer inn ved falsene. Vinduer etter denne idé vil bli prøvet i et hus i Trondheim som bygges nå i høst.

På lengre sikt er det også tenkelig at vinduenes isolasjonsegenskaper kan bedres ved å fylle mellomrommene med spesielle høyisolerende gasser, og ved å endre glassets absorpsjonsegenskaper for lys- og varmestraler.

Vi vil nå hoppe til en liten detalj i trehuset — nemlig badegulvet. Den måten badegulvene utføres på i dag er som bekjent nok så omstendelig og kostbar. Det virker ikke naturlig å støpe betong oppå et trebjelkelag, og et grått pusset badegulv er hverken pent eller beha-

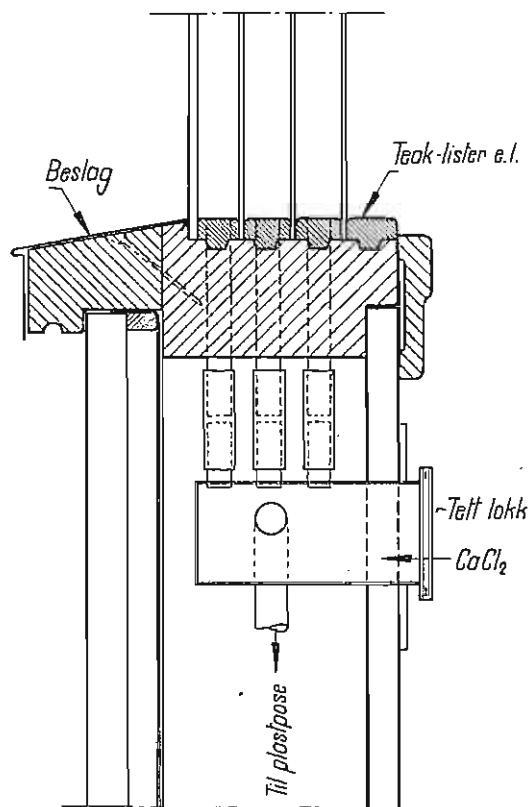


Fig. 7: Forslag til prinsipplosning for fast vindu med 4 glass.

gelig å gå på. Det gjør ikke saken bedre at det mange steder dessuten også er forbudt å varmeisolere gulvet. Det må gå an å gjøre badegulvet både enklere og billigere. Kanskje kan vi sløyfe gulvsluket, lage badekaret med overløp, bruke plastforheng når vi dusjer, og så nøye oss med å dekke tregulvet med papp, og plast gulvbelegg eller asfaltfliser. Det gir samtidig også et pent og behagelig gulv.

De gamle bryggerhusene i kjelleren vil vel snart forsvinne til fordel for vaskemaskinen plasert oppe i huset, f. eks. i et eget lite vaskerom i forbindelse med kjøkken eller bad. Dette skaper lignende behov for tette gulv også i disse rom, og gjør det dermed enda mer aktuelt å ta opp arbeidet for å forenkle og gjøre badegulvene billigere.

Sanitæranlegg

Sanitæranleggene utgjør gjerne ca. 10 % av prisen på et hus, og får stadig større betydning etter hvert. Mange steder i Norge er det fjellgrunn, og det blir dyrt å sprengre grøfter. La oss derfor først nevne muligheten for å isolere rørledninger i fjellgrunn så en kan slippe med meget grunne grøfter. Det synes mulig å løse denne saken på en fordelaktig måte, og Norges byggforskningsinstitutt arbeider med problemet.

En annen mulighet er å klare seg uten vann- og kloakkledninger. Vi vet jo at det normalt faller 0,5 til 2 m³ vann på hver kvadratmeter takflate om året, avhengig av hvor i landet huset ligger. Jeg har selv bodd 5 år i et hus ved Hamar hvor vi har klart oss praktisk talt utelukkende med takvannet i 5 år. Huset

er et en-etasjes hus med ca. 150 m² takflate til en familie på 5 medlemmer. Vi har kjørt vann for under 150 kr om året, og har brukt bad og vannklosett osv. uten nevneverdige hemninger. Vannet er såvidt vi kan forstå av god kvalitet, bortsett fra om våren i snøsmeltingen da det blir litt flaut på smaken. Der hvor grunnen er slakket går det som bekjent an å lede kloakkvannet fra septiktanken ut i grunnen. Men hygienisk helt tilfredsstillende blir dette sjelden. En annen mulighet er å rense kloakkvannet i huset ved hjelp av aerobisk gjæring. Et slikt anlegg er vist i fig. 8. Hittil er heller ikke slike anlegg blitt helt tilfredsstillende.

Selvsagt kan det også tenkes mange andre måter å destruere ekskrementer og avfall på. Det har f. eks. vært foreslått å bygge en helt tett sjakt midt i huset, hvor alt avfall kunne kastes, like til blikkbokser, samtidig med at avløp fra wc osv. ble opptatt der. I den lukkede sjakten ville det stadig bli gjæring og nedbryting av forbindelsene under varmeutvikling som kunne komme huset tilgode. Sjakten måtte luftes over taket, og ha en tett luke i bunnen hvor askestoffene kunne fjernes en gang i blant. Hvorvidt slike ting noengang kan få praktisk betydning er selvsagt uvisst, men visse muligheter innebærer det i alle fall. Kunne vi frigjøre oss fra behovet for vann- og kloakkledninger ville det bety meget både for byggeomkostningene og for muligheten av å utnytte terrenget fritt.

I forbindelse med denne ideen vil jeg også nevne en annen idé som er unnfanget av Buckminster Fuller. Da han reiste på sjøen i sine unge dager la han merke til at den tette, fine havtåken som av og til kunne drive mot skipet hadde en egen evne til å rense huden. Han

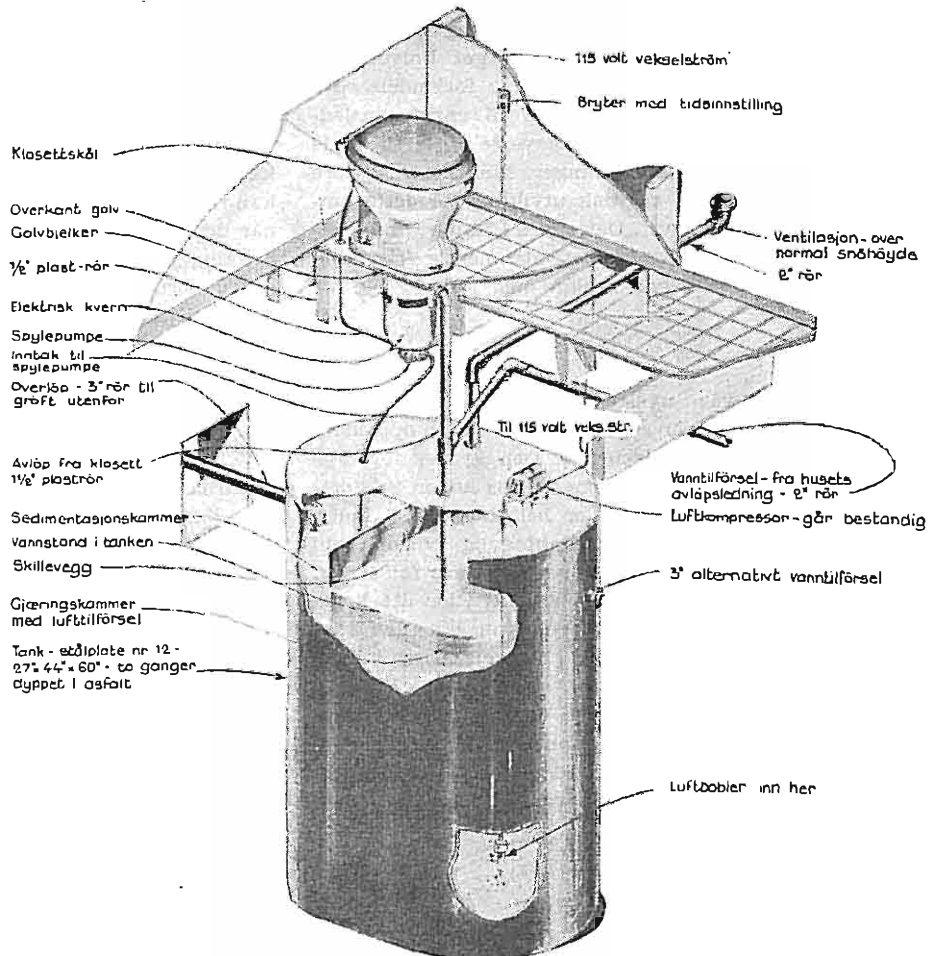


Fig. 8: Prinsippskjema for rensing av kloakkvann fra klosett.

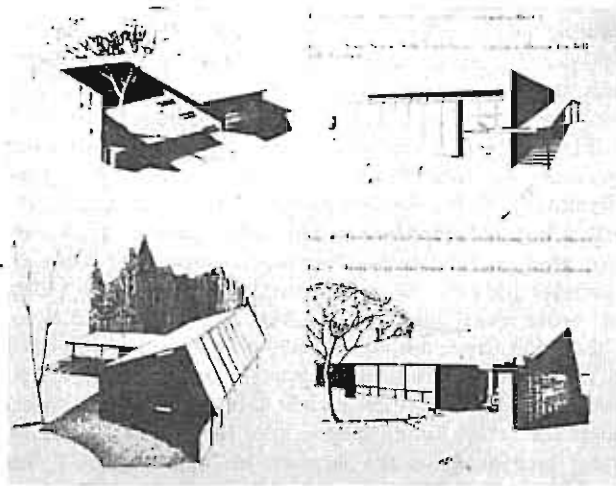


Fig. 9: Eksperimenthus for soloppvarming bygd ved MIT i Boston.

har latt endel studenter ved University of Chicago gjøre eksperimenter med vannforstøvere, som gjennom fine dyser og under trykk lager en tåkestrøm som har vist seg å ha en god evne til å rense huden uten at det er nødvendig å bruke såpe. Med en liter vann forstøvet på denne måten hevder han at en blir minst like så ren som etter et bad med såpe og tilbehør i 200 liter vann i et badekar. Jeg vil ikke gå god for metoden, men nevner den bare som en idé som det muligens kan være noe i.

Men la oss komme ned til det mere jordbundne igjen. Det ser ut til at bruken av bøyelige plastrør, som raskt vinner terreng, må kunne føre til forenklinger i installasjonene. Det er hittil rør av svartfarget Polyetylen som har fått størst betydning i denne forbindelse. De er imidlertid ikke så godt skikket til varmvannsledninger. Og prisen er vel enda i høyeste laget til at de kan konkurrere til avløpsledninger. Men det må være berettiget å vente seg en rask utvikling på dette område som enda er så nytt. Det synes i høy grad ønskelig at det blir satt igang utvidet, planmessig forskning på området sanltæranlegg i vanlige hus.

Oppvarming

Storparten av våre nyeste småhus har ovnsfyring. Selv om ovnene i og for seg er gode er denne oppvarmingsmetode ikke helt tidsmessig. Den krever for mye plass og gir for mye sol. Mange av oss håper vel fortsatt på elektrisiteten som jo er helt ideell i så måte. Men nasjonaløkonomisk er det antagelig tvilsomt om det er riktig å bruke denne høyverdige form for energi i så stor utstrekning til noe så enkelt, eller lite krevende som boligoppvarming. For rom som ikke er i kontinuerlig bruk, f. eks. soverom, kan elektrisk strålevarme som tennes så å si i det øyeblikk en går inn i rommet, og som slukkes når en er kommet vel under dyna kanskje ha noe for seg. Men til kontinuerlig oppvarming gir neppe strålevarmen den besparelse som enkelte mener. Høyfrekvensoppvarming montert over

sengene og regulert slik at det oppvarmer kroppen til passende temperatur kan muligens også ha noe for seg. Da må en i tilfelle tenke seg å sove uten, eller praktisk talt uten sengeklær, bare iført en passelig natt-drakt. Men her kommer vi også inn på medisinske spørsmål — og noe annet enn lek for tanken er det derfor kanskje ikke.

En form for varmesystem i småhus, som vi antagelig må regne mer med i fremtiden, er varmluftoppvarming. I land som USA og Canada er varmluftoppvarming, om ikke enerådende, så i alle fall uten sammenligning det mest brukte for småhus. De burde bli betydelig billigere i anlegg enn de vanlige sentralvarmeanlegg med varmtvann, selv om prisene hittil har vært for høye for slike anlegg hos oss.

På riktig lang sikt er det kanskje også mulig at hvert hus kan få sitt eget kraftverk ved nyttiggjøring av atomenergi eller omforming av solenergien. Selv om vårt land ligger langt mot nord pøser solen allikevel ufattelige energimengder ut over oss i årets løp. Det horer til en av tidens store drømmer å lære seg til å omforme og utnytte denne energien f. eks. til bruk direkte i husene. Det arbeides med dette problemet på mange felter. Fig. 9 viser et soloppvarmet eksperimenthus bygget ved MIT i Boston. Et av de store problemene er lagring av energien, ettersom sola ikke skinner bestandig. Det har vært foreslått både kjemiske og fysiske metoder, men ingen av dem er hittil utviklet så langt at de frembyr noen praktiske løsninger. Men personlig er jeg ikke i tvil om at de engang vil komme — og at vi muligens kan få til det helt selvforsynte hus, huset som greier seg uten elektriske tilledninger og uten vann- og kloakkledninger, og hvem vet, kanskje også bli mer uavhengig av de jordbundne transportmidler.

Men nå kommer vi så langt ut på viddene at det kan være på tide å slutte. Ett er i alle fall sikkert, vi kan ikke vente å komme tilbake til noen statisk tilstand når det gjelder husbyggingen. De tider er forbi da husbyggingen var et yrke hvor sikre tradisjoner gikk i arv uavbrutt fra far til sønn. Vi kan vel gråte over at denne tilstand ikke lenger eksisterer, men se bort fra faktum kan vi allikevel ikke. Og faktum er at sammenlignet med tidligere perioder har mulighetene for en rask utvikling aldri vært større enn nettopp nå. Husbyggingen har, kanskje fordi den er blant menneskehetens aller eldste yrke med røtter lenger tilbake enn historien går, hatt tilbøyelighet til å ligge tilbake i utviklingen. Det er for eksempel påfallende hvor nye alle forskningsinstitutter på dette område er. Den eneste unntagelsen er det engelske byggforskningsinstitutt, British Building Research Institute som er over 30 år. I de fleste andre land er organisert byggforskning av noe større format først kommet i gang i årene omkring, og ikke etter siste verdenskrig. Det er tilfelle i de nordiske land, i Holland, Canada, Syd-Afrika osv. Denne nyvåkne interesse for byggforskningen over hele verden kan neppe unngå å sette et kraftig preg på fremtidens hus.

Monteringsferdige trehus

Arkitekt *MNAL P. A. M. Mellbye*

DK 69.002.2

Monteringsferdige hus — ferdighus — standardhus — prefabrikerte hus — eller hva vi nå måtte finne på å kalle det, er et enormt emne å snakke om. Det omfatter alt som har å gjøre med å bygge hus — og ikke bare det, men hus av alle arter, basert på fikse idéer fra hundrevis av oppfinnere og menn som skal lage Columbi egg.

Det omfatter fullt økonomisk oversyn over produksjon, over transport i alle former, over omsetnings-spørsmål og prissetting. Det omfatter omveltningen innen en av våre største industrier — bygningsindustrien — fra *håndverk til industri*.

Det griper inn i alle områder som beskjeftiger seg med modul, standarder, arbeidsmaskiner, materialleveranser osv. osv. i det uendelige.

Med det omfatter også vårt århundredes eneste mulige vei i en tid med økende folkesunnhet, folketall og folkeflytting, og representerer derfor alltid den like spennende, like gåtefulle oppgave hvor en god løsning vil være både en sosial gave til medmenneskene og et gullegg for den som finner den.

Å snakke om dette emne blir da å forsøke å plasere hovedtankene enklest mulig i forhold til sin bakgrunn og sin ramme.

Monteringsferdige trehus var en gang en realitet i Norge. I de århundrer vi bygget tommer, og befolkningen vokste jevnt og bodde relativt fast, var prosessen nær sagt ideell.

Lokale byggmestre og sagbruk satte sammen hus med gjennomprøvede planer og konstruksjoner. Den som ønsket et hus, dikterte sine boligkrav — disse ble tillempet tømmerets egenskaper, og metoden for sam-setting etterat huset var ferdig laftet, f. eks. nede i dalen, var at det ble kjørt frem og satt sammen med et minimum av vanskeligheter.

Slike skikker ble praktisert i århundrer i de fleste land og først *industrialiseringen* i 1880-årene brakte inn et helt nytt bilde i verden.

For det første oppsto det nye byer — storbyene av i dag — rundt de nye konsentrasjoner av maskiner, og medførte enorme folkeflyttinger, og akutte behov for boliger i en målestokk verden aldri før hadde sett.

For det annet oppsto maskinene i seg selv, og med den drømmen om alt det disse stålvidundrene kunne spy ut til menneskenes beste — altså på samme tid både tanken på det maskinelt fremstilte hus og den sosiale tankegang balt.

Først etter forrige krig begynte tankene på monteringsferdige hus å konkretisere seg.

Samtidig ble det fra arkitekthold lansert slagordet om at «huset er en maskin til å bo i», og dermed var alle ledd i tankegangen klar: Det var bare å lage maskiner som igjen kunne lage andre maskiner som kaltes hus, akkurat som bilfabrikkene, og sette dem i gang.

Så kom depresjonen i 30-årene med fellslag for alle de små tilløpene, og først under siste krig oppsto den situasjon, eller skal vi kalle det klima, som gjorde at *industriell fremstilling av hus* kom for å bli, spesielt i USA.

Situasjonen lignet 1880-årene på mange måter. De store krigsviktige industrier måtte ha arbeidere, og de måtte ha boliger for dem fort.

Produksjonen av monteringsferdige hus ble presset i gang, uansett pris. Tiden var allikevel dyrest.

I løpet av krigen bygget USA 200 000 monteringsferdige hus.

Hjulene var startet for alvor, og det ble lagt følgende offentlige plan for å dekke etterkrigsbehovet:

1946 : 250 000 enheter

1947 : 600 000 enheter

Og så skjedde noe som var omtrent likt i alle land, se bilde 1.

Hva var det egentlig som skjedde? Tankegangen bak er frenstillt i bilde 2.

Men endel små industrier — gjerne de overdrevent forsiktige — hadde overlevet, og de hadde lært. Og i de siste fortiårene tok utviklingen flere forskjellige helt klare spor (som alle hadde til felles: minst mulig kapital bundet, størst mulig forsiktighet).

Forste spor var industrier for *fremstilling av komplette hus* i en — to — eller tre hele deler (typisk rest fra krigen), brakt frem med tilsvarende mange vogntlass. (TVA-prosjektet f. eks.).

Så enkelt, så enkelt var dette. Man kopierte et gammelt hus, delte det opp i *en slags lemmer-systemer*, laget delene, kjørte dem ut og satte opp husene.

Men så begynte man å bli på det rene med endel ting som ingen hadde skjenket en tanke:

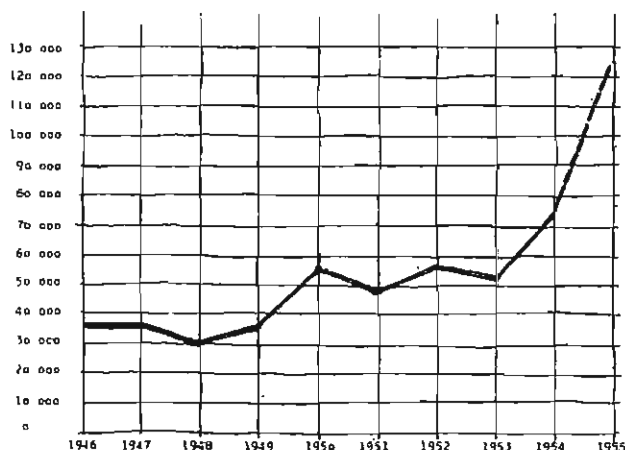


Fig. 1. Denne kurve viser hvor få prefabrikerte hus ble laget i USA 1945—50, tilross for optimistiske planer.

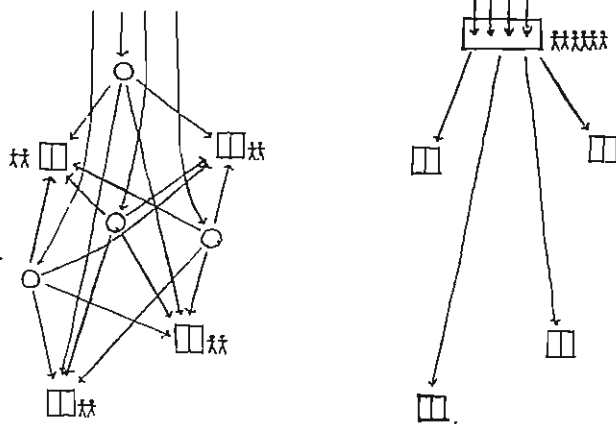


Fig. 2. «Det besværende diagram» som viser på papiret hvor meget enklere husproduksjon er via fabrikk (til høyre) enn vanlig måte (til venstre), men som mange er blitt sorgelig skuffet av, og som var grunnen til feilslaget i fig. 1.

For å få laget disse delene, krevdes en stor fabrikk, med mange maskiner, menn og transportmidler. Dette krevde penger som ubønnhørlig måtte forrentes.

De første par prosjektene gikk vanligvis bra, de hadde man på hånden. Men så begynte omsetningen å gi vanskeligheter. En fabrikk kunne bare levere til et visst oppland, innen en bestemt radius, før transportomkostningene ble for store.

Innen denne radius måtte det da skaffes kjøpere med tomter. Og når eventuelle kjøpere var bearbejdet så langt, at de kunne tenke seg å bruke fabrikkens hus, skulle lån ordnes, kommunale vanskeligheter løses, lokale hygningslover overvinnes eller endres osv. osv.

I løpet av kort tid begynte det å bli vanskelig å levere hus kontinuerlig, og hus lagret seg i fabrikk. Men når så et prosjekt gikk i orden, viste det seg kanskje at det måtte gjøres endringer på husene på lageret. Dermed sprakk den økonomiske ramme, så sprakk salgsapparatet, og tilslutt hele fabrikk med en dundrende konkurs.

Dette var den typiske *død nr. 1*.

Den typiske *død nr. 2* var at disse vanskelighetene drepte fabrikk allerede før det første hus var i produksjon — en død som unektelig var noe mildere.

For å bote på dette, stottet den amerikanske stat et prosjekt med det beryktede navn *Lustron*. Alle hensyn var tilsynelatende tatt til de før nevnte vanskeligheter, og fabrikkens størrelse og produksjon var av en slik omfang at den skulle i stort monn kompensere for alle de industriene som var gått ut av dansen.

Det tok et år før knallet kom også for den, og konkurransen kostet USA's myndigheter 37 000 000 dollars. Rettssaken tok de neste 3 år, og de offisielle dokumenter fra den er lærerike dokumenter.

Det var den gamle historien om mange penger, og en lang produksjons- og salgsprosess som var altfor omfintlig.

Dette sporet skrumpet inn og konsentrerte seg om bestemte felter: om traileren, tilhengeren — huset for den omreisende industriarbeider eller landbruksarbeider, om sommerhus, om hytter for moteller, om arbeidsbrakker, kort sagt: meget enkle hus for spesielle formål.

For denne produksjon er der et absolutt, men nokså begrenset marked som vi også finner igjen her hjemme. Fordelen er den øyeblikkelige leveranse fra fabrikk, at fabrikk ikke er avhengig av noe annet

system enn det de selv finner på, at alt foregår i fabrikk og derfor kan underlegges full industriell rasjonalisering og derved gjøres billigere.

Ulempene er naturligvis først og fremst, at fabrikk binder mange penger og derfor må kjøre produksjonen forsiktig, samt at kunden aldri helt vet kvaliteten inni det han får. Opplandet er dessuten begrenset av transporten.

Dette spor er derfor kommet utenfor det vi egentlig mener med produksjon av hus i deres større komplekse betydning. Men det er klart at en slik produksjon av brakker og hytter når som helst kan utvides når tiden måtte være gunstig.

Annent spor var industrier for fremstilling av større deler av hus — altså lemmer f. eks. — beregnet på bil-, tog- eller båttransport og en rask sammenføyning på stedet.

Grunnen ble gjort ferdig av lokal byggmester, deretter kom transporten, og i løpet av en dag eller to foregikk monteringen.

Denne type industri har vært den vanskeligste — av grunner som er nevnt — og det brenner ennå visse blå lys over den, men den er i full fart fremover, i hvert fall i USA.

Dens fordeler: At disse elementene — lemmene — egner seg usedvanlig godt for maskinell fremstilling. De er lettere å lagre, lettere å transportere og meget lette å sette sammen.

Men ulempene er store: Elementenes sammensetting er alltid en kilde til tekniske vanskeligheter, som f. eks. *toleranseproblemer*. Selve hustypene er bundet til meget begrensede antall typer og det er vanskelig å variere dem for forskjellige klima. Montering på plassen er stadig en kilde til vanskeligheter med fagforeningene. Dessuten — siden det må være en relativt stor fabrikk — alle forretningsmessige vanskeligheter er tilstede som før. En helt igjennom *inelastisk* prosess i alle ledd.

Denne type produksjon vil sikkert fortsette i en eller annen form for visse behov, men meget tyder på at den i sin nuværende form har sett sine beste dager.

Det tredje spor er industrier og bedrifter av alle størrelser som ferdigbehandler råmaterialer (som ferdigkapp), som delvis samler ferdige sanitæranlegg, lager kjøkken ferdige i deler osv., som med andre ord *supplerer håndverkeren*, forenkler hans arbeide for ham *ved visse industrielle innsatser*. Grensen mellom denne form for produksjon og håndverket er ikke lett å trekke — i enkleste form utgjøres den av kappsagen på byggeplassen.

Dens fordeler er utallige: Den binder lite kapital pr firma, fordi de hver for seg lager små deler. Den gir byggeren muligheten for å sette delene sammen som han selv vil, eller på hans direkte bestilling. Den er grenseløst *elastisk* og kolliderer ikke i nevneverdig grad med håndverkerens interesser.

Men dens ulemper er også markante: den krever lengre byggetid — langt mere enn de to andre spor. Den medfører bare en forenklet utgave av gammeldags bygging — for fremdeles er det mange transporter, og i tillegg også endel nye problemer om *toleranser og tilpassing*. Og blir de problemene bare en hårsbredd for store, så er vinningen gått opp i splinningen.

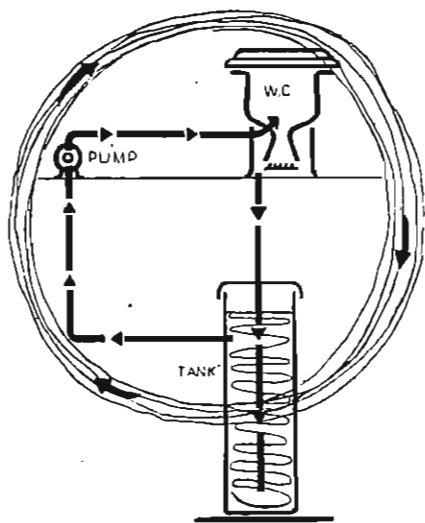


Fig. 3. Prinsippet for et aggregat som renser vannet via sirkulasjon, og gjør huset uavhengig av ledninger.

Ser vi bort fra første spor (helt ferdige hus), fordi det er så begrenset i omfang — inntil eventuelt en kommende helikoptertransport stiller dets problem i et nytt lys — så gjenstår ca 1950—51 de to andre sporene: lemmeproduksjonen og produksjon av halvfabrikata (ferdigkapp og slikt).

Disse to metodene har vært sterkt diskutert og har vært stillet opp mot hverandre som motpoler, mens sannheten naturligvis som alltid er at de begge utmerket godt kan eksistere ved siden av hverandre — og gjør det, idet de supplerer hverandre og inspirerer hverandre til bedre resultater.

Men så dukket det plutselig helt nye momenter opp og de var viktige nok, i og med publikums syn på hus og huset i seg selv begynte å skifte karakter. Det viste seg at det produkt man hadde siktet på å lage, endret seg i det øyeblikk man begynte å ane hvordan det skulle gjøres.

De viktigste tendenser var behovet for variasjon, som var sprunget ut av et omfattende idéarbeide med boligens indre og med folks vaner og trang til individuelt uttrykk, gjerne variasjon med de samme deler, og behovet for enklere og renere konstruksjoner, som var sprunget frem via erfaringene med nye materialer, standardiseringsarbeide og arbeide med boligmoduler og tekniske moduler.

Disse arbeidene med menneskers vaner, lyster og derigjennom videre modul og standardisering er ennå i sin vorden, og de vil aldri avsluttes fordi de vil følge menneskets utvikling gjennom tidene.

Men de har i hvert fall rukket å peke på at det kreves uendelig mye mere av en industri enn akkurat det å lage et hus. De har vist at en industri må produsere mindre deler, som kan settes sammen i utallige kombinasjoner, både av menneskelige, økonomiske, klimatiske og tekniske grunner. Og skal det kunne skje, må huset bli en enklere struktur — enklere i hele sin oppfatning.

På fem felter har denne utvikling vist seg spesielt klart:

1. Å gjøre huset uavhengig av ledninger vil bety at bare en vei vil være nødvendig, at nye felter kan åpnes for småhusbebyggelse.

La oss aldri glemme at hver gang publikum spørres om hvilken hustype de ville foretrekke, ligger omtrent 80 % av svarene på småhus.

2. Huset satt løst på en plate eller på søyler over bakken vil bety alle fordeler ved å bo på et plan, samtidig som det vil bety at konstruksjonen består av to plater (tak og gulv) med like lange deler mellom.
3. Innføringen av glass som veggelement i form av tre glass eller hermetiske dobbeltglass betyr at det gamle vindusbegrep med alle dets beslag og hengsler og lister og hull i veggen forsvinner. Bortsett fra de mange nye skjønnhetsverdier som oppstår, vil produksjonen av hus forenkles ufattelig, fordi det nå bare gjenstår to sorter vegg: tett vegg og glassvegg.
4. Bruken av tre i limte stykker, som plywood, finér, osv. vil bety nye muligheter, fordi man får å gjøre med «døde» materialer. Er de plastimpregnerte, kan de brukes uten hensyn til vær og fukt.
5. Forenklete oppvarmingssystemer ved strålevarme eller varmluft vil kunne sørge for at disse fremskritt kan fungere.

Selvsagt har alle disse tendensene sprengt de gamle former for husproduksjon og ført utviklingen inn på nye veier.

Et av de interessanteste prosjekter er det svenske AB Elementhus. Etter forskning fra 1944 til 1948 og bygging av fabrikk frem til 1952, kom omsider de første hus på markedet.

Nuværende pris for villa på 3 rom og kjøkken er kr 38 000, dvs. norske kroner 53 000. Det inkluderer sentralvarme, elektrisk- og sanitær-utstyr samt kjøleskap og dekker all nedskrivning og forrenting. De tre første årene har vært forferdelig vanskelige, fordi man

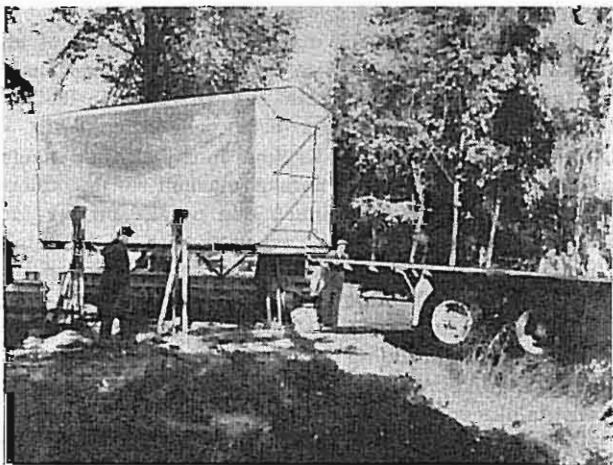
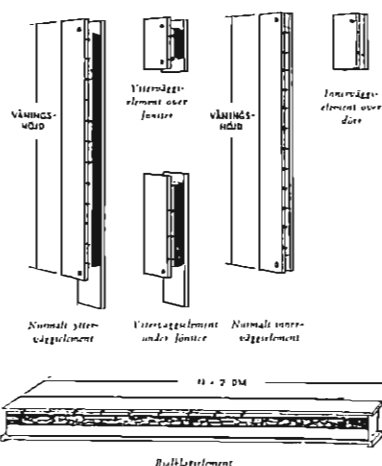


Fig 4-5. Transportenhet fra A/B Bostadsforskning, pakket på fabrikk, brukes som skur på byggeplass og returneres etterpå.



sto til orene i det svenske kaller «verkmästaretras-sel» — små tekniske feil. Men i fjor var man over disse vanskelighetene, og nå står fabrikk trygt på egne ben.

Ved denne metoden kan en altså bygge et hvilket som helst hus, av alle mulige typer. Fabrikk bygger av dødt tre og isolerer med sitt eget avfall fra produksjonen.

Den annen store tanke som er kommet frem, er følgende: Hvis veggene blir så klart oppdelt i tette vegger og glassvegger, og hvis det fins flere og flere fullt ferdige veggmaterialer på markedet, hvorfor da begynne å lage lemmer eller elementer i det hele tatt? Hvorfor ikke heller lage skjøten mellom disse materialene?

Det klareste uttrykk for denne tankegang er — etter min mening — fremdeles Bruno Mathssons bekjente hus.

Vi fikk i fjor ved mitt kontor tillatelse til å gjøre et lignende forsøk her hjemme, med det såkalte Hutton-hus.

Å lage en slik skjøt er en bagatell — en hvilken som helst høvlmaskin kan spy den ut, og alt som skal sitte mellom skjøtene, er butikkvare.

Den store fabrikk trengs ikke mere, det trengs ingen investering, og vi har nesten nådd den rene monteringen uten å gi slipp på noen av de idealer vi har stillet oss.

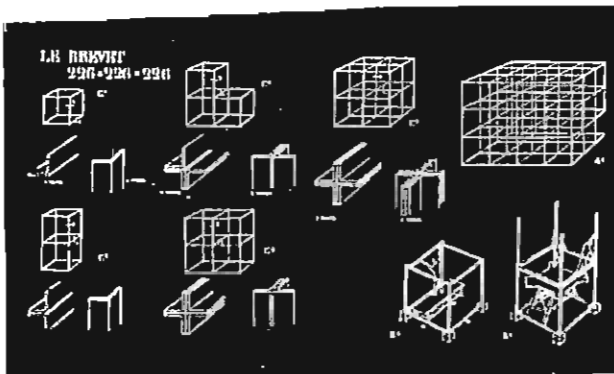
Den som har gått lengst i denne tanke, er Buckminster Fuller.

Vel, her står vi i dag og ser fremover — mot en ufattelig interessant serie år hvor alle disse tendenser og tanker begynner å samle seg til et helhetsbilde, understøttet av f.eks. lufttransport og atomkraft. —

Vi kjenner ennå ikke hvilken innflytelse utlandets hendelser vil ha på det norske marked — de undersøkelser vi har foretatt innen den norske produksjon av monteringsferdige hus, synes å vise at et utall firmaer har beskjefteget seg til og fra med saken.

Den svenske fabrikk tyder på at vi kanskje kan få et lignende prosjekt i Norge. Men på den annen side tyder den generelle utvikling med standardiserte smådeler på en lokal, upretensjøs virksomhet som vil kunne gi kanskje like gode resultater.

Vi får se.



LE CORBUSIER's modulsystem bygger på den rom-enhet (226x226x226) som mennesket trenger til sine bevegelser.

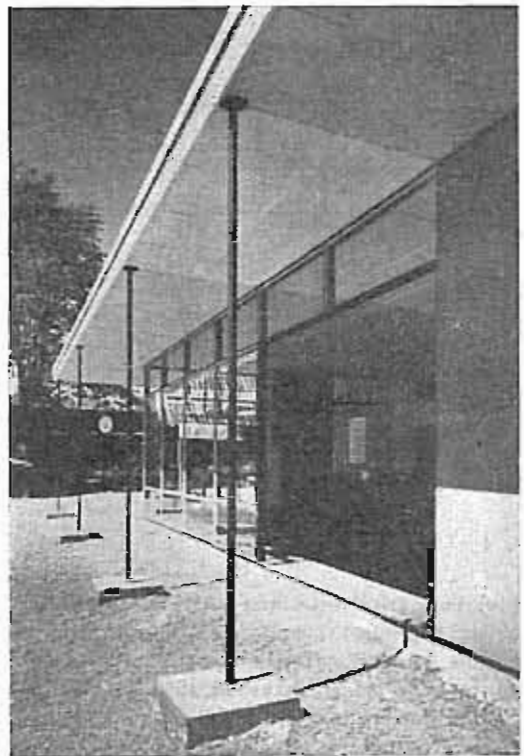
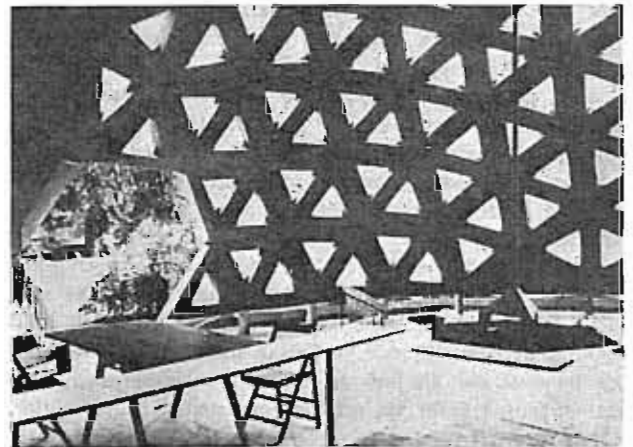
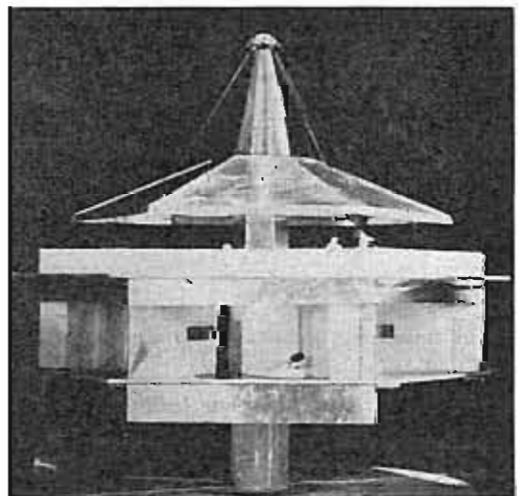


Fig. 6. Utstillingshus for Hutton Bruk (Frogner 1954) hvor den samme treprofil er brukt som skjøt mellom alle veggelameller/gulv/tak osv. (ark P. A. M. Mellbye).



Interior fra Buckminster Fullers kuppel av papplater (Milano 1954). Konstruksjonen genialt enkel, men mønstret uutholdelig for øynene.



Buckminster Fullers DYMAXION HOUSE (1928) kan pakkes helt sammen i en sylinder ca. 5 m lang og 1 m i diameter for transport.

KONDENSPROBLEMER

Foredrag av professor Hans Granum, N.T.H., holdt ved Byggeforskningsinstituttets vinterkursus om trehusbygging 1955

Det har vært sagt og skrevet så mye om kondensproblemer i hus gjennom de siste årene at mange av dere kanskje vil synes det er kjedelig å få en ny injeksjon av dette stoff — særlig når dere får høre at jeg har tenkt å starte med et kapittel elementær fysikk. Ikke desto mindre tror jeg det kan være nyttig å ofre noen minutter på

de grunnleggende fysikalske begreper. Det hjelper oss til en klarere forståelse av kondensfenomenene, og kan gi oss et godt fundament for den videre diskusjon.

Luften omkring oss inneholder bestandig en del fuktighet i form av vanndamp. Vanndampen utøver et *partialtrykk*, sammen med luftens trykk, og det er summen av lufttrykket og vanndamptrykket vi måler på et vanlig barometer.

Ved en bestemt temperatur er det en øvre grense for hvor mye damp luften kan inneholde. Ved denne grense sier vi at luften er mettet med vanndamp. Den temperatur som akkurat er lav nok til å gi den første kondensasjon kalles også duggpunktet.

Fortsetter vanndamputviklingen i rommet klarer ikke luften lenger å holde på all fuktigheten i dampform. Overskuddet

felles ut som små vanndråper og blir synlige som tåke eller «råddamp». Hvis luften ikke er mettet med vanndamp angir vi dampinnholdet i prosent av dampinnholdet ved metting, og taler om så og så mange prosent relativ fuktighet. Luftens relative fuktighet kan bestemmes f. eks. med et tørt og vått termometer (psykrometer), fig. 1, eller med et hårhygrometer.

Luftens evne til å holde på vanndamp avhenger i høy grad av temperaturen. Jo varmere luften er, desto mer vanndamp kan den holde på. Tabell 1 viser vanndampinnholdet i en m³ fuktighetsmettet luft ved en del forskjellige temperaturer.

Tabell 1.

Vanndampinnhold (g/m³) og partialtrykk (mmHg) i fuktighetsmettet luft ved barometertrykk 760 mmHg (havoverflaten).

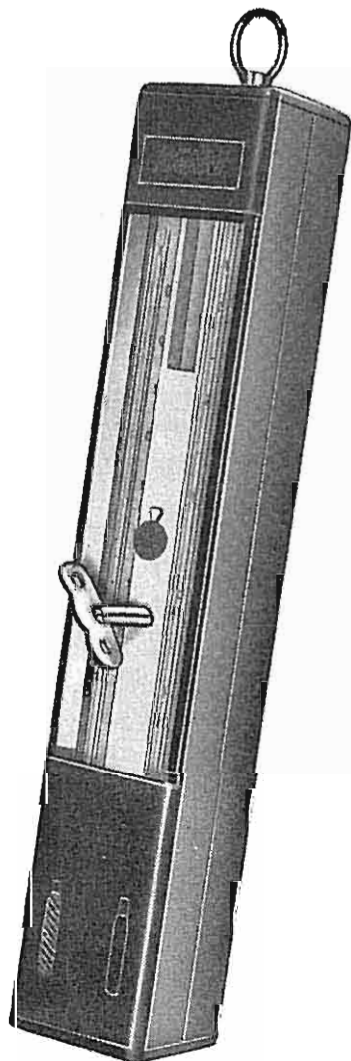
Temperatur °C	Vanndampinnhold g/m ³	Vanndampens partialtrykk mm Hg
÷ 20	0,88	0,77
÷ 10	2,14	1,05
0	4,84	4,58
+ 10	9,40	9,21
+ 20	17,29	17,54
+ 30	30,36	31,83

Svært ofte vil vegg- eller vindusflatene i rommet være kaldere enn luften, og kondensen faller i slike tilfelle ut som dugg på disse flatene eller som rim hvis temperaturen er under frysepunktet.

Jo høyere luftens relative fuktighet er, desto mindre temperaturfall skal det til for vi får kondens. F. eks. i fjøs blir luften svært fuktig på grunn av den store vanndampproduksjon fra dyrene. Derfor er det vanskelig å hindre kondens på tak og vegger. Om vinteren ser en derfor ofte at tak og vegger er drivende våte, særlig i nærhe-

ten av dører og vinduer hvor avkjølingen er sterkest.

I vårt klima skaper kondensasjon av vanndamp problemer og ulemper i alle hus om vinteren. Ulempene melder seg oftest i lett synlig form som dugg eller is på vinduene. Særlig der hvor det er enkle vinduer renner det gjerne vindusvann nedover veggen under vinduet hele vinterhalvåret. Dette ødelegger selvfølgelig tapeter og maling, og fuktigheten kan også trenge seg inn i veggen og gjøre skade der. Mange ganger ser en også at veggen er våt på utsiden fordi vindusvannet lekker ut under



Figur 1. Aspirasjonssykrometer med vifte som gir en luftstrøm av jevn hastighet forbi det våte termometeret.

nepe over 3—4 mm gjennom vinterhalvåret. I ekstreme tilfelle kan imidlertid damptrykkforskjellen gå opp til 12—15 mm, men bortsett fra spesielt ugunstige tilfelle i overbefolkede og særlig dårlig ventilerte leiligheter er periodene med så høyt damptrykk meget korte.

Det er ønskelig å skaffe seg et langt sikrere kjennskap til innendørsklimaet. NBI kommer derfor sannsynligvis til å fortsette disse undersøkelser i flere vintrer fremover. Fuktighetsinnholdet avhenger jo av svært mange faktorer, slik som husets konstruksjon, oppvarmingsmetoder, famillens størrelse og boligvaner o.s.v. slik at en må ha et nokså stort materiale for å få et tilstrekkelig omfattende bilde av forholdene.

De undersøkelser som foreligger fra andre land, særlig fra U.S.A. kan dessverre ikke uten videre føres over til oss. Dette

skyldes at boligvanene og klimaet er så forskjellig fra land til land. I U.S.A. er f.eks. romtemperaturen vanligvis betydelig høyere enn hos oss, samtidig som luften er meget tørrere innendørs.

KONDENS PÅ OVERFLATEN AV KONSTRUKSJONENE

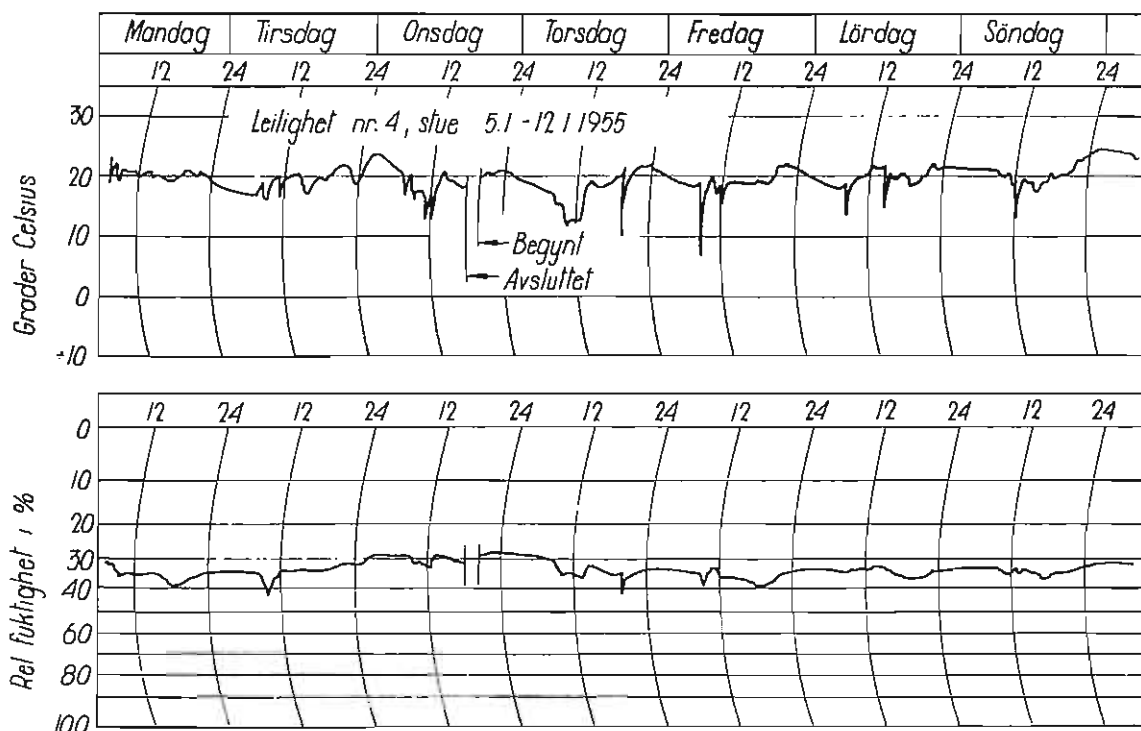
I alminnelighet er det nokså lett å konstantere om det er kondens på overflaten av en konstruksjon. Hver vinter ser vi jo alle hvordan f.eks. vinduene kan dugge. Men det hender også at det periodevis kan kondenseres fuktighet på overflaten uten at vi merker det, særlig hvis flaten er porøs og sugende slik som f.eks. en kalkpuss. Dette kan gå bra hvis det er mulighet for at flaten senere kan kvitte seg med overskuddsvannet i gunstige perioder.

Overflatelondens opptrer hvis temperaturen på overflaten kommer under duggpunktet for

luften i rommet. Det er dette vi merker f.eks. når vi kommer inn med briller med kolde glass, eller når vi heller iskalt vann i et glass. Da dugger det øyeblikkelig på overflaten. Jo høyere den relative fuktigheten er dess mindre temperatursenkning skal det til for å gi kondens. Ved hjelp av et s.k. Mollièrediaqram, fig. 6, er det lett å finne ut hvor stort temperaturfall det kan tåles for det blir kondens.

Arkitekt Lundby gjennomgikk i sitt foredrag om varmeisolasjon hvordan temperaturfordelingen i en vegg kan beregnes.

Temperaturfallet fordeles i forhold til varmegjennomgangsmotstanden i de enkelte deler av veggens inkludert overflatene, hvor det er en overgangsmotstand. For vertikale flater innendørs er denne overgangsmotstand ca. $0,14 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{Ch/kcal}$. Tar vi som eksempel en vegg med k-verdi = $1,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{Ch}$ har



Figur 3. Diagram fra termohygrograf i stue i leilighet nr 4 i tiden 5.1.—12.1. 1955.

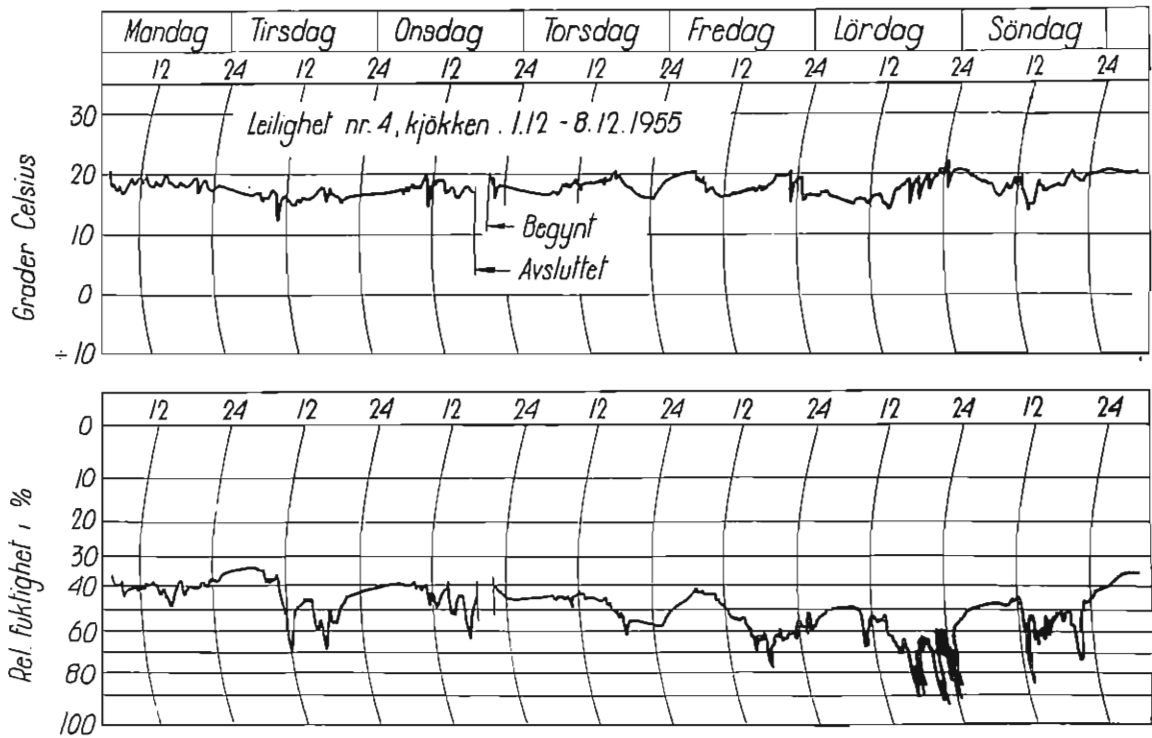
den en samlet varmegjennomgangsmotstand på $1,0 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{Ch/kcal}$, hvorav den innvendige overgangsmotstand er

$$0,14 \frac{\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{Ch}}{\text{kcal}}$$

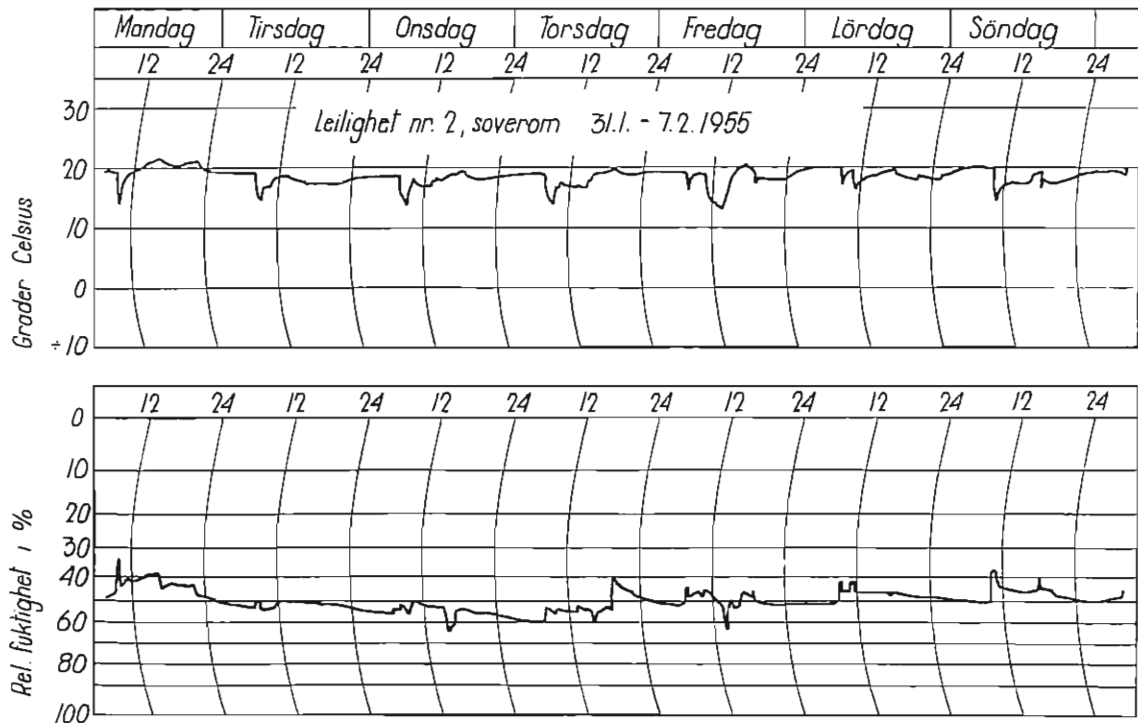
Det betyr altså at 14 % av temperaturfallet ligger i det tynne, stillestående luftsjiktet som danner seg inne ved veggflaten. Er

det eksempelvis $+20^\circ \text{ C}$ inne og $+20^\circ \text{ C}$ ute, altså et samlet temperaturfall på 40° C blir veggoverflaten 14% av 40° , eller $5,6^\circ \text{ C}$ kaldere enn romluften. Overflatetemperaturen er altså $14,4^\circ \text{ C}$. Ved å se etter på Mollièrediaqrammet finner vi at luften da ikke må ha mer enn knapt 70 % relativ fuktighet

hvis vi skal unngå overflatekondens. I kjøkken, bad og soverom blir det, som det fremgikk av tabell 2 lett så høy relativ fuktighet periodevis. Er derimot k-verdien f. eks. 0,5 vil bare 7 % av temperaturfallet ligge innenfor veggflaten, og av Mollièrediaqrammet finner vi at vi da kan ha over 85 % relativ



Figur 4. Diagram fra termohygrograf i kjøkken i leilighet nr. 4 i tiden 1.12.—8.12. 1954.



Figur 5. Diagram fra termohygrograf i soverom i leilighet nr. 2 i tiden 31.1.—7.2. 1955.

fuktighet for det blir kondens. Det er lett å forstå at kondensfaren blir størst bak møbler eller inne i skap hvor luften blir stillestående, og hvor flaten blir skjermet mot varmestråling fra rommet slik at overflatetemperaturen blir særlig lav. Noe tilsvarende gjelder også for hjørner. Botemidlet i alle slike tilfelle er øket isolasjon.

Går vi over til vinduer vet vi at K-verdien for disse vanligvis ligger langt høyere enn for vegger. For glassfeltet alene ligger k-verdien for enkle vinduer på ca. 5,0 og for doble vinduer på ca. 2,5. Hvis det blåser sterkt blir verdiene enda dårligere, og hvis det er helt stille kan de bli litt bedre fordi den utvendige

overgangsmotstanden da vil bli høyere.

Om vi igjen tar eksempelet med + 20 inne og ÷ 20 ute finner vi av Mollièredigrammet at vi må vente kondens på enkle vinduer så snart den relative fuktigheten blir over 12—15%. Hvis vi ser på forholdene ved en yttertemperatur på 0°C finner vi at vi må vente kondens på enkle vin-

duer så snart den relative fuktigheten blir over 40 %. Det betyr altså, som vi jo også vet av praktisk erfaring, at det vil være is eller dugg på enkle vinduer i alle kuldeperioder, ja ofte hele vinteren gjennom på kalde steder.

Vi skal ikke gå videre med disse betraktninger. Det er nok til å skjønne at enkle vinduer er helt forkastelige i vårt klima, selv i kystbygdene sørpå, hvor det sjelden er sprengkaldt.

Selv med doble vinduer vet vi jo at kondensen kan være plagsom i kuldeperiodene.

Kalde vindusflater vil virke som en dampkondensator inne i rommet, og for så vidt bidra til å sette en grense for dampens partialtrykk og hindre kondens andre steder i rommet hvor flatene er varmere. Forholdet er det at vanddampen alltid søker til det kaldeste stedet. Kondenserer den der, f. eks. som rim, bidrar altså det til å tørke ut luften. Dette gjør at vi ikke i lange perioder ad gangen kan ha høyere fuktighetsinnhold i luften enn det som betinges av vinduets overflatetemperatur. Når vi allikevel ved målinger som vist på fig. 4, finner perioder med adskillig høyere fuktighet, kommer det av at luf-

ten yder en motstand mot utjevningen. Denne diffusjonsmotstand skal vi komme tilbake til senere. Hvis vi kikker på figurene vil vi også se at periodene med ekstrem høy fuktighet, f. eks. 85 % eller derover, alltid er meget korte. Har vi $\div 20^{\circ}\text{C}$ ute og $+ 20^{\circ}\text{C}$ inne vil et dobbeltvindu virke som kondensator ved 40—50 % relativ fuktighet avhengig av hvor stille det er ute. Har vi 0°C ute og $+ 20^{\circ}\text{C}$ inne virker det som kondensator ved ca. 60 %—70 % rel. fuktighet.

Selv i aller ugunstigste fall behøver vi derfor ikke å regne med et høyere partialtrykk på vanddampen enn ca. 10 mm Hg i vanlige hus med doble vinduer. Forholdet kan ha en viss betydning ved vurdering av kondensfaren inne i konstruksjonene, som vi senere skal komme tilbake til.

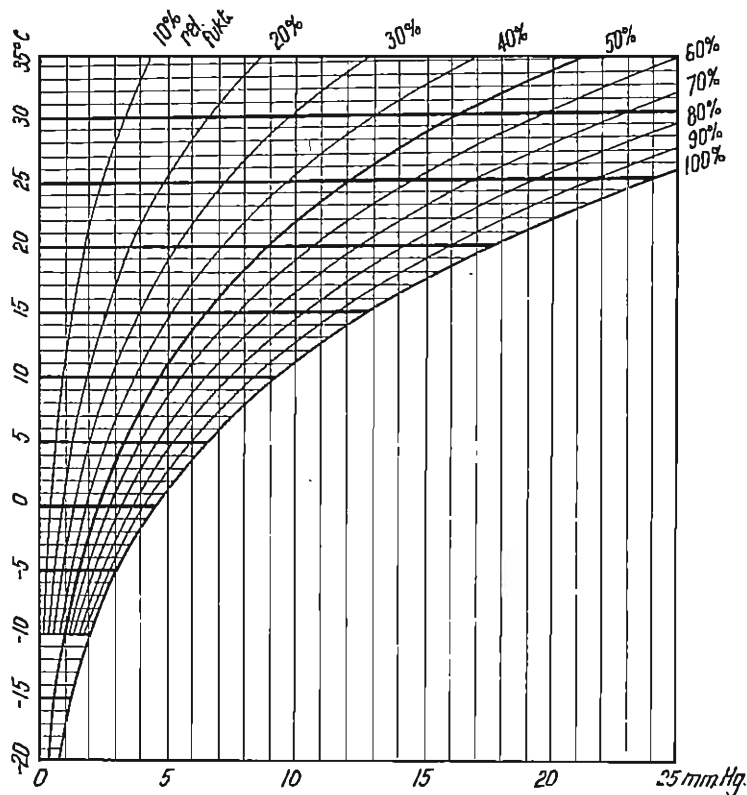
Ventilasjon.

Det viktigste middel vi har til å regulere fuktigheten i luften innendørs er ventilasjon. Dette er faktisk hovedgrunnen til at alle rom må ventileres på en eller annen måte. Om vinteren når det er kaldt ute vil ventilasjonsluften som trekkes inn i huset alltid inneholde lite

fuktighet selv om den relative fuktigheten utendørs ofte er 80—100 %. Det er lett å se av Mollièrediagrammet at vanddampens partialtrykk aldri kan bli særlig høyt ved de temperaturer som er vanlige om vinteren hos oss. Når ventilasjonsluften blir varmet opp blir derfor dens relative fuktighet meget lav. Den varmluften som går ut inneholder mye fuktighet, og resultatet av luftvekslingen blir derfor en senking av romluftens fuktighetsinnhold. Det er altså oppvarmingen av ventilasjonsluften som gjør den tørr. Selvsagt koster ventilasjon penger fordi luften må oppvarmes. Mange forsøker derfor å spare brensel ved å tette igjen ventiler og lufte minst mulig når det er kaldt. Det er lett å skjønne at dette er skadelig både for sunnheten og for bygningen. Det er jo nettopp i den kaldeste tiden at rommenes innerflater blir sterkest avkjølet slik at kondensfaren blir aller størst. Derfor er det mer påkrevet i kulde enn ellers at den relative fuktigheten i romluften ikke er for høy. Det forekommer dessverre ikke så sjelden at ventilasjonen forsømmes, og i mer graverende tilfelle er det selvsagt omtrent umulig å sikre seg mot kondens. Det er da ingenting annet å gjøre enn å forsøke å bedre boligvanene. En hører jo rett som det er om slike eksempler som jeg nylig hørte om i Trondheim hvor det var blitt store kondensskader i et soverom som lå like inntil kjøkkenet. Soverommet ble ikke oppvarmet, og var uten ventiler. Det var direkte dør fra kjøkkenet, og når det ble for varmt på kjøkkenet satte de bare opp døren inn til soverommet, og slapp varmen og fuktigheten dit inn. Ved slik misbruk av husene som dette hjelper det ikke hvordan en isolerer eller sikrer seg bygningsmessig. Kondensen må komme i alle fall.

Ventilasjonsåpningene bør være så nær vandampkilden som mulig, f. eks. dampette over komfyren. På den måten kan en få ut adskillig vanddamp før den rekker å blande seg helt med luften, og ventilasjonen blir mer effektiv og fjerner fuktigheten med et minimum av luftforbruk og blir derfor billigere.

I gamle hus vil mye av vann-



Figur 6. Mollière-diagram for fuktig luft.

Drøveboks, m. = 1:2

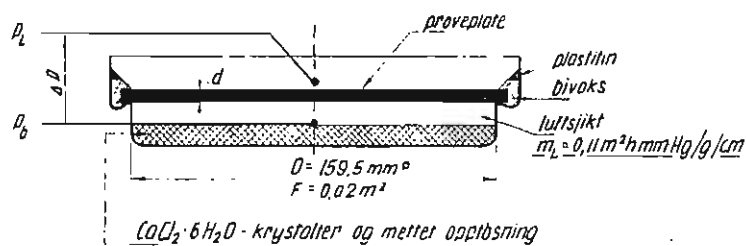


Fig. 7.
Boks for måling av dampdiffusjonstall

dampen slippe ut gjennom vegger og tak (særlig i trehus) og likeledes gjennom utette vinduer og dører. Denne utilsiktede ventilasjonen gjorde planmessig ventilasjon mindre nødvendig. Selv om det ikke fantes ventiler, eller om ventilasjonen gjennom vinduer var ytterst mangelfull, var det alltid nok luftveksling til å holde fuktigheten i luften lav. I slike utette hus kan nok ventilasjonen i stille vær kanskje være omtrent passelig stor, men ulempene melder seg straks når det blåser. Da blir ventilasjonen altfor stor, og det er umulig å holde den under kontroll. Men samtidig er det mer nødvendig enn for å lære folk til at ventiler og hengslingen på vinduer er til for å brukes, og ikke bare satt opp til pynt. Da ventilasjonsspørsmålet er så viktig for moderne hus er det også nødvendig at det blir studert systematisk for å finne frem til bedre typer av ventiler enn de vi har idag.

Et sted i huset hvor det er særlig viktig at det er god ventilasjon er på loftet. Hvis ikke loftsbjelkelaget er helt tett vil det alltid stige opp varm luft nedenfra huset på grunn av den såkalte skorstenvirkningen.

Hvis det da ikke er skikkelig ventilasjon på loftet har det lett for å bli kondens under takbordene. Selv yttertaket er jo sjelden godt isolert, og overflate-temperaturen under takbordene blir derfor ganske lav. Det beste er å ha ventilasjonsåpninger, f. eks. sjalusier, som ikke er til å lukke igjen. Vinduer som kan lukkes blir erfaringsmessig alltid lukket om vinteren av velmenende men uforstandige folk. Åpningene bør derfor være av en slik art at de simpelthen ikke kan lukkes på en enkel måte.

Selv om ventilasjonen på lof-

tet er noenlunde god, kan det allikevel bli kondens hvis takflaten er for kald. Dette har vi eksempel på fra et prøvehus i Sandnes, hvor taket består av Eternitskifer på lekter uten undertak. Her rimer det på skiferens underside i kuldeperiodene, og når rimet smelter trekker vannet seg inn i lektene og får disse til å mugne. Hvis ikke loftsbjelkelaget gjøres særlig tett, eller ventilasjonen særlig god, bør vi derfor hos oss ha en viss isolasjon i takflaten, særlig på steder hvor det er lite sne om vinteren, slik at vi ikke kan gjøre regning med at den vil isolere noe.

Mange materialer har evne til å suge til seg og lagre fuktighet i kortere eller lengere tid, og så gi den fra seg igjen senere når fuktighetsinnholdet i luften omkring blir lavere. I forbindelse med periodevis vinduslufting er det derfor sikkert gunstig at rommene og møblenes overflate er tilstrekkelig porøse. Panel, fiberplater og puss som ikke er malt med for damptett malingssjikt er meget gunstig i så måte. Flater av plastic, metall, fliser eller flater med sterk oljemaling har ikke evne til å utjevne fuktigheten på denne måten. I rom med slike flater vil derfor fuktighetsinnholdet hurtig bli meget høyt hvis det utvikles fuktighet i rommene. Periodevis lufting er derfor ikke så godt skikket i slike tilfelle.

Vanndampdiffusjon.

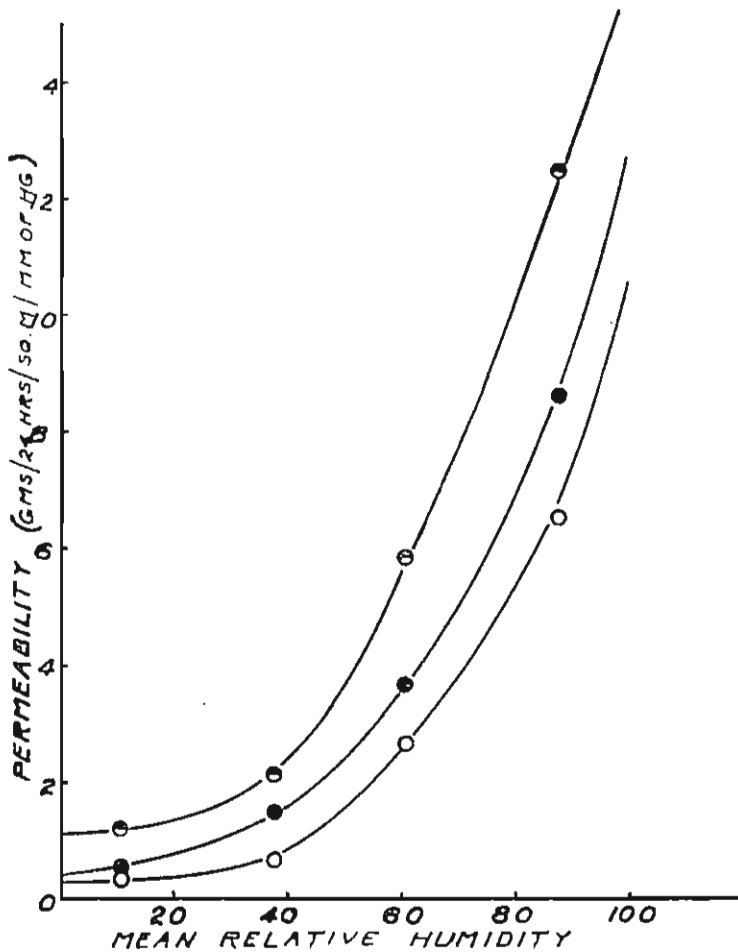
Vi skal nå se litt på hva som foregår når fuktigheten beveger seg inne i konstruksjonene. Det viktigste fenomen her er vann-dampdiffusjonen. Diffusjonen er en bevegelse av vann i dampform gjennom porer i materialene. De aller fleste vanlige

byggematerialer kan slippe igjennom visse mengder vandedamp. Som et mål for denne egenskap bruker vi materialets dampdiffusjonstall. Dampdiffusjonstallet sier hvor stor dampmengde (i gram) som kan difundere gjennom en viss tykkelse (1 cm) av materialet i timen når damptrykkforskjellen er 1 mm Hg. Dessverre angir ikke alle forskere dette tallet med de samme enhetene, — men vi vil hos oss foretrekke g/m²h mm Hg. pr. cm tykkelse. Enheten for dampdiffusjonsmotstand blir den inverse verdi av dette. I enhetene for dampdiffusjonsmotstanden inngår ikke tykkelsen. For papp og lignende materialer hvor tettheten i allminnelighet ikke er avhengig av tykkelsen, er det derfor ofte greit å gi dampdiffusjonsmotstanden i stedet for dampdiffusjonstallet.

Fig. 7 viser den målemetode som vi har brukt ved bestemmelse av et materiales dampdiffusjonstall. Ved de undersøkelser vi har gjort i Trondheim har vi brukt krystallinsk lorkalksium i boksene. Den relative fuktighet over dette saltet er ca. 35 % ved 20° C. Boksen ble satt i et rom hvor temperatur og relativ fuktighet ved hjelp av termostat og hygromstat holdes på 20° C og 75 % relativ fuktighet. Dette gir en damptrykkforskjell over materialene på ca. 7 mm Hg. Den gjennomsnittlige relative fuktigheten omkring materialet er ca. 55 %.

I Byggeforskningsinstituttets rapport nr. 9, skrevet av ing. Tveit, er gjengitt de målte dampdiffusjonstall for en rekke vanlige byggematerialer, særlig papp.

Dampdiffusjonstallet har ofte vært betraktet som en materialkonstant. Men likesom varmeledningstallet for et materiale avhenger av temperaturen (tilnærmet proporsjonalt med den absolutte temperatur), så avhenger også dampdiffusjonstallet i høy grad av den relative fuktighet i luften omkring materialet og av temperaturen. Fig. 8 viser en kurve for dampdiffusjonstallet for en bygningspapp som funksjon av den relative fuktighet, (gjengitt etter en artikkel av den kanadiske forsker Dr. Babbit). Det frem-



Figur 8. Variasjon av damptettheten for impregnert papp og for kryssfiner (helt fylte ringer) som funksjon av den midlere relative fuktighet omkring prøvestykket.

går av figuren at dampgjennomgangen øker til det mangedobbelte når vi nærmer oss metningspunktet. Det antas at dette fenomen skyldes at fuktigheten ikke transporteres bare i dampform gjennom materialets porer, men også delvis i vannfasen. Dels kan det være fuktighet som ved s.k. kapillærkondensasjon utskilles i de fineste porene og derefter suges videre i de små kapillærene mot den tørreste siden, hvor det igjen fordampes, og således øker fuktighetsgjennomgangen. Dels kan det også være en diffusjon av vannmolekyler i væskefase langs overflatene i materialets mikro- og ultrastruktur, — altså en slags overflatekrypning av vann som er adsorbent i 3—4 molekyltykkelser på alle overflater ved høy relativ fuktighet. Fenomenet er ikke fullstendig klarlagt ennå. Ved mange materialer er det imidlertid klart at når den relative fuktigheten øker, vil fuktighetstransporten øke sterkt. Vann som er kon-

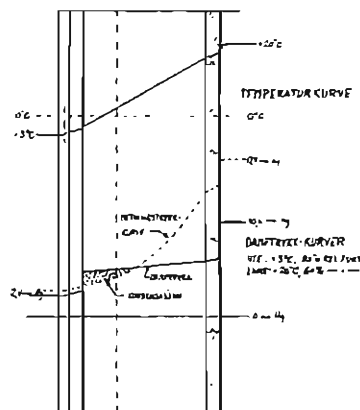
densert inne i materialet vil fordampes igjen på den tørreste siden, og det hele vil se ut som en regulær dampdiffusjon for den som iakttar fenomenet utenfra. I de beregninger som har vært gjort over kondensforholdene i vegger, har det sikkert ikke vært tatt tilstrekkelig hensyn til disse forhold. Når ytterflaten vil det om vinteren svært ofte være en meget høy relativ fuktighet. Ved ytterpappen kan det sikkert forekomme at den midlere relative fuktighet ligger mellom 90 og 100 %, mens den relative fuktighet ved pappen innvendig i veggen kanskje ikke er mer enn 30—40 %.

Hvis vi tenker tilbake på kurven som er vist på fig. 8, er det rimelig å vente en meget stor økning av dampdiffusjonstallet når den relative fuktigheten blir så høy som den vanligvis er ved en utvendig papp om vinteren. Dette må vi ha klart for oss når vi skal vurdere de dampdiffusjonstall som oppgis i litteraturen for de for-

skjellige materialer. I de siste årene er interessen for det nevnte forhold blitt meget stor flere steder i verden. Det kanadiske byggforskningsinstituttet har f. eks. planlagt en større undersøkelse for å klarlegge forholdene nærmere. Norges byggforskningsinstitutt har derfor hittil ikke engasjert seg i noen dypere undersøkelse av disse fenomener, som jo må sies å være av en mer teoretiske art og derfor kanskje passer bedre for større institutter.

Kapillær bevegelse av vann.

Som nevnt kan fuktighet også bevege seg gjennom materialene i væskeform. De fleste byggematerialer er jo til en viss grad porøse og derfor ikke vannrette. Deres evne til å suge fuktighet er imidlertid meget forskjellig, avhengig bl. a. av selve grunnmaterialets art. Tre-materialer, trefiberplater, papp og andre materialer som inneholder trefiber i en eller annen form, er hygroskopiske. Det betyr at



Figur 9. Beregnet forløp av temperatur, damptrykk og metningstrykk i en trevegg.

de kan suge til seg vann fra luften og denne vannmengde er avhengig av luftens relative fuktighet. Andre materialer slik som teglsten er ikke hygroskopiske og vil ikke suge til seg nevneverdig fuktighet fra luften, men hvis teglstenen kommer i kontakt med fritt vann har den likevel en kraftig sugeevne og meget betydelig transportevne for vann. Disse forhold kan bety svært mye for uttørringen av en konstruksjon gjennom s.k. kapillær tilbakesugning av vann fra materialet. La oss tenke oss at det foregår en kondensasjon inne i materialet nær ytterflaten. Den fuktigheten som utfelles der kan være forhindret fra å komme videre ut på grunn av et tett yttersjikt. Materialet vil derfor etterhvert bli vannmettet på dette stedet. Når innerflaten kan det imidlertid være tørt og vi får derfor straks en kapillærsugning igang. Vannet suges mot innsiden hvor det igjen har mulighet for å fordampe ut i rommet. Særlig ved murvegger og ved massive, uluftede tak spiller denne kapillære tilbakesugning sikkert en stor rolle for fuktighetsinnholdet i materialet. Ved trevegger, hvor kapillærveiene ofte er avbrutt av luftrom, spiller vel den kapillære tilbakesugning mindre rolle.

Teoretisk beregning av faren for kondens.

Hvis vi kjenner materialegenskapene fullstendig for de materialer som inngår i en konstruksjon, skulle vi teoretisk kunne beregne om det er fare for kondens. Vi forutsetter da at damptrykket utvendig og innvendig er kjent.

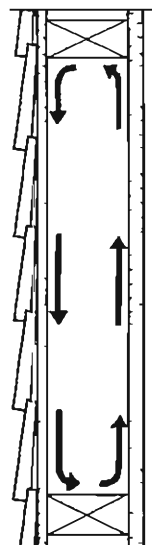
Hvis vi dessuten kjenner dampdiffusjonsmotstanden hos de forskjellige sjikt i veggen, er det en forholdsvis enkel sak å bestemme damptrykket på et hvilket som helst sted i veggen. På samme måte er det mulig å beregne temperaturen i et hvilket som helst sted i konstruksjonene. I fig. 9 er vist et eksempel fra en slik beregning. Slike beregninger kan nok ha en viss verdi, men gir dessverre ikke alltid pålitelige resultater. Blant de grunner som gjør at slike beregninger ikke alltid slår til er:

- 1) Variasjon av dampdiffusjonstall med luftens relative fuktighet, som allerede er omtalt foran, og virkningen av skjøter, spikerhull etc. for dampdiffusjonsmotstanden i et papplag.
- 2) Konstruksjonene er ikke helt lufttette, bl. a. på grunn av vind og «skorstensvirkning» vil det stadig foregå en luftveksling gjennom konstruksjonene. Luften kan da trekke med seg fuktighet inn eller ut og i høy grad forstyrre forholdene.
- 3) Hulrommet i konstruksjonene gjør at både luftbevegelser og fuktighetsbevegelser ikke på noen måte blir éndimensjonale, slik en vanlig beregning forutsetter. I et hulrom, og i porøse isolasjonsmaterialer vil det alltid bli konveksjonsstrømninger, fig. 10, som vil bevirke en helt annen fordeling av fuktigheten og temperaturen enn vi forutsetter i beregningen.
- 4) Solskinn på vegger eller tak viser seg å ha evne til å flytte på fuktigheten og bidrar ytterligere til å komplisere det hele.
- 5) Den relative fuktighet og temperatur vil stadig svinge både ute og inne. Det vil derfor skifte med perioder hvor det er kondens og perioder hvor det er mulighet for uttørring. Materialenes evne til å lagre fuktighet spiller derfor en avgjørende rolle. Målinger bl.a. i U.S.A. har vist at det kan skje opphopning av fuktighet gjennom flere måneder i den kalde tiden av året og en tilsvarende uttørring utover våren og

sommeren uten at dette skader konstruksjonene.

Det foreligger selvfølgelig fra praksis en mengde erfaringer når det gjelder kondensfenomener. Stort sett viser disse erfaringer heldigvis at forholdene neppe er så farlige som de vanlige teoretiske beregninger ofte viser. Dette viser igjen at våre teorier om kondens i bygningskonstruksjoner hittil ikke er gode nok. Vi vet en hel del kvalitativt om disse fenomenene, men dessverre ikke nok til å beherske det hele på en teoretisk uklanderlig måte.

Norges byggforskningsinstitutt ser det som en viktig oppgave å fremskaffe tilstrekkelig materiale til å klarlegge disse fenomener så langt at man ikke risikerer å gjøre alvorlige tabber i praksis. Vi har funnet ut at det vil være en svært nyttig vei å nå frem til dette gjennom fullstendig analyse av de grunnleggende forhold. Vi har derfor planlagt å bygge et forsøkshus med vegger og tak inndelt i felter av varierende konstruksjon. I disse feltene vil vi da følge fuktighetsutviklingen og på den måten finne frem til en praktisk grense som gir sikkerhet mot skadelig kondens. Vi håper på denne måten å finne frem til hvilke krav som det er riktig å stille til f. eks. tettheten av papp som skal brukes utvendig og innvendig i en vegg. De krav som nå er foreslått i den kommende norske standard for bygningspapp, er satt helt og holdent på skjønn avpasset



Figur 10. Konveksjonsstrømninger i yttervegg.

etter de muligheter og den praksis som i det er innen pappproduksjonen.

Selv om vi, som jeg nevnte, ikke vet nok til å gjøre helt uklanderlige beregninger av kondensfaren i en konstruksjon, er det allikevel mulig for oss å gjøre visse overslag som gir en god pekepinn.

La oss tenke oss en vegg med en diffusjonstett papp innvendig. For ikke å ta for sterkt i, kan vi anta at pappen har et diffusjonstall på

$$\frac{1}{100} \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ h mm Hg}}$$

som ikke er noen særlig tett papp av denne type. De fleste typer diffusjonstett papp som

$$D = 1/100 \text{ g/m}^2 \text{ h mmHg} \times 4300 \text{ h} \times 5 \text{ mmHg} = \underline{215 \text{ g/m}^2}$$

Dette tilsvarende et kompakt is-sjikt av tykkelse 0,24 mm. Om vi i stedet forutsetter at fuktigheten suges opp i et materiale

er i handelen idag er betydelig mere dampette enn dette. Vi vil videre anta at den gjennomsnittlige damptrykkforskjell i vinterhalvåret er 5 mm Hg over pappen. Dette er, som tidligere vist, en meget ugunstig antagelse. Bare i rene unntagelsestilfelle kan vi tenke oss større gjennomsnittlige damptrykkfall over innvendig papp i et vanlig bolighus. Vi vil nå forutsette at det diffunderer igjennom vanndamp i 6 måneder i trekk, dvs. i 4300 timer uten at noe av det vann som derved kommer inn i veggen får anledning til å komme ut igjen. Vi beregner den totale vannmengde som går igjennom 1 m² av pappen og får:

inne i veggen, ville fuktighetsøkningen bli:

1) Alt suget opp i et 3/4" panel, fuktøkning = 2,8 % (vekt)

2) Alt suget opp i en 1/2" porøs fiberplate, fuktøkning

$$= 6,8 \% \text{ (vekt)}$$

3) Alt suget opp i 10 cm mineralullmatte, fultøking

$$= 0,215 \% \text{ (volum)}$$

$$3,5 \% \text{ (vekt)}$$

Det er sett bort fra mulig virkning av pappskjoter, spikerhull o. l., men vi skjønner allikevel straks at det neppe hender noen katastrofe selv om det ikke skulle komme et eneste gram vann ut av veggen hele vinterhalvåret. Når sommeren kommer vil forholdene bli omsnudd. Damptrykket vil være høyest inne i veggen og diffusjonen går i motsatt retning. En kan være fristet til å anta at såfremt vi har et godt sperresjikt innvendig spiller det mindre rolle hvor tett veggen er utvendig. I hvert fall bør vi ikke av hensyn til kondensfaren være redd for å legge pappsjiktene utvendig med klemte skjoter på værharde steder.

BYGNINGSPLATER

Av siviling. Henry Hansen - Norges byggforskningsinstitutt

Man kan kanskje med et noe forslitt uttrykk si at vi idag lever i bygningsplatenes tidsalder. De aller fleste hus som bygges i dag nytter bygningsplater av en eller annen type, og antallet typer har i de senere år vokset sterkt.

Bygningsplatene er kommet som erstatning for trepanel. Årsaken til at bygningsplatene har erobret seg så stor plass i husbyggingen på bekostning av vanlig trepanel er dels at platene i visse henseender er bedre enn trepanel og dels at de er meget billige. En konsekvent bruk av bygningsplater i stedet for trepanel vil med dagens trelastpriser ofte bety en betraktelig besparelse ved husbygging.

For å få en oversikt over den relative betydning av de enkelte bygningsplatetyper, skal vi her gjengi noen tall over produksjon og import av disse materialer:

Produksjon av trefiberplater i 1953.

Hårde plater	8 700 000 m ²
Halvhårde plater	2 900 000 »
Porøse plater	10 900 000 »
Oljeherdede plater	270 000 »
	<hr/>
	22 770 000 m ²

Av den totale produksjon ble ca. 25 % eksportert.

Av gipsplater ble det i 1953 importert ca. 620 000 m².

Den innenlandske produksjon av gipsplater var forholdsvis liten.

Produksjon av asbestcementplater i 1954.

Bølgeplater	1 300 000 m ²
Plane plater	117 000 »
Skifer	600 000 »
Panel	235 000 »
	<hr/>
	2 252 000 m ²

Bølgeplater og skifer ble vesentlig brukt til takteking. En del bølgeplater er nok brukt til veggbekledning, himlinger etc. Asbestpanel er et forholdsvis

nytt produkt som ennå ikke er helt innarbeidet på markedet. For å belyse den økte anvendelse som dette produkt har fått kan opplyses at mens produksjonen av asbestcementpanel i 1954 var 235.000 m², så var produksjonen i 1953 bare 130.000 m².

I forhold til de platetyper som er nevnt ovenfor er kvantiteten av de andre platetyper som blir brukt nesten ubetydelig.

Av tallene fremgår videre at den kvantitativt helt dominerende platetype er trefiberplatene.

Før vi går videre og omtaler de enkelte platetyper skal vi se litt på hvilke egenskaper hos platene vi er interessert i, og hvilke av disse egenskaper det er mulig å prøve.

1. Dimensjoner. De fleste plate typer selges i standardiserte formater. Et økonomisk byggverk forutsetter at plateformater og byggverk passer sammen. Ved bindingsverkhuss er det nå blitt svært alminnelig med 60 cm c/c mellom stenderne. Plater som er 60 cm eller 120 cm brede passer således bra til denne bindingsverktype. En del plater er 4' = 122 cm brede og de passer ikke så bra til spikring direkte på bindingsverket.

Det er imidlertid ikke bare platenes nominelle dimensjoner som er av interesse. Man vil også gjerne vite med hvilke toleranser de forskjellige platetyper leveres. Særlig kan store variasjoner i platenes tykkelse være kjedelig. Det er klart at en plate hvis tykkelse varierer mellom 11 og 14 mm ikke er så anvendelig som en plate der varierer mellom 12 og 13 mm. Det er imidlertid som oftest vanskelig å få produsentene til å garantere visse toleranser for sine produkter, så må man som regel her gå ut fra erfaringsverdier.

2. Romvekt. Romvekten er av særlig interesse for plater som skal anvendes til varmeisolering. Vi vet jo at et materials varmeledningstall er en funksjon av romvekten. Et gitt varmeledningstall refererer seg alltid til en bestemt romvekt. Det er således i alminnelighet ikke nok å si at f. eks. porøse trefiberplater har den og den λ — verdi. Skal man være nøyaktig må man si at porøse trefiberplater med den og den romvekt har den og den λ — verdi. Eksemplet med trefiberplater er forresten ikke så velvalgt, da romvekten for disse plater ligger innen et forholdsvis snevert område. Det er imidlertid godt å være oppmerksom på saken.

Romvekten kan videre være veiledende når man skal bedømme om f. eks. en plate egner seg til utvendig kledning. Jo mindre romvekten er, desto større er som regel materialets vannoppsugning.

Platenes bøyingsstyrke er også i de fleste tilfeller sterkt avhengig av romvekten.

På fig. 1, er vist bøyingsstyrker til trefiberplater i avhengighet av romvekten.

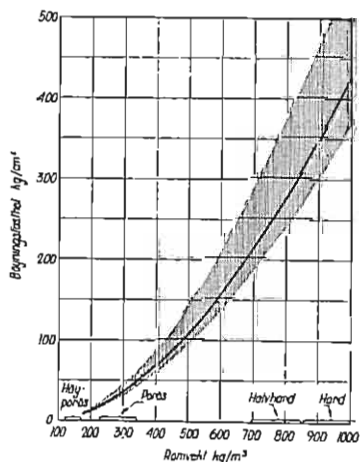


Fig. 1. Forholdet mellom bøyingsfasthet og romvekt hos trefiberplater.

3. *Bøyningsstyrke.* Dette er en egenskap ved platen som er lett å måle. Det er imidlertid ofte slik at selve bøyningsfastheten ikke har så stor verdi for et bekleddningsmateriale.

Dette er f. eks. tilfelle når platen spikres på et fast underlag så som panel. Nå er det ofte slik at har en plate stor bøyningsstyrke, så har den også en rekke andre gode egenskaper. Det man kan kalle «Køksållfasthet», dvs. platens evne til å tåle dagliglivets skubb og slag, viser seg ofte å bli bedre når platens bøyningsstyrke øker. For en rekke anvendelser har platenes bøyningsstyrke direkte betydning. Dette er tilfelle med en plate som spikres direkte på bindingsverket. Platen skal helst ikke gå i stykker om den får et ublidt skubb. De konstruksjoner som er godkjent av bygningsmyndighetene idag, der platene spikres direkte på bindingsverket synes å være fullt tilfredsstillende. Å angi tall for hvor stor styrke en bygningsplate skal ha for et bestemt underlag er meget vanskelig, men de svakesteste plater som idag spikres på bindingsverket uten losholter kan tåle et moment på ca. 8 kgcm/cm.

Bøyningsstyrken til en tørr og en våt bygningsplate er oftest forskjellig. En plate som blir våt kan miste så mye av sin styrke at den blir uanvendelig i fuktige rom.

4. *Platenes skjærfasthet eller gjennomlokningsfasthet.*

Hvis det er altfor lett å slå hull i en plate, er den mindre egnet til bekleddningsmateriale. Det er platenes dårligste egenskap som, som regel er avgjørende for om de kan brukes eller ikke. Man kan f. eks. forlange at et bekleddningsmateriale som er festet på veggen skal tåle et visst trykk fordelt over en flate som er 3" x 3". Denne flate 3" x 3" er da valgt vilkårlig. Foretar man en prøve for å undersøke hvor stor last platene kan tåle belastet på denne måte, viser det seg at de fleste bygningsplater ryker med et rent bøyningsbrudd, mens det f. eks. ved de importerte gipsplater skjer et rent gjennomlokningsbrudd, dvs. den trekloss man har brukt ved belastningen danner et firkantet hull

i platen uten å beskadige platen noe særlig forøvrig.

Noen standardisert prøvemåte for prøving av skjærkraft eller gjennomlokningsfasthet finnes ikke.

5. *Platenes stivhet.* Hvis platene er for myke, vil de lett få et bukket utseende når de brukes til veggbeledning og himling. Særlig er det ofte ille ved himlinger hvor platene danner heng. Ofte er det slik at selv om platen i en himling er rett og pen til å begynne med, så vil det etter en tid danne seg heng.

Platens stivhet ved langtidsbelastning er således avgjørende for om den kan brukes til himling eller ikke. Blir platen avvekslende fuktig og tørr under bruken, vil dette som regel bevirke at de fleste plater av organisk materiale vil få heng når de nyttes til himling. I fig. 2, er angitt hvordan en gipsplate bøyer seg ned under langtidslast.

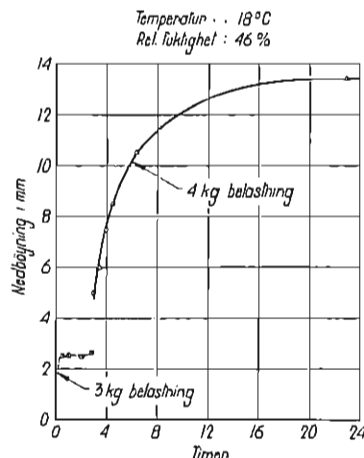


Fig. 2. Nedbøyning av 3/8" gipsplate under langtidslast.

6. *Utvidelse ved fuktighet.* De fleste materialer sveller når de blir fuktige og krymper når de tørker. De fleste kjenner vel eksempler på hvordan innvendig platebeledning har beveget seg under innflytelse av skiftende fuktighet. Den har kanskje bukket ut så veggen er blitt meget ujevn eller den har trukket seg sammen og revet istykker tapeter. Den mest alminnelige prøve for å finne platenes utvidelse ved fuktighet består av følgende:

Platen kondisjoneres i forholdsvis tørr luft. Det avmerkes 2 punkter på platen og avstanden mellom dem måles. Pla-

ten blir så kondisjonert i fuktig luft, og avstanden mellom de avmerkede punkter måles på ny. Lengdeendringen uttrykt i % av den opprinnelige avstand mellom punktene blir da svellingen. En meget brukt måte å undersøke svellingen på er å dykke platen i vann og måle lengdeendringen av platen etterat platen har ligget i vannet en viss tid.

7. *Vannoppsugning.* For å undersøke platenes kvalitet blir ofte en prøve av platen dykket i en viss tid (f. eks. 2, 16 eller 24 timer), og man foretar en veiing og finner ut hvor mye vann platen har suget opp. Dette er imidlertid en prøvemåte som i enkelte tilfeller kan gi feilaktige resultater.

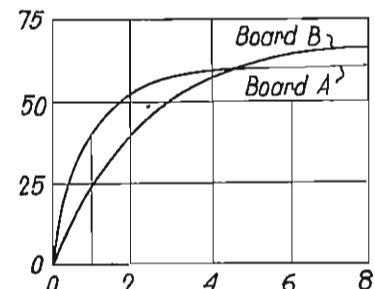


Fig. 3. Vannabsorbasjon til tre-fiberplater avhengig av vannlagringstiden.

Fig. 3 viser vannoppsugningskurven for 2 plater. Undersøker man vannoppsugningen etter 24 timer så ser vi at plate B suger minst vann, undersøkes vannoppsugningen etter 6 døgn så har plate B suget mest vann. Skal vannoppsugningsproven ha noen praktisk betydning må den gi et uttrykk for andre viktige egenskaper ved platene f. eks. svinn, svelling, bøyningsstyrke osv. Det viser seg at sammenligningen mellom de andre plateegenskapene og vannoppsugningen ofte er dårlig.

8. *Frostbestandighet.* Undersøkelse av frostbestandighet har bare interesse for utvendige bekleddningsmaterialer. Den beste metode for å undersøke et materiales frostbestandighet er å prøve det i praksis og få erfaring på denne måte. Dette er jo en nok så langtekkelig prøvemåte, og man kan også undersøke frostbestandigheten på et laboratorium ved en akselerert prøve, men denne laboratoriemetoden viser seg ofte upålit-

lig. Da man ikke har standardiserte prøvemethoder for frostbestandigheten vil ofte prøver ved forskjellige laboratorier gi forskjellige resultater, men man må vel gå ut fra at laboratorieprøvene i et hvert fall gir noen orientering.

Organiske materialer viser seg ofte å være forbausende frostbestandige.

9. Materialets overflatehårdhet. Denne har særlig interesse for innvendige kledningsmaterialer. Bruker man for bløte materialer til innvendig kledning risikerer man at den blir ødelagt av storrygger, ved at bordhjørner blir skubbet noe ublitt inn til veggen osv. Dessverre fins det ikke idag noen tilfredsstillende prøvemethode til å måle hvor bløte materialene er i overflaten. Man er derfor her foreløpig nødt til å basere seg på de erfaringer man har i praksis for de enkelte platetyper.

En metode som har vært forsøkt er å måle hårdheten av en bygningsplate på samme måte som man måler hårdheten til stål. (Brinellhårdhet.) Flere land har i sine bestemmelser for trefiberplater foreskrevet en hårdhetsprøve som går ut på å trykke en stålkule av en bestemt diameter ned i materialet med en bestemt kraft. Den dybde som kulen trenger inn i materialet er da et mål for dets hårdhet. Denne prøvemethode har dog fått en noe blandet mottagelse mange steder. I U.S.A. har ASTM standardisert en prøvemethode (Janka ball test) for måling av hårdheten av tre. Det er foreslått at denne metode også kan nyttes til å bestemme hårdheten av trefiberplater.

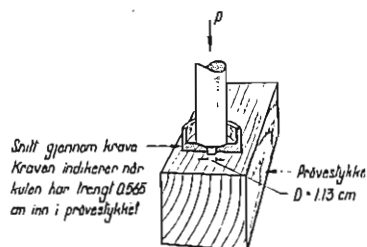


Fig. 4. Prøving av hårdhet til tre etter ASTM - D143 - 52.

10. Brannteknisk klassifisering. Den branntekniske klassifisering foregår etter regler gitt i bygningsforskriftene. Den brann-

tekniske prøving foretas her i landet bare av Brannlaboratoriet N.T.H.

Den branntekniske klassifisering som anvendes her i landet har en noe grov inndeling når det gjelder delvis brennbare materialer. En plate oppnår enten klassen flammeherdig C5, eller så har den ikke noen klasse i det hele tatt. Det er klart at en såvidt brannfarlig plate som en porøs trefiberplate kunne forbedres vesentlig ved en brannhemmende impregnering, men det er vanskelig å få denne impregnering så god at platen kommer i klassen C5. Da en forbedring av platens branntekniske egenskaper ikke vil komme til syne i den branntekniske klassifisering og følgelig heller ikke bevirke noen endring i forskriftene for bruk av disse plater, så har ikke produsentene noen interesse av å forbedre platen i det hele tatt i brannteknisk henseende.

11. Andre egenskaper. Det er selvsagt en rekke andre egenskaper ved bygningsplater enn de som er nevnt ovenfor som er av interesse. Man kan nevne slike egenskaper som spikerfasthet, slitfasthet, resistens mot kjemikalier og motstand mot råte, insektangrep og angrep fra andre dyr og planter. Når det gjelder disse ting så må man si at prøvningsteknikken er svært lite utviklet. Man er således når det gjelder disse egenskaper foreløpig nødt til å stole på den praktiske erfaring. Som regel er en bygningsplate plasert slik i bygget at en del av de ovenfor nevnte beskadigelsesmuligheter har mindre interesse. Det som idag er den store ulempen ved de aller fleste bygningsplater er at de er lite skru- og spikerfaste. Det er som regel ikke mulig å henge tunge ting (f.eks. en bokhylle) på en vegg bekledd med bygningsplater uten at man kan henge tingen i skruer som festes i spikerslagene.

Når man skal bedømme om en bygningsplate er tilfredsstillende som bekledningsmateriale så dømmer man ofte ut fra varigheten av platen. Dette er imidlertid ikke nok. Man må også ta i betraktning om en slik veggbekledning vil bevirke minsket bevegelsesfrihet (f. eks. til

å henge opp tunge ting) for de som skal bruke rommene.

TREFIBERPLATER

Trefiberplater er laget av defibrert tre og har følgelig mange egenskaper til felles med det materialet. Trefiberplater lages etter to forskjellige prosesser og det er måten treet blir defibrert på som er forskjellig. Den eldste metoden er Mason-prosessen som nytter en Mason-kanon til defibrering. Her blir den opphuggede flis brakt inn i et kammer hvor man har høytrykksdamp. Damptrykket blir bragt opp i 70 atm. og innholdet blåses så ut i en syklon. Ved dampens ekspansjon defibreres flisen. Metoden har vært patentbeskyttet og har ikke fått noen stor utbredelse i Europa.

Den annen metode å defibrere flisen på, bygger på Asplunddefibratoren. Her blir flisen ved hjelp av damp oppvarmet til 160°—190°, og så blir den malt i ad mekanisk vei. Det er denne metode som brukes i Norge.

Det er vesentlig harde plater som lages etter Mason-prosessen. Masonitplatene synes å ha noen mindre vannoppsugning i fuktig luft og noe mindre svelling enn plater laget etter den andre metoden. Det vil med andre ord si at Mason-platene er mer døde.

Trefiberplater her i landet er laget av noe forskjellig råstoff, fra det beste tømmer til treavfall. Løvved kan også nyttes til trefiberplater. Hvordan råstoffet innvirker på de ferdige plater synes ikke helt klarlagt, men det er klart at med varierende råstoff får man noe varierende kvalitet av platene.

Trefiberplatene kan ikke tåle større varme enn treverk. P.g.a. strukturen så vil porøse trefiberplater bli langt mere flammespredende enn treverk. Det må derfor ansees som en stor ulempe ved disse plater at de er ganske farlige sett fra et brannteknisk synspunkt. Vi vet også at tre sveller i fuktighet og at denne svelling er forskjellig i lengderetning, radiell retning og i tangentiell retning. For trefiberplater har man det forhold at fibre ikke er ordnet i en bestemt retning.

Krymping og svelling i trefiberplate blir derfor større enn den tilsvarende krymping eller svel-

ling for tre i langderetning, men mindre enn treets bevegelse i radiell og tangentiell retning.

Når trefiberplatene blir utsatt for gjentagende fukting og og uttorking skjer det et svinn slik som vist i fig. 5 og 6.

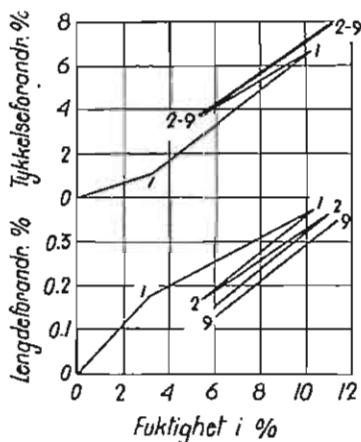


Fig. 5. Gjentatt svelling og krymping av trefiberplater mellom 30% og 90% relativ fuktighet.

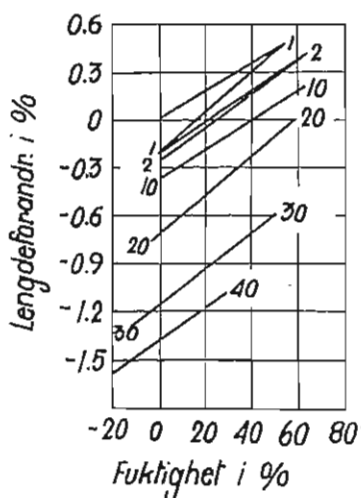


Fig. 6. Gjentatt svelling og krymping av trefiberplater mellom maksimalfuktighet og tørr tilstand.

Man ser således at selv om ikke platene trekker seg så mye sammen at det blir sprekker ved plateskjøten ved den første uttorking, så kan platene ved gjentatt fukting og uttorking få et så stort svinn at man får en sprekk.

For trefiberplater er svellingen i lengde- og bredderetningen ca. 0,4—0,5%. Tykkelsessvellingen er noe større. I trepanel motvirkes treets bevegelse ved at man bruker forholdsvis smale bord. Når man bruker trefiberplater derimot, så brukes store formater slik at bevegelsen i

plateskjøtene kan bli stor. Dette forhold søkes motvirket ved at trefiberplatene settes opp fuktige. Når platene så tørker, vil de krympe, og det vil bli en viss strekkspenning i platene. I den senere tid har man begynt å høvle trefiberplatene skrå i skjøten og så lime platene sammen. Dette synes å være en metode som har krav på stor interesse. Det finnes nå også spesialstift for spikring av trefiberplater.

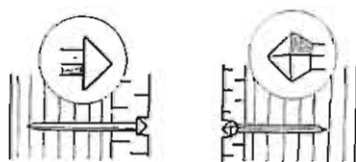


Fig. 7. Spesialstift for trefiberplater.

Trefiberplatene har standard bredde på $4' = 122$ cm og lengde i hele fot. Dessuten kan man få kjøpt spesialformater.

Av trefiberplater lages det her i landet 4 typer, nemlig porøse, halvharde, harde og oljeherdede.

Porøse trefiberplater nyttes idag til innvendig kledning. Asfaltlimte eller asfaltimpregnerte plater kan også nyttes til erstatning for det innerste av de 2 utvendige paneler. De porøse platene har en romvekt som er mindre enn 400 kg/m^3 og en bøyingsstyrke som er $20\text{--}40 \text{ kg/cm}^2$.

Platene har en ganske stor varmemotstand i det varmeledningstallet er $\lambda = 0,05$. Som rent varmeisolasjonsmateriale kan det ikke konkurrere med de moderne isolasjonsmaterialer, men det har en utvilsom fordel i at det både er et bekledningsmateriale og et isolasjonsmateriale.

En mangel ved de porøse trefiberplatene er at de har en forholdsvis løs overflate. Det er derfor et spørsmål om de er noe særlig egnet som veggbeledning i rom hvor de er utsatt for litt hard behandling som f. eks. i entréer, barneværelser etc. Et solid tapet hjelper selvsagt til å forsterke overflaten. I rom hvor det er mye fuktighet f. eks. kjøkken, vaskerom etc., er de heller ikke særlig egnet da de suger vann.

Halvharde trefiberplater. Disse er et kompromiss mellom de porøse og de harde trefiberplater. De har en romvekt på $700\text{--}800 \text{ kg/m}^3$ og en bøyingsstyrke på $200\text{--}400 \text{ kg/cm}^2$. Varmeledningstallet er $\lambda = 0,05\text{--}0,08$. Disse plater har således fremdeles en forholdsvis god varmeisolasjon samtidig som de har en noe hardere overflate. Vannoppsugingen er også vesentlig mindre enn for de porøse platene.

Harde trefiberplater. Disse har en romvekt på over 900 kg/m^3 og en bøyingsstyrke på $400\text{--}600 \text{ kg/cm}^2$. Varmeledningstallet er her $\lambda = 0,07\text{--}0,12$. Disse plater kan brukes til veggkledning i rom hvor veggene er utsatt for noe hard behandling, eller hvor det er fuktig luft. Platene settes ofte opp med lister over plateskjøtene for å hindre at platenes bevegelse skal frembringe synlige sprekker. Disse plater brukes dessuten til spesielle formål som dører, skap etc.

Herdede trefiberplater. Vil man ha en ennå sterkere plate enn den harde trefiberplate, kan man nytte oljeherdede trefiberplater. Disse har en bøyingsstyrke på $600\text{--}900 \text{ kg/cm}^2$ og har en meget hard overflate. De har en meget liten vannoppsugning. Man må imidlertid ikke tro at herdede plater ikke krymper og sveller ved fuktighetsvariasjoner, for det gjør de, og på grunn av at disse plater er ekstra sterke, og har en høy elastisitetsmodul er det ofte langt vanskeligere å få disse plater til å stå i ro enn de porøse.

Spesialplater laget av trefiberplater. Disse er hovedsakelig harde trefiberplater som er gitt et eller annet belegg, på den ene side. Det finnes et stort antall av de såkalte lakkplater i markedet. Disse plater er behandlet med lakk på den ene side som imiterer forskjellige tresorter, og noen er pålimt et tynt lag med finér på den ene siden. Videre finnes i handelen plater som er malt med brannhemmende maling. Disse siste plater er godkjent i den branntekniske klassen C5 og skulle således kunne brukes til beldedning av lettvegger i murhus.

GIPSPLATER

Av gipsplater finnes det 2 typer, de importerte gipsplater og kivronplaten. De importerte gipsplatene har et belegg med sterkt papir på begge sider. Det finnes også en gipsplate med pålimt aluminiumsfolie på den ene siden. Disse platene har vanligvis en romvekt 700 kg/m³ til 1200 kg/m³, og varmelednings-

Tykkelse	Spennvidde i lengderetning	Spennvidde tvers på lengderetning
12,5 mm	45 kg	20 kg
9,5 »	35 »	15 »

Den vesentlige årsak til at platene er så vidt sterke er papirbelegget som tjener som armering.

Da papiret har forskjellig styrke i lengde og tverretning, får også platene noe forskjellig styrke i de 2 retninger.

Platene er ganske motstandsdyktige mot brann i det det i tykkelsen 9,5 mm er godkjent i den branntekniske klasse C5 og tykkelsen 12,5 mm i klassen B15.

Gipsplatene er således godkjent brukt i lettvegger i mur og betonghus. En 12,5 mm gipsplate kan spikres direkte på bindingsverk 60 c/c mellom stenderne uten losholter. For 9,5 mm gipsplate forlanges det at spikerslagene skal danne ruter med max. størrelse 1 m × 0,6 m og at det dessuten settes inn et ekstra spikerslag nede ved gulvet for å hindre at platene blir sparket i stykker. Noen forsøk som er utført ved NBI tyder på at effekten av det ekstra spikerslag nede ved gulvet kan være noe tvilsom hvis platen blir utsatt for stot.

Svakheten ved gipsplater ligger ikke så mye i at de har liten bøyningstyrke som i at de har

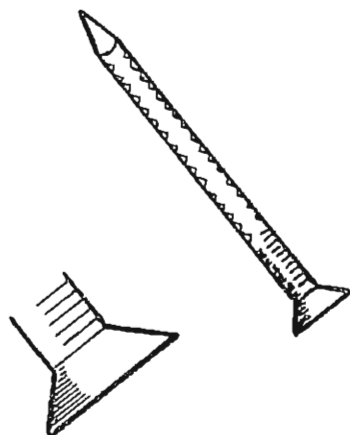


Fig. 8. Spesialstift for gipsplater.

tallet kan settes fra 0,12 til 0,18 kcal/m²Ch avhengig av romvekten.

Platene fåes både i 122 cm og 120 cm bredde, og i tykkelsen 9,5 mm og 12,5 mm. Hvis platene prøves med rettsiden ned så vil en 30 cm bred plate med en spennvidde på 40 cm belastet med enkellast på midten minst tåle følgende laster:

forholdsvis liten skjærfasthet, slik at det ved en punktbelastning kan opptre gjennomløkning.

Gipsplatene bør helst spikres med spesialstift (25/38).

Gipsplatene sveller lite i fuktig luft, bare ca. 0,1%. Man har derfor ikke noe stort problem med å få disse platene til å stå rolig på en vegg. Blir platene fuktige mister de en stor del av sin styrke. Det er således ikke særlig bra å bruke gipsplater på fuktige steder f. eks. i vaskekjellere. Selv om bygningsforskriftene tillater å bruke oljemalte gipsplater i vaskekjellere, bør man helst ikke bruke dem der da man ikke kan stole helt på oljemalingens evne til å hindre at fuktighet trenger inn i platene, særlig når denne oljemalingen blir gammel.

En gipsplatetype noe forskjellig fra den importerte lages i Norge (Kivronplaten). Denne plate er laget av gips som er blitt porøs ved tilsetning av visse stoffer. Den lages med papir på en og på begge sider.

Kivronplatene leveres normalt i 60 cm bredde og lengde 120 cm eller 240 cm.

Tykkelsen er 9,5 mm, 12 mm og 20 mm.

Kivronplater som er 20 mm tykke er godkjent i den branntekniske klassen B30

Kivronplaten har forøvrig noenlunde de tilsvarende egenskaper som den importerte gipsplate. Bøyningstyrken til en gipsplate som ikke har noe papirbelegg er ofte nok så liten. Brukes gipsplater med papir bare på en side, bør dette papir vende inn mot rommet når platen nyttes til himling. Vil man nytte gipsplater til himling hvor den papirfri side vender inn mot rommet må de enten festes på fast

underlag eller spikerslagene må stå ganske tett.

ASBESTCEMENTPLATER

Disse plater er laget av asbest og cement og består således kun av uorganiske materialer. De fine asbesttrådene har en ganske stor strekkstyrke og tjener som armering i materialet. Produktenes bøyingsstyrke avhenger således i høy grad av hvor mye asbest materialet inneholder.

Det viser seg at bøyingsstyrken også i høy grad er avhengig av om platene er presset eller ikke. Skifer er et asbestcementprodukt som blir presset under fabrikkasjonen og disse har en forholdsvis stor bøyingsstyrke, mens derimot korrugerte plater ikke blir presset og har følgelig en noe lavere bøyingsstyrke.

Fremstillingen av asbestcementplater foregår ved at en blanding av vann, cement og asbest blir slikket eller trukket opp på en nettingduk hvor så vannet renner av. På grunn av fremstillingsmåten har asbesten en tendens til å orientere seg i matningsretningen.

Platene vil således få en noe større armering av asbesttråder i lengderetningen enn i tverretningen (flere asbestfibre vil ligge parallelt med lengderetningen enn med tverretningen) og følgelig blir platene sterkest i lengderetningen.

Av asbestcementplater har man følgende typer:

1. Korrugerte plater.
2. Plane plater.
3. Asbestcementpanel.
4. Skifer.

Asbestcement er et frostbestandig materiale, og kan derfor brukes utendørs. Korrugerte plater brukes mest til taktekking, plane plater brukes til veggkledning eller himling i spesielle rom f. eks. rom med fuktighet hvor de andre platetypene ville ta skade. Asbestcementpanel brukes til utvendig kledning av hus. Det siste produktet, asbestcementpanel, er ganske nytt her i Norge, men er blitt ganske populært da det er billig i forhold til trepanel. De tekniske data for asbestcementplater er gjengitt i tabell 1.

TABELL 1

	Romvekt kg/m ³	Bøyningsfast- het kg/m ³	Vann- oppsuging
Korrugerte plater	Min. 1400	Minst 130	Høyst 28%
Plane plater	» 1600	» 150	» 25%
Panel	» 1600	» 150	» 25%
Skifer		» 180	» 22%

De anførte tall gjelder for plater som er våte når de blir prøvet. For tørre plater er bøyningsstyrken noe større. Det angis ofte at bøyningsstyrken i våt tilstand er ca. 70% av bøyningsstyrken i tørr tilstand.

De anførte tall er et middel av bøyningsfastheten i platenes lengde- og tverretning. Platenes bøyningsstyrke i tverretning er ca. 70% av styrken i lengderetningen.

Asbestcementplatene er dårlige til varmeisolasjon og er således et typisk bekleddningsmateriale. Materialet har følgende brann-tekniske klassifisering.

Tykkelse 5mm og 7mm C5.

Tykkelse 8 mm eller mere B15.

For asbestcementplater gjelder mere enn for de fleste andre plater at underlaget bør passe til plateformatet. Platenes er nemlig litt brysomme å kappe og det bør bores hull for spikerne.

Plane asbestcementplater leveres i standardformatet (120 × 120) cm², og standardtykkelser er 5, 8 og 10 mm. Korrugerte plater leveres i standardformatet (122 × 102) cm², og tykkelsen er her 6 mm. Platenes totale tykkelse fra bølgetopp til bølgedal er 130 mm.

Panelplater leveres i standardformatet 60 × 30 cm og tykkelse

Spennvidden i platenes lengderetning: 3—6 kg/cm²

Spennvidden på tvers av — : 15—25 —

Platenes svelling i fuktig luft ca. 0,1 %

Til en 50 mm skrue, 4,5 mm tykk, som var innskrudd 30 mm i platen trengte man en kraft på ca. 20 kg for å trekke den ut. For en fuktig plate (kondisjonert i 95 % rel. fuktighet) var den tilsvarende kraft ca. 15 kg.

Platenes er således i høy grad skrufaste og man skulle uten fare kunne feste lette utstyrgjenstander uten ekstra spiker-slag.

Platenes er forholdsvis lette å skjære, hvis man benytter en grovtannet sag med kraftig vik. Skjæres platen på tvers må man straks platen er skåret, lime

sen er 4 mm. Dette standardformat forutsetter en avstand mellom lektene på 267 mm. Eternittpanelet leveres med spikerhull.

ANDRE ISOLASJONSPLATER

Halmplater ble bragt på markedet etter krigen. Det ser ikke ut til at disse platenes er blitt noe særlig populære, og en del fabrikkter som laget disse platenes har innstilt driften. At platenes ikke har slått noe særlig an behøver imidlertid ikke å skyldes selve platen, men ukyndighet om platenes egenskaper og hvorledes de skal settes opp.

Halmplatenes består av en kjerne av halm som er presset ved høy temperatur og høyt trykk. Ved presingen blir halmstråene orientert slik at de vesentlig ligger på hvers av platen. På begge sider av denne halmkjernen er det limt kraftpapir. Halmplatenes har en romvekt på ca. 250—350 kg/m³ og et varmeledningstall $\lambda = 0,085$. Det har vist seg at halmplater er ganske motstandsdyktige mot brann. Likesom ved gipsplater er papiret en vesentlig årsak til halmplatenes styrke. For en 5 cm tykk halmplate ble følgende verdier funnet for bøyningsstyrken ved forsøk.

kraftpapir over snittet da halmen ellers vil tyte ut.

Spørsmålet om halmplatenes får noen betydning i småhusbyggingen er i første rekke et pris-spørsmål.

En plate som har ganske gode brann-tekniske egenskaper er asbestoluxplaten. Den består av finmalt kiselgur og asbest og har følgende brann-tekniske klassifisering:

Tykkelse $\frac{3}{10}$ " C 5

» $\frac{1}{4}$ "— $\frac{3}{8}$ " B 15

» $\frac{1}{2}$ " B 30

Vil man ha en helt brannfast konstruksjon kan spikerslagene

for platenes erstattes med noen lektet som er laget av samme materiale som asbestoluxplatenes. Disse lektene har imidlertid ikke så stor bøyningsfasthet og de må derfor legges an mot et underlag. — Et eksempel på innkledning av en stålsøyle er vist på fig. 9.

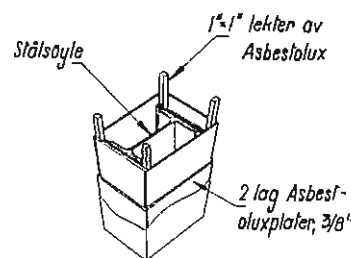


Fig. 9. Brannherdig bekleddning av stålsøyle.

Platenes varmeledningstall er $\lambda = 0,08$ og svellingen ved fuktighet er helt ubetydelig. Det angis en svelling på 0,01 % ved dykning i vann i 16 timer. Det angis videre at platenes mister 30 % av sin styrke i våt tilstand men får tilbake sin opprinnelige styrke når de tørker ut. Platenes romvekt er 650—900 kg/cm³.

En helt ny type bygningsplater som i det siste er kommet på markedet er plastplatenes. De er vesentlig dyrere enn de andre bygningsplatenes, men de besitter en rekke gode egenskaper som gjør dem egnet for spesialformål. Platenes er ofte meget dekorative, og de har en stor slitestyrke. De er som regel meget motstandsdyktige mot vann. Bekledning med plastplater på bad, kjøkken og i trappeoppganger kan mange ganger tenkes som en god løsning.

Plastplatenes fåes som regel som plastlaminater, dvs. de består av papir eller tekstiler som er impregnert med plast og presset sammen under høyt trykk. Plater av denne typen kan enten være så tynne at de må limes på et stivt underlag f. eks. en kryssfinérplate eller en trefiberplate, eller de kan være så tykke at de er stive nok i seg selv.

En spesiell type er de glassfiberarmerte plastplatenes. Disse kan oppnå en betydelig bøyningsstyrke. Idag leveres det også korrugerte plastplater til taktekkning. Disse plater slipper ly-

set gjennom og kan følgelig tjene som erstatning for takvindu. Plastplatene befinner seg for tiden i en rik utvikling og man gjør klokt i å holde øynene åpne for hva fremtiden kan bringe på dette felt. Den største mangel ved plastplatene synes for tiden å være deres høye pris.

Til slutt skal nevnes at det finnes en rekke plater på metall-

basis som ikke får betegnelsen bygningsplater men som av og til brukes som slike plater. Det mest kjente materialet av denne art er vel bølgeblekk. Idag har man også bølgeplater av aluminium. Et hus kan også tenkes kledd utvendig med plane aluminiumsplater. Det finnes også i handelen en del stålplater som er dekket med plast eller andre

stoffer, men disse plater brukes helst til takteking.

De fleste av de bygningsplatene som er omtalt foran leveres også som akkustikkplater. Platene har da en masse små huller. Settes en slik plate opp på en vegg med et lydabsorberende materiale under, kan en ofte få de akkustiske forhold i rommet forbedret.

Vindusomramninger - tetthet mot vind og slagregn

Fra NBI's vinterkurs, for «Byggmesteren» av arkitekt Robert Wigen

Vindusåpninger er i prinsippet huller i ytterveggene og medfører total gjennombrytning av veggens vitale deler. Dette betyr at vinduet, foruten å skaffe dagslys til rommene innenfor også skal erstatte den tapte veggflate best mulig. Hvilke krav som i denne forbindelse settes til selve vindusflaten er behandlet i et tidligere foredrag, her skal bare omtales de vanskeligheter som oppstår ved vinduets tilslutning til veggen for øvrig, hvordan dette punkt vanligvis løses og hvilke forbedringer som muligens kan tenkes.

Vindusomramningen er et av de vanskeligste og mest ømfintlige konstruktive ledd i en fasade, særlig ved trehus. Samtidig er den et av de mest skattede arkitektoniske ledd og som sådant utformet i pakt med det skiftende formspråk. Det estetiske hensyn har ofte alene vært bestemmende for utformingen på tross av at denne utvendige detalj er særlig hardt utsatt for klimaets påkjenning. Det er de tekniske spørsmål som skal behandles her, de arkitektoniske ligger utenfor foredragets ramme.

De klimafaktorer som betyr mest for utformingen av vindusomramningen er vind og slagregn. Det finnes riktignok strøk i vårt land hvor omramningene ikke byr på noen problemer i det hele tatt fordi det blåser lite og nedbøren er minimal og alltid faller vertikalt. Dette er f. eks. til-

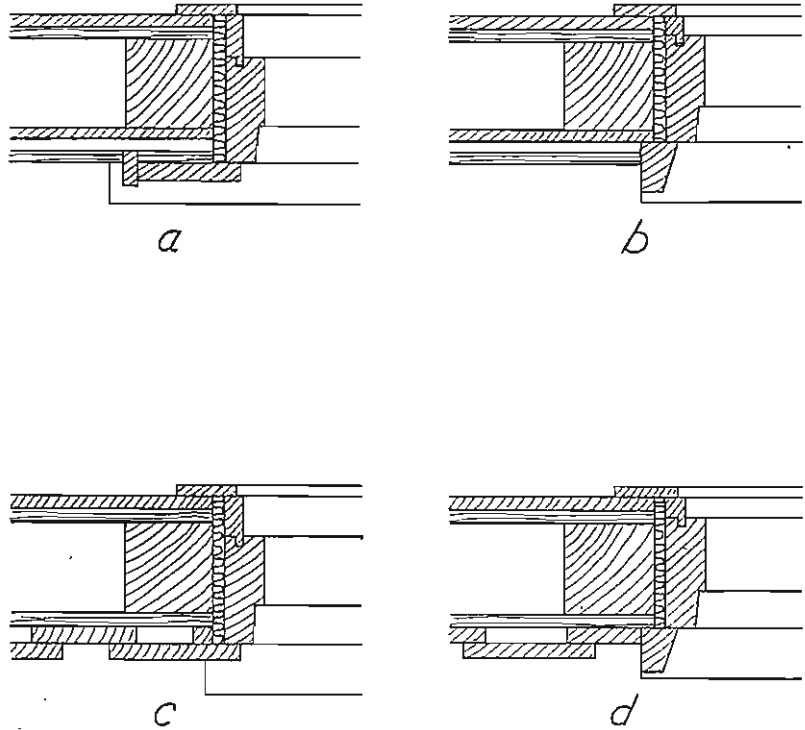


Fig. 1.

felle i deler av Indre Finnmark. I store deler av landet er imidlertid problemene meget aktuelle, særlig i kyststrøkene.

Dårlig løste omramninger kan føre til skader av stort omfang idet ikke bare dens egne ledd kan ødelegges, men også de tilgrensede veggflater. Vann som trenger inn bak belist-

ningen kan lett komme inn mellom de tettere sjikt i veggen og på denne måten ha vanskelig for å tørke ut. Derved oppstår lett råte og sopp. Dessuten kan de dårlige løsninger føre til ytre skader og skjønnhetsfeil ved veggparti under vinduet, f. eks. ved utilstrekkelig avdrypp. Direkte gjennomslag kan videre bevirke ødeleggelse av tapeter, avskalling av maling og sprekker i karmen og foringer.

Det kan kanskje være nyttig å se på noen tildels eldre omramninger for å summere de prinsipper som bestemmer utformingen. I figur 1 er vist noen eksempler på belistning ved sidekarm, dels for liggende — dels for stående panel. 1a viser en løsning med bred sidekledning og krabbelist. Det er et stort spørsmål om krabbelisten er så heldig. For det første vil det lett suges opp vann i endeveden ved hvert halvk i listen og for det andre vil de hulrom som dannes bak kledningen kunne bli for lukket. Er listen godt tilpasset, kan det nemlig danne seg undertrykk i hulrommet slik at vann lett presses

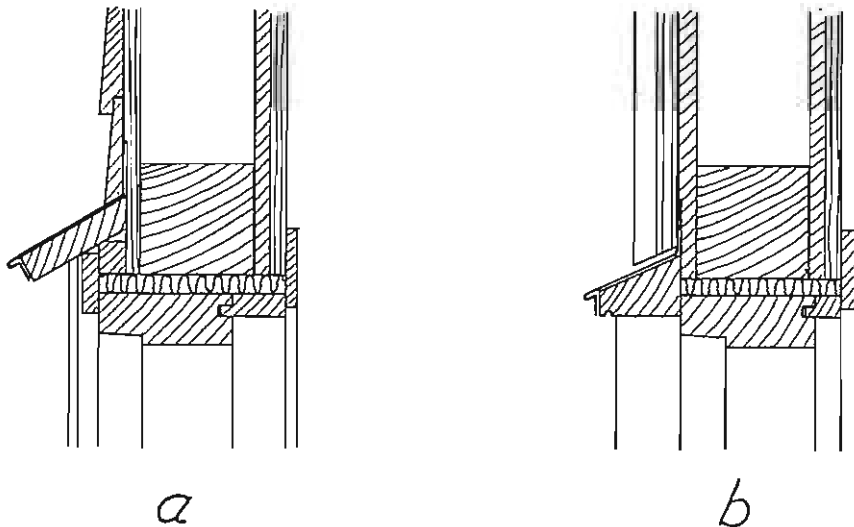


Fig. 2.

inn og vanskelig tørker ut igjen. 1b er en løsning som er meget brukt. Utlektet (luftet) panel ville sannsynligvis redusere faren for inndrev i fugen ved endene av panelbordene. 1c og 1d viser de tilsvarende løsninger for stående panel. Ved d har en de samme problemene som ved b mens c, med overligger som gerikt, nok er en god konstruksjon. Her går veggflaten helt inn på vinduet uten noe overgangsledd. Noen eksempler på belistning ved toppkarm er vist i fig. 2. Ved dette punkt er ikke de vanlige løsningene prinsipielt forskjellige. Beslaget på vannbrettet bør aldri sløyfes. For det første vil ved-

uten ved hjelp av beslag. Treverket vil, slik som det er vist på figuren, lett krympe fra og gi direkte gjennomgående fuger. Denne detalj skal imidlertid behandles nærmere siden.

I mitt forrige foredrag om vindtetthet i vegger og vinduer, ga jeg en beskrivelse av laboratorieforsøk med dyttefuger, og vi husker at det viktigste resultatet var den gode tetning en pappremse over fugen ga.

Etter at disse forsøkene med en enkelt dyttefuge var avsluttet ble det gjort forsøk med hele veggelementer hvor det var montert og belistet vinduskarmen på 1 × 1 m. Rammene var sløyfet og erstattet med

tene var i prinsippet bygget opp etter spesifikasjonen i fig. 4.

Figur 5 viser hvordan bindingsverket var bygget opp og hvor manometerfølerne var anbrakt i dyttefugene og i veggflaten. Pappen var standardisert til en bestemt 9 kg forhudningspapp, og for at variasjonene i selve veggflatens tetthet ikke skulle bli så store at de forstyrret sammenlikningsgrunnlaget, ble alle skjøtene klistret.

Prøvefeltene ble prøvet på luftgjennomgang i samme apparatur som beskrevet i mitt forrige foredrag om tetthet i vegger.

Luftgjennomgangen ble målt ved overtrykk i prøvestapet på fra 10—70 mm VS, og de tilsvarende deltrykk i veggen og dyttefugen registrert for hvert intervall. Resultatene er sammenfattet i oversiktstabellen i fig. 6.

Da det er prøvet bare ett felt av hver type, må en ikke legge for stor vekt på de absolutte tallene. Imidlertid deler resultatene seg i 2 klart atskilte grupper, den ene med luftgjennomgang mindre enn 10 m³/h, den andre større enn 20 m³/h. Tallene gjelder for et overtrykk i skapet på 50 mm VS.

Her ligger alle de omrammingene som har pappen klemt på karmen den første gruppen med minst en gjennomgang, mens de omrammingene som har pappen skåret etter bindingsverket, ligger i den andre gruppen med størst luftgjennomgang.

Forsøkene viser at utformingen av innvendige og utvendige detaljer har avgjørende betydning på trykkfordelingen i dyttefugen.

Hvor tettheten vesentlig ligger i innvendig papp, vil trykket i dyttefugen bli nesten like stort som tryk-

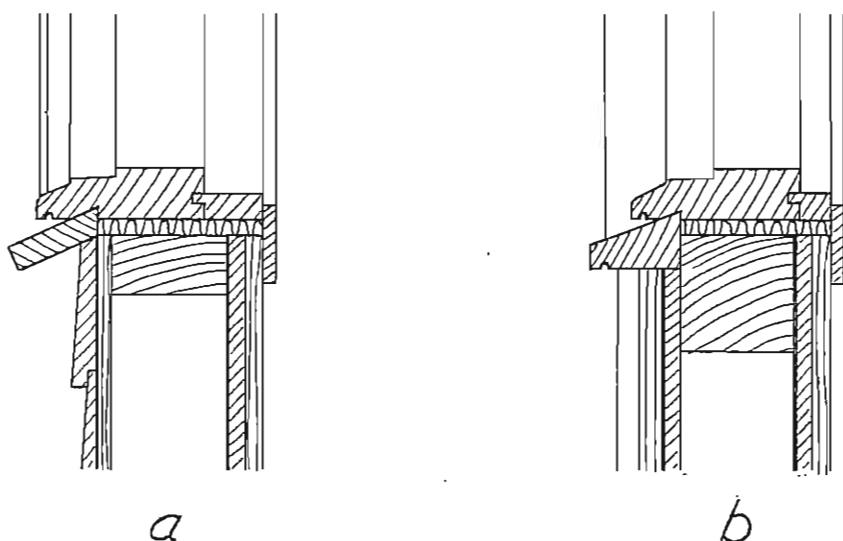


Fig. 3.

likeholds-kostnadene snart overstige anleggskostnadene og for det andre vil det være vanskelig å unngå inndrev uten et beslag ført et godt stykke oppover vegg bak pappen. Dersom panelet sluttet av et stykke over beslaget må man være oppmerksom på de åpningene som derved oppstår ute ved endene, se fig. 2b. Belistning ved bunnkarm er det vanskeligste punktet ved vindusomramningen. På fig. 3 er gjengitt et par eldre løsninger. Vannesen på karmen bidrar snarere til å demme opp for vannet enn å lede det bort. Det er klart at bortledningen bør skje i så få sprang og avsatser som mulig, og da vannesen vanskelig lar seg beslå er den et meget svakt punkt. Vannesen på karmen er tatt bort fra standardprofilene, men den brukes dessverre fremdeles en del. Vannbrettet under karmen bør også beslåes, det kreves ellers stadig vedlikehold. Dessuten er det vanskelig å få fugen under karmen tett for regndrev

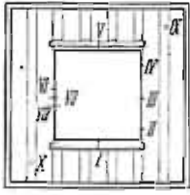
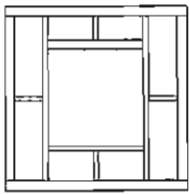
aluminiumsplater da det også i dette tilfelle bare var dyttefugen og omramningen som skulle undersøkes. Veggflatene var utført som vanlige trevegger og de 13 ulike prøvefel-

FORSØK MED VINDUSOMRAMNINGER

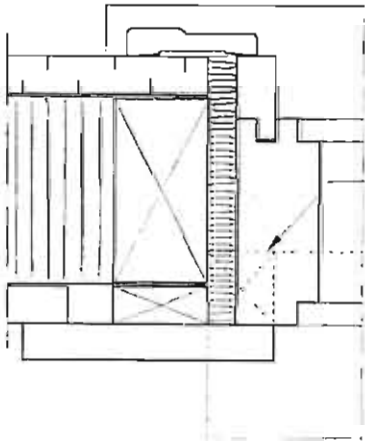
SPESIFIKASJON

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L ₁	L ₂	M
PANEL	LIGGENDE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	STÅENDE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	IKKE UTLEKTET	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	UTLEKTET					X	X	X	X	X	X	X	X	X
PAPP	IKKE KLEMT PÅ KARM	X	X					X	X	X	X			
	UTV. PAPP PÅ KARM											X	X	
	BEGGE LAG PÅ KARM					X	X	X	X	X	X	X	X	X
VEGG	MED MINERALULL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	MED HULROM							X	X	X	X	X	X	X
DYTTEFUGE	MED DYT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	UTEN DYT												X	X
	SLØYFET												X	X

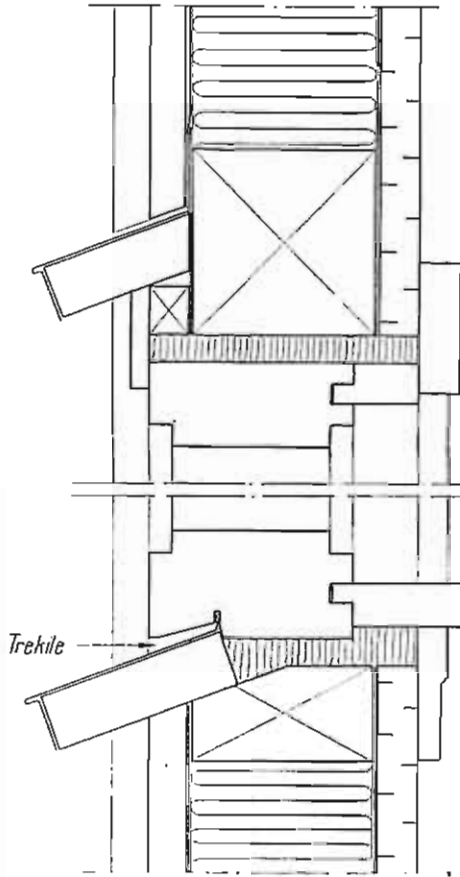
Fig. 4.



Veggfelt med monometer-
plasing, m. = 1:100



Horizontalsnitt, m. = 1:5



Vertikalsnitt, m. = 1:5

Fig. 5. Felt B.

ket ute. Det vesentlige av trykkfallet vil altså falle på innvendig kledning. Felt K er et eksempel på et slikt forhold.

Ligger derimot tettheten vesentlig i utvendig kledning, vil trykket i dyttefugen bli omtrent som trykket inne, se felt L₁.

I de fleste omramninger vil tettheten ikke så utpreget ligge i et bestemt sjikt, men fordele seg på både utvendig og innvendig omramning. Her vil da også trykkfallet måtte fordele seg i samme forhold. Dette kommer tydelig fram i feltet L₂. Dette skiller seg fra L₁ ved at også innvendig papp er trukket inn på og klemt mot karmen.

Det har ikke noe å si for tettheten av vindusomramningen om tettheten ligger i det ene eller det andre sjiktet, men forholdet har betydning for veggens varmeisolerende evne. Hvis utvendig sjikt er utett, vil kald luft som trenger gjennom her, lett slippe inn i selve veggen og redusere virkningen av veggisolasjonen.

Fig. 6 viser også at det ikke er noen særlig forskjell på trykket i

dyttefugen og trykket i den omgivende veggflate.

NBI's rapport nr. 7 «Lette treveggers vindtetthet» har vist betydningen av tett utvendig papp i vegger. Verdien av et slikt tett utvendig papplag blir naturligvis sterkt redusert hvis luften kan komme inn i veggens isolasjon via en utett utvendig vindusomramning.

Profileringen på underkarmen, ifølge NS og vanlig utforming ellers, kan gjøre det vanskelig å få en tilfredsstillende klemvirkning av pappen mot karmen. I feltene L og M er det lansert andre utforminger, men dette skal jeg komme inn på senere. Forsøkene med omramninger har i alle deler bekreftet resultatene fra detaljforsøkene med en enkelt dyttefuge.

De samme elementene ble også prøvet på tetthet mot slagregn i laboratoriets spesialbyggede apparat som er vist i figur 7 og 8. I dette apparatet kan provestykkene utsettes for kunstig regn og vind av varierende styrke. Såvel vannmengde og overtrykk som dråpenes hastighet og retning i 2 plan kan reguleres. Dråpene frembringes ved 16 dyser i bunnen av en vannrenne. Under hver dråpedyse er montert et utblåsningsrør for luft, og når dråpen faller ned foran munningen, blåses den inn på provestykket idet den samtidig også splittes opp i mindre dråper av varierende størrelse. Tilbøsslangene for luften grener ut fra et fordelings-

VINDUSOMRAMNINGER

TALL FOR 50 mm V.S. OVERTRYKK

FELT	LUFTGJ. GANG	TRYKK I DYTTEFUGE	TRYKK I VEGGFELT.
	m ³ /h	mm V.S.	mm V.S.
UTEN PAPP PÅ KARMEN	A	30,5	36
	B	25,0	36
	G	28,0	31
	H	23,5	35
MED PAPP PÅ KARMEN	C	3,0	48
	D	3,5	48
	E	4,0	47
	F	7,0	40
	I	6,5	7
	K	6,5	45
	L ₁	5,0	1
	L ₂	7,5	20
	M	4,5	16

Fig. 6

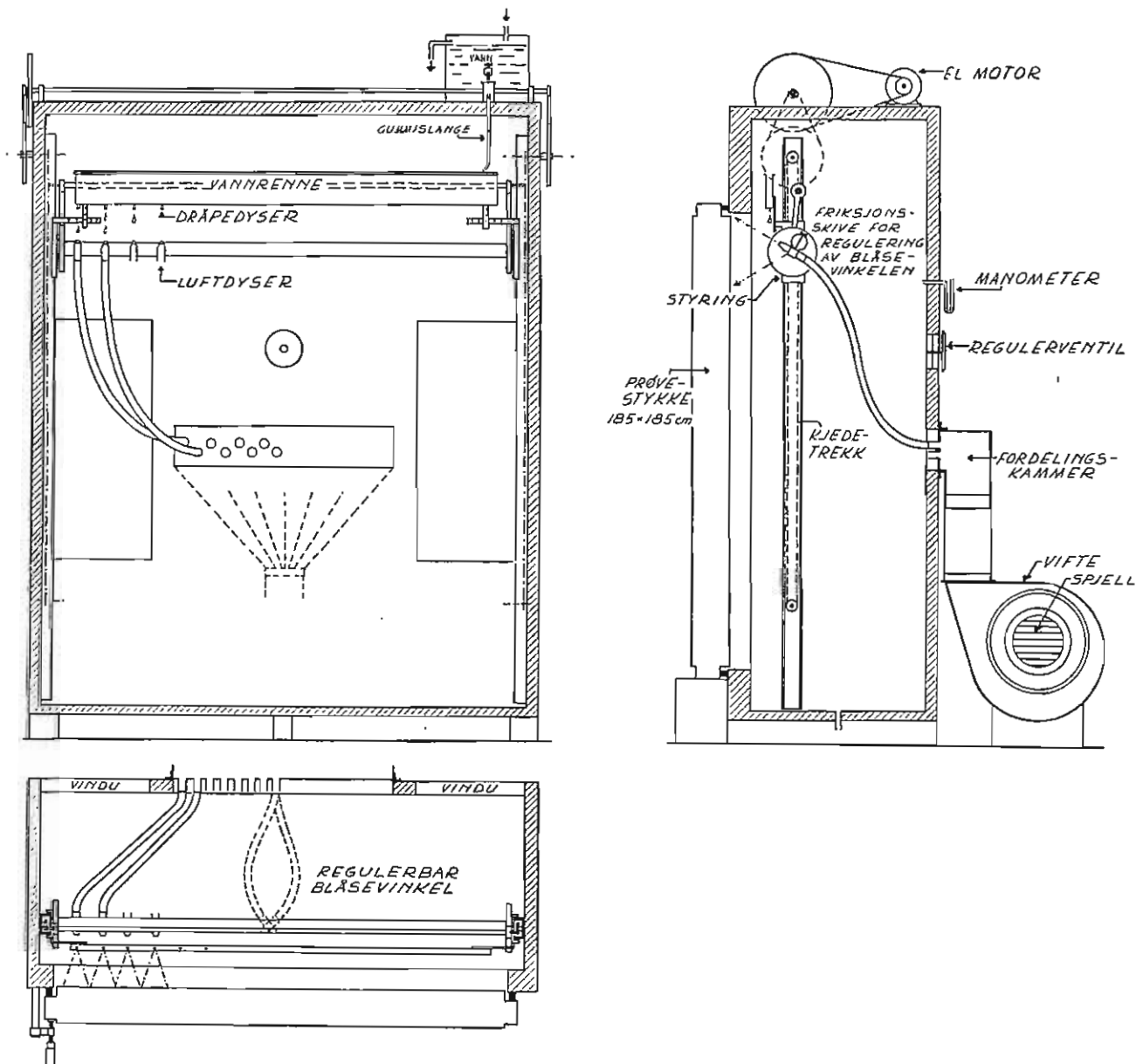


Fig. 7.

kammer i skapets bakvegg, og dette kammer er igjen tilknyttet en stor vifte utenfor apparatet. Viften har regulerbart intaksspjell som gir muligheter for variasjon både av utløshastigheten og av overtrykket ved hjelp av overløpsventiler. Luftdyse-nes retning er regulerbar i vertikal- og horisontalplanet, og hele armaturen vandrer opp og ned ved hjelp av kjedetrekk. Derved sikres en jevn påtkjenning over hele flaten.

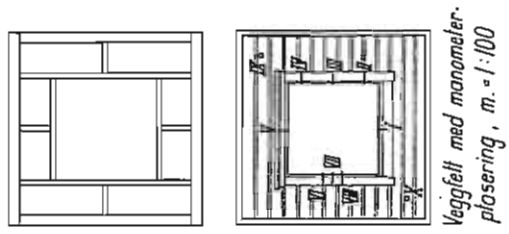
Forsøkene ble utført slik at man startet med et forholdsvis lavt overtrykk, 10 mm VS, i skapet. Dersom det etter 6 timers kjøring ikke viste seg noe gjennomslag, ble trykket satt opp til 20 mm VS osv. Så snart det viste seg gjennomslag, ble prøven imidlertid avbrutt, og elementene demontert for lokalisering av lekkasjen. Jeg skal vise noen eksempler

fra forsøkene og referere resultatene kort.

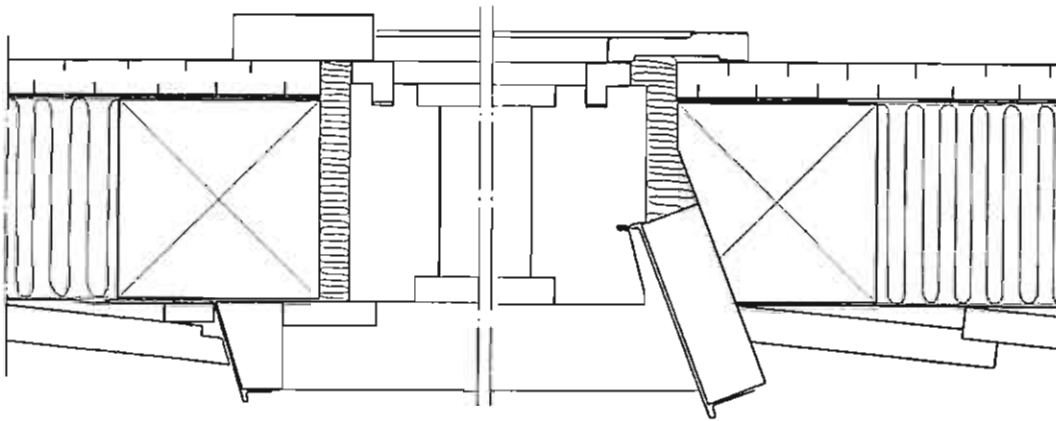
Figur 9, felt A, viser en vanlig omramming ved liggende panel og uten papp over dyttefugen. Etter 50 min. prøving ved et overtrykk i skapet på 35 mm VS, oppstod gjennomslag i nedre hjørne. Ved en senere prøve fikk man det samme gjennomslaget ved 10 mm VS overtrykk. Ved kontroll viste det seg at dyttefugen i begge hjørner og under hele bunnkarmen var gjennomvåt. Som det fremgår av figuren, ligger sporet under karmen langt bakenfor ytre vegg-liv (bindingsverket), og i hjørnene oppstår direkte kontakt med dyttefugen. Sporet er i overensstemmelse med NS, og løsningen krever omsorgsfull og nokså vanskelig tetning ved hjørnene. Det ser også ut til at vannet kan krabbe over opp-



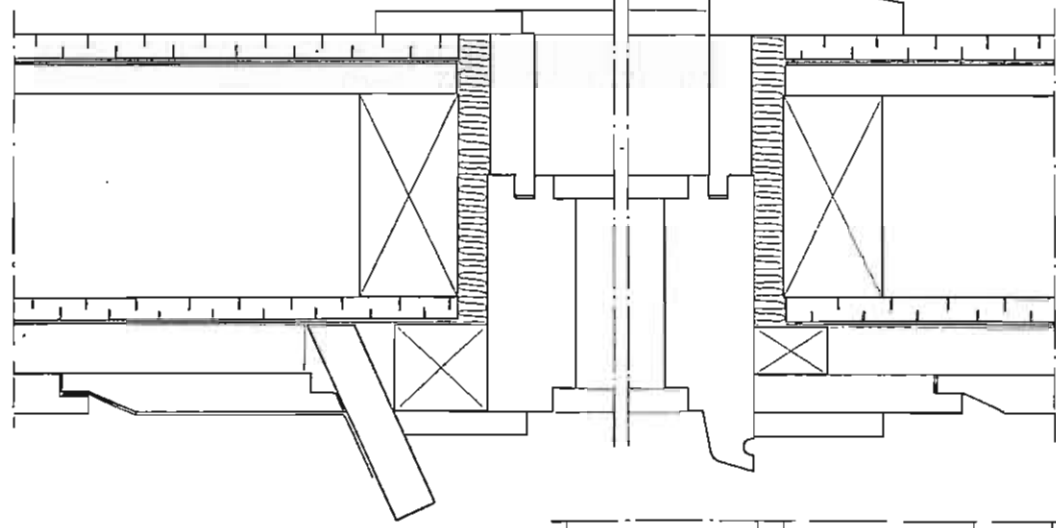
Fig. 8.



Veggfelt med manometer-
plassering, m. = 1:100

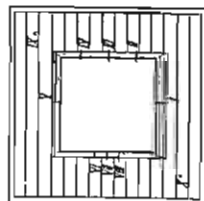
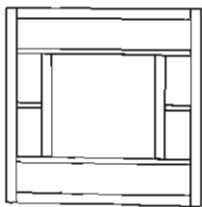


Vertikalsnitt, m. = 1:5

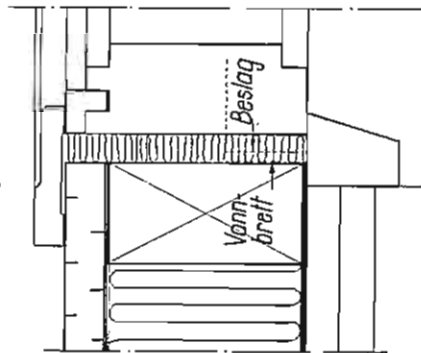


Vertikalsnitt, m. = 1:5

Fig. 10. Felt G.

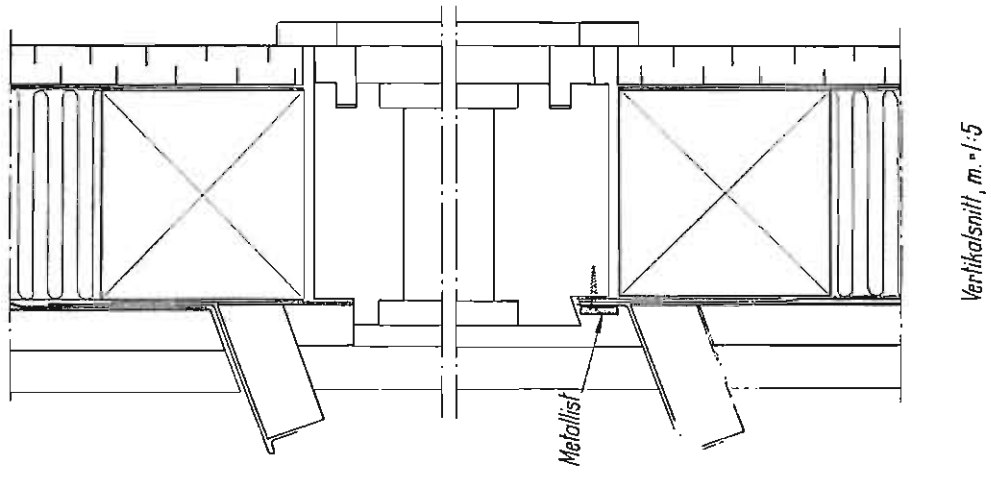


Veggfelt med manometer-
plassering, m. = 1:100



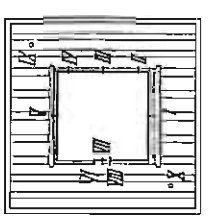
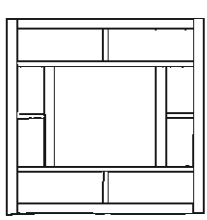
Horizontalsnitt, m. = 1:5

Fig. 9. Felt A.

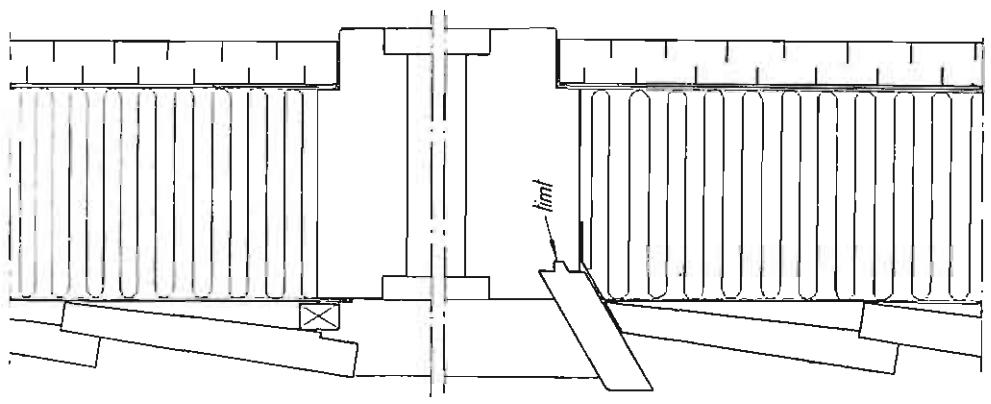


Verikalsnitt, m = 1:5

Horisontalsnitt, m = 1:5

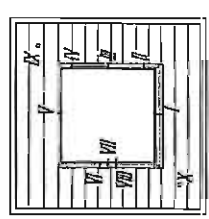
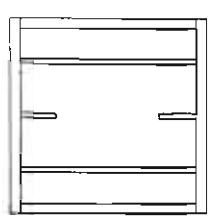


Veggfelt med manometerplassering, m = 1:100



Verikalsnitt, m = 1:5

Horisontalsnitt, m = 1:5



Veggfelt med manometerplassering, m = 1:100

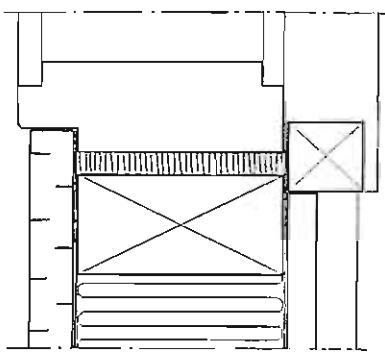


Fig. 12. Felt L.

Fig. 11. Felt K.

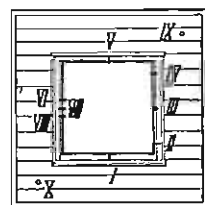
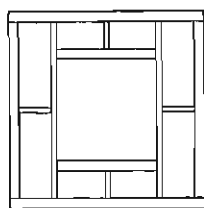
kanten på beslaget når denne ikke har noen ombrett. Det kan også være av interesse å nevne at dyttestryen ble tatt ut for å tørkes i tørkeskap. Selv når dyttematerialet var spredt utover i et meget tynt lag og temperaturen i skapet var 80° C, tok det mange døgn å få tørket det helt ut. Figur 5, felt B, viser en tilsvarende løsning for stående panel. Her fikk man også gjennomslag i nedre hjørne ved 35 mm overtrykk mens fugen ellers under bunnkarmen var torr. Det siste skyldes antagelig at beslaget i dette tilfelle var kommet bedre på plass i sporet. Ved standardløsningen er det nemlig meget vanskelig å få både bellstningen og beslaget på plass uten å spikre gjennom beslaget ovenfra. Mens den forrige løsningen for liggende panel ikke hadde noen lekkasjer ved overkarmen hadde denne, for stående panel en del fuktighet i øvre fuge.

Som det fremgår av figuren er panelet satt opp fra beslaget, og ved hjørnene oppstår derved lett sidelekkasjer. Det var i tilfelle bare de to midterste underliggerne og de tre overliggerne som kunne monteres slik dersom åpninger skulle unngås.

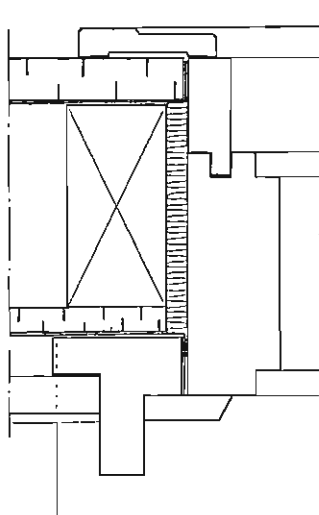
Det ble så kjørt tilsvarende felter med pappen over dyttefugen. Når unntas den vanlige lekkasjen ved nedre hjørne, fikk man ellers ingen gjennomslag, heller ikke ved overkarm ved stående panel. De nedre hjørner ble ved ett av feltene tettet omhyggelig, og ved en fornyet prøve ved 50 mm VS, var dyttefugen tørt helt rundt.

Figur 10, felt G, viser en eldre løsning fra Romsdal. Etter kort prøving oppstod her kraftig gjennomslag ved underkarmen. Ved krymping i treverket dannes det en helt gjennomgående spalte under karmen, og da løsningen ellers ikke har noen vindtettende sjikt over dyttefugen, vil vannet føres med luftstrømmen innover.

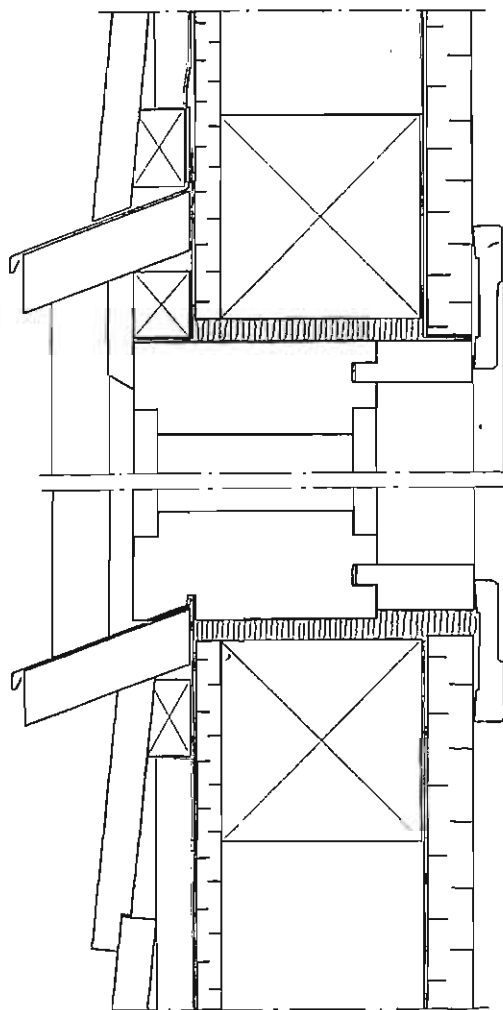
På figur 11, felt K, er gjengitt den løsning som er brukt av ing. Selvaag, og konstruksjonen var helt tett ved kjøring opptil 50 mm VS overtrykk. Ved den viste løsning av underkarmen oppstår ingen svake punkter i hjørnene som ved NS' profil. Vannbrettet burde som tidligere nevnt vært beslått. Ellers er det svakeste punktet pappteklingen under bunnkarmen. Her blir det, som ved NS-profilen, vanskelig å få pappen effektivt klemt for å hindre luftlekkasjer inn i steinullen. Den innvendige løsningen har, som vi før har sett,



Veggfelt med monomelerplasing, m. = 1:100



Horisontalsnitt, m. = 1:5



Vertikalsnitt, m. = 1:100

Fig. 13. Felt I, en utførelse som er utarbeidet av A/S Stokmarknes Trevarrefabrikk.

vist seg meget effektiv. Ett problem oppstår ved slike løsninger hvor vinduet rettes inn etter innvendig vegg-liv, karmdybden må stemme med veggtykkelsen, og dette er vanskelig med de variasjoner vi har i trelast-dimensjonene. Dessuten kommer evt. innvendig oppretting på vegger inn i bildet, og det kan være vanskelig å unngå utforinger på karmen utvendig.

Etter de erfaringer man hadde med NS's profil på underkarmen, ble det laget 2 vinduer etter nye prinsipper. På karmens utside var freset ut en fals helt rundt, og løse pappremser ble lagt over dyttefugen og inn i denne falsen. I det ene tilfelle ble pappen klemt av omramningen, i det andre av egne lister til dette formål. Figur 12, felt L, viser den første løsningen. Ved underkarmen er papp og beslag klemt av en metallist, men det viste seg vanskelig å få tettin-

gen god nok her. Løsningen gir antagelig også for dårlig avdrypp fra karmen, og noe vann ble presset inn bak pappen og beslaget. Som nevnt for, er det vanskelig å få tilstrekkelig tetning når det dannes trykkfall over et sjikt og når vannet når inn til dette sjiktet. Den andre løsningen hadde egne lister over pappremsene som var lagt i fals i karmen. Her ble det selvsagt også dannet trykkfall over pappremsene, men i dette tilfelle lå den vannavledende kledningen utenfor pappen. Etter forsøkene var alle dyttefuger helt tørre.

Etter resultatet av forsøkene, ser det ut som det er uheldig å gå så langt inn i veggen med beslag og bellstning ved underkarmen som Norsk Standard gjør. Sporet ligger så langt tilbaketrukket at de tettende sjikt blir gjennombrutt, og fra vindtett-hetsforsøkene har vi sett hvor uheldig dette er. Det er meget vanske-

lig å få effektiv klem på den utvendige pappen over dyttefugen. Slagregnundersøkelsene bekrefter dette syn, særlig blir hjørnene svake punkter. Det ser også ut til at løsninger hvor belistningen over og under vinduet stikker godt utenfor karmen på sidene, ofte fører til vanskelige sammenskjæringer i hjørnene. Jeg tror at det blir tatt for lite hensyn til dette under arbeidet med detaljtegnene. Ut fra snittfigurene gjennom side-, topp- og bunnkarm er det meget vanskelig å danne seg et bilde av hvordan alle ledd egentlig skjærer sammen i hjørnene. Bare modell eller studier på byggeplassen kan gi full klarhet.

Det er selvsagt ikke min mening at man bør rendyrke en god standard-

løsning av omrammingen og så bare bruke denne. Tvert imot, man bør mest mulig løse den ytre synlige kledning fra den oppgave å gi god tetting mot luftgjennomgang for derved å kunne stå friere ved formgivningen. Det ideelle var om man kunne komme fram til en god standardløsning for tettingen innenfor de synlige ledd slik at resultatet ble uavhengig av den arkitektoniske utforming. Det er dette som er søkt oppnådd ved det siste eksempel hvor det er brukt egne pappremser og egne lister for å tette fugen rundt på alle 4 sider. Løsningen binder ikke formen, den gir tvert imot større muligheter for variasjon i de ytre delene. Man kan si at en vindusomramning bør utformes etter det samme prinsipp som

ligger til grunn for luftede kledninger. De ytre ledd bør utformes slik at de avleder vannet uten å gjøres så tette at det danner seg trykfall over kledningen. Bak kledningen bør det altså være et luftet hulrom, og bak dette igjen det lufttettende sjiktet over dyttefugen.

Jeg har her hovedsakelig behandlet den utvendige omrammingen. Dette er gjort ut fra den erfaring fra lufttetthetsforsøkene at lekkasjer må stoppes ved det ytre veggiv. Dette er en selvsagt ting når det gjelder regn, men kald luft må heller ikke få slippe inn i dyttefugen for da sprer den seg fort til isolasjonslagene i vegggen og nedsetter deres effektivitet.

BRANNTEKNISKE HENSYN VED BYGGING AV TREHUS

Av branninspektør V. Hylland

Innledning.

Vi har to hovedmotiver for våre branntekniske krav ved boligbygging:

1) Å forebygge ulykker som bevirker tap av menneskeliv.

2) Å verne materielle verdier.

Vår brann- og bygningslovgivning har utviklet seg på grunnlag av erfaringer. Det er klart at enkelte store brannulykker har satt et markert preg på de krav som i dag stilles. En del av de branntekniske krav løper parallelt med de andre krav til bygningskonstruksjonene. Allikevel synes det mulig til en viss grad å løsrive seg fra gamle synsmåter og søke ved forskning å fremme byggemåter som ved minst mulig utlegg gir den største sikkerhet. Jeg skal ikke her innlate meg på en vurdering av de krav som stilles. Jeg vil bare peke på at det nå engang er umulig å gardere seg helt mot ulykker. Tre momenter må da veies mot hverandre:

1) De samlede brannskader.

2) Utgifter til brannteknisk sikring.

3) Utgifter til brannvesen.

Det gjelder å få summen til å nå et minimum, og med 3 så varierende faktorer kan nok det bli litt av en oppgave for forskere.

Det enkleste eksperiment er eksempelvis å sløyfe brannvesenet og ikke ta noen branntekniske hensyn. Jeg tviler på at dette gir det beste resultat. Man kan på byggeplassene fra tid til annen se eksempler på at alle branntekniske hensyn tilsesettes. På større anlegg ute i landdistriktene uten brannvesen har man tilfelle hvor prøvene foregår i sin fulle konsekvens. Resultatet har vært at mens skadekvoten for anlegg i 1944—48 lå på ca. 0,45 ‰, steg den i 1951 opp til 1,7 ‰ og viser ikke synkende tendens. Når den sam-

lede forsikringssum i bygg og anlegg i samme tidsrom har nådd et beløp av kr. 2,5 milliarder, spiller en 3—4-dobling av skaden en ikke ubetydelig rolle. Jeg er sikker på at bare en enkel omtanke ved bruk av provisoriske ildsteder på byggeplassene, vil gi gode renter.

Like sikkert er jeg på at man lett kan falle for fristelsen å satse for mye penger på de brannforebyggende arbeider. Jeg nevner dette her og hvor ellers det gis anledning, da jeg mener det må være av den største betydning for alle som arbeider i bygningsfaget at vi avveier våre krav etter økonomiske overlegginger mest mulig, og etter hvert arbeider oss fram til forsøksmetoder som kan avløse det nå rådende erfaringsmessige skjønn.

Foreløpig så langt om den økonomiske side ved det brannforebyggende arbeidet. Vanskeligere synes det å være å kunne stille eksakte krav som tar de nødvendige hensyn til menneskeliv.

La oss med en gang slå fast at det ikke er mulig å bo i et hus hvor man ikke kan risikere å brenne inne. Selv har jeg sett en mann på min alder omkomme p.g.a. brann i en hodepute. Hodeputen var ikke halvt oppbrent. Forleden omkom en mann i Oslo. Brannskaden var ikke så stor som om en taburett skulle ha brent. I begge tilfelle var bygget oppført av betong. Vi må regne med at en del mennesker omkommer p.g.a. brann, uansett hvilke forholdsregler man enn treffer. Når det gjelder gamle forsamlingslokaler og eldre boligbygg og hoteller kan man virkelig bli bekymret når man tenker på hva som kan skje p.g.a. dårlige utgangsforhold. Den statistikk som foreligger er allikevel etter min mening meget gunstig.

Etter avsnottiser som «Mot

Brann» samler, har det i årene 1948—1954 gjennomsnittlig omkommet 23 mennesker pr. år. Sammenliknet med dødsulykker i jord- og skogbruk som i samme tidsrom i en avis ble oppgitt til 34, synes jeg tallet ligger gunstig.

Jeg har lest igjennom avisnotatene for de ca. 160 dødstillfelle vi hadde i årene 1948—54 og foretatt en aldersfordeling. Det viser seg at ca. 22 % av de omkomne var under 10 år, ca. 39 % var i alderen mellom 10 og 60 år og ca. 39 % var over 60 år. I gruppen 10—60 år inngikk en rekke tilfelle av ulykker som i denne forbindelse kunne sjaltes ut. Det var overanstrengelse under sløkking av brann, dødsfall p.g.a. røyking på sengen, ulykker under opptenning av primuser, uforsiktig omgang med ildsfarlige væsker o. l. En avisnotis er naturligvis ufullstendig, men ikke i et eneste tilfelle i disse 7 år fant jeg at ulykken kunne tilbakeføres bygget som sådant. Det skulle kanskje kunne leses slik at den byggeskikk vi har og har hatt er bra. Jeg tar igjen reservasjon for en del bygg som faller utenfor rammen av dette kurs, men allikevel ligger i underbevissheten hos alle som steller med brannteknikk. Jeg tenker på en del gamle en-trappegårder i våre større byer, en del gamle hoteller o. l.

Det var noen innledende bemerkninger om grunnlaget for våre branntekniske hensyn. Hvis man er enig om at det bør gjøres noe for å motarbeide brann, blir spørsmålet hvordan saken skal gripes an.

*

Brannårsaker:

Det enkleste er å sikre seg mot at det overhodet oppstår brann, d.v.s. fjerne brannårsakene.

Det er klart at dette kan man aldri oppnå, så får vi i

neste omgang innrette oss slik at hvis brann oppstår, blir skaden minst mulig.

Den siste skanse blir så brannvesenet.

La oss se litt på brannårsakene, og hvordan bygningsfolk kan medvirke til å hindre brannutbrudd. Vi har årlig ca. 5—6 000 branner i Norge. Forsikringssekskapenes statistiske kontor grupperer brannene etter årsak i 8 hovedgrupper:

Gruppe	branner
1 piper og ildsteder ca. (ikke elektr.) ..	« 1000
2 maskiner og mot. «	100
3 elektr. anlegg «	1100
4 Oppvarming som ikke går under gruppene 1-3 ..	« 800
5 påsatte branner og gass-skader	« 400
6 Selvantennelse ..	« 130
7 Brannstiftelse utenfra	« 1400
8 Ukjent årsak ..	« 800

*

Brannårsaken i gruppe 1, piper og ildsteder, er en årsak bygningsfolk kan gjøre mye for å redusere.

Teglsteinspipa som vel har vært i bruk noen hundre år har sikkert feil og mangler. Brann teknisk er den imidlertid ikke å forakte. Meg bekjent er den nok så enerådende for småhus i Norge i dag.

Bygges den etter bygn.forskriftenes bestemmelser, av hardbrent teglstein og med de fastsatte avstanden fra røyklop til treverk, tror jeg trygt jeg kan garantere mot branner som skyldes pipa.

I de siste 6—7 år har vi hatt noe bort imot 2000 pipebranner i Oslo. Vi har også hatt en del ordinære branner i forbindelse med piper. Ikke i noe tilfelle har pipebrannen utviklet seg til brann uten at det var lett å påvise mangler ved pipa. Meg bekjent er det ikke et tilfelle hvor en forskriftsmessig pipe har forårsaket brann.

Men mursteinspipen er sikkert ikke særlig gunstig fra et fyringsteknisk synspunkt. Den tar forholdsvis stor plass og er vel heller ikke billig.

De forsøk som er gjort i Oslo-området med betongpiper lover ikke godt. Tjæresot trekker seg ut og ødelegger pipevange. Det ser ut til å være nok så

vanskelig å finne en god erstatning for teglsteinspipa, i hvert fall tror jeg ikke problemet løses bare ved tegnebordet.

Før vi forlater pipa vil jeg minne om feieren. Feiing av småhus kan være nok så brysom hvis huset er bygd uten omsorg for dette. Aller enklest er det å gi feieren en enkel adgang til taket. Pipa feies da med lodd og kreis fra toppen, og sota tas ut i feieluke i kjelleren. Noen kvier seg for å legge fast stige på taket, og anordne lett adgang for feieren den veien. Da må det gis adgang til loftet. Loftsluka må da minst være 60x80 cm., helst 80x80 cm. Feieren må nemlig ha med seg et redskap for å feie fra loftet og opp. Dette redskap er ikke lett å få med seg. Derfor må takhøyden på loftet også minst være 1,5 m. Hvorom alt er, det er best å slippe å få feieren opp på loftet, en del skitt må han nødvendigvis trekke med seg. Dette slipper man når man innretter seg for takfeiling.

Jeg nevnte sotuttakt. I hus med kjeller er det som regel enkelt å få plasert en feieluke i kjellergangen. Verre blir det når det bygges kjellerløse hus. Vi har eksempler på feieluker plasert i stuer ved siden av bolkhyller. Det burde jo helst ikke forekomme. Hvis sotuttaket må plasseres i leiligheter, bør man søke å få den i en gang. Kanskje et skuff-arrangement kan gjøre saken litt mer renslig.

Bygningsforskriftene foreskriver 23 cm avstand fra røykløp til treverk. Dette volder øyensynlig en del vansker ved plasing av skap i trange leiligheter. Så får vi forslag om asbestisolasjon mellom 1/2-stens vange og skap. Jeg ser det som en fordel at pipevangen ligger klar og kan ettersees. Det er forresten et av bygningsforskriftenes krav også. Har man ingen annen utvei, vil jeg heller holde skapets sidevange 12 cm fra vangen, så kan man se hva som foregår. Eller sette skapet med ryggen mot vangen. Skapet må da ikke ha noen vegg, slik at man ser inn på vangen når skrapdørene åpnes. Spikerslag må ikke festes i vangen, ikke må det slås andre bolter i steinene heller.

Så langt om pipen. Ildstedenes konstruksjon har vi som regel ikke herredømme over, så de får vi ta som de er. Jeg vil allikevel nevne et par ord om plasingen. Bygningsforskriftene gir klare regler. Brannvernforeningen har dessuten gitt ut en liten brosjyre om piper og ildsteder. Her er det en del skisser som gir meget god veiledning. Den vanlige brannårsak i forbindelse med ildsted er at røykrøret er ført gjennom en trevegg inn i pipa.

Her er bestemmelsen at røykrøret skal ha en avstand fra treverk på 30 cm, eller skilt fra treverket med minst 1/2-stens mur.

Dette går som regel bra første gangen, men byttes oven og røykrøret skifter plass, bores det gjerne et hull i treveggen akkurat såvidt at røret går inn. Da er en brann ikke til å unngå. I nye hus søker vi jo å unngå trevegger utenpå pipevanger så risikoen for dette uheld er etter nåværende byggeskikk ikke stor.

Vanligvis mures brannmuren av alminnelig teglstein. Setter vi brannmur inntil en laftevegg, bør man først legge en glatt plate på lafteveggen, så man ikke hindrer synkingen av mørtel i veggens medfar. Departementet har godkjent en rekke lettbetong typer som brannmur. Min erfaring er at mulighetene her ikke utnyttet. Det må i mange tilfelle falle adskilleg billigere å anvende noen av disse materialer fremfor teglstein.

Jeg har tenkt å snakke litt om fyrrom, selv om det kanskje sjeldnere blir aktuelt i forbindelse med småhus.

Fyrhuset til et sentralvarmeanlegg skal bygges etter bestemmelser gitt i bygningsforskriftenes kap. 29. Bestemmelsene er generelle og de lokale myndigheter må avveie kravene og bruke forskriftene slik at man ikke stiller samme krav til fyrrommet på Grand Hotel som i en villa på Nordberg. Det enkleste og viktigste krav til et fyrrom er at det er stort nok. Er det rommelig, blir det gjerne holdt i orden. Er det lite og trangt, blir det er roterom. Den beste måten å unngå brann på er å holde orden.

I det hele er vel fyringspro-

blemet noe som interesserer alle som befatter seg med husbygging.

Brannteknisk vil jeg foretrekke sentralanlegg eller elektrisk oppvarming. Lokal oppvarming øker mulighetene for brann, og etter hvert vil vel også de som har ovnsoppvarming søke å automatisere sin fyring ved bruk av olje eller petroleum. Her får man trukket inn et nytt faremoment, idet et petroleumslag vel må ansees mer betenkelig brannteknisk enn kull- og koltsbeholdninger.

I Oslo er det i de siste par årene installert ca. 1500 petroleumsbrennere i alminnelige koksovner. Foreløpig har vi ikke hatt noen brannutrykking i forbindelse med disse installasjoner, så risikoen er vel ikke så overvettets stor. De krever allikevel atskillig mer påpasselighet enn fyring med tilvendte brenselarter, og jeg kjenner til en del uhell selv om de ikke er offisielt noterte.

Petroleumslagene bekymrer allikevel brannvesenet mest. I villa-bebyggelse kan jo lagringen skje ute og da er den ufarlig. I blokkbebyggelse og bolighus i bykjernen er det atskillig verre.

Jeg ser allikevel denne brenneren som et naturlig ledd i utviklingen (hvis vi er nødt til å avskrive elstrøm til boligoppvarming). Etter hvert tror jeg det vil komme enkle og billige ildsted innrettet bare for oljefyring. I utlandet går det i hundretusenvis slike anlegg. Jeg venter også at varmluftsanlegg vil slå igjennom. Det er i grunnen forbausende at det ikke allerede er fremkommet noe seriefremstilt i den retning her hjemme.

En varmluftsovn for en mindre villa må kunne plaseres nok så enkelt etter bygningsforskriftenes regler for småkjeler. Vanskeligheten rent brannteknisk er vel det tillegg man får av kanaler. Etter de bestemmelser som gjelder i dag kan bygningsrådene tillate kanaler i småhus utført av plater, oppsatt med 2 em avstand fra treverk. Frittliggende kanaler er i og for seg ikke så vanskelige i branntilfelle. Moderne varmluftsanlegg arbeider gjerne med skjulte kanaler i bjelkelag. Med de nyere ikke brennbare mate-

rialer som nå delvis anvendes i ventilasjonsteknikken, og som brannteknisk er å foretrekke framfor platekanaler, tror jeg saken kan løses. Foreløpig har jeg inntrykk av at ingen for alvor tatt saken opp.

Jeg har tidligere nevnt at piper og ildsteder oppsatt etter bygningsforskriftenes bestemmelser ikke i noe tilfelle jeg kjenner til har bevirket brann. Etter vår erfaring er det en tendens til å slurve ved utførelsen av piper. Jeg tror det er en farlig vei å gå. Når våre forskrifter på dette punkt er betryggende, så la oss følge forskriftene. Kan billigere og mer hensiktsmessige og like betryggende konstruksjoner frembringes så blir de sikkert møtt med velvilje. Men eksperimentering i hytt og vær på de forskjellige byggeplasser har jeg liten tro på.

Bygningsmessige tiltak.

Selv om vi eliminerer alle branner forårsaket av piper og ildsteder, gjenstår ennå 7 muligheter, så det gjelder i alle fall å forberede seg på en brann og undersøke om det står i vår makt allerede ved bygging av et hus å redusere eventuell skadevirkning.

Ved større fabrikkanlegg er seksjoner en av de viktigste råd-gjerder. Ved bolig- og forsamlingshus gjelder det i første rekke å sikre redningsveiene. Ved småhus kan man — og bør man — vurdere etter de samme synspunkter. Jeg vil tilføye et tredje som det nå i utlandet legges en vesentlig vekt på. Det er antennestiden på veggpanelen.

Avstanden fra nabo vil vel i de fleste tilfelle være så stor at seksjoneringen gir seg selv. Bygges det rekkehus, kan det påbys vertikalseksjonering, dvs. brannvegg mellom hvert hus. Hvor det er forholdsvis godt utbygd brannvesen, ser jeg ingen betenkelighet ved å sløyfe denne brannvegg og direkte sammenbygge flere småhus. Vi har eksemplet Husebygrenda hvor et hus i midten i en rekke på 4 brant ut — og nok så intenst også — uten nevneverdig skade hos naboene.

Seksjonering horisontalt blir aldri påbudt i småhus. Det er

allikevel verdt å være oppmerksom på forholdet. Det brannteknisk idéelle er at trappehusene er lukket, og hver etasje atskilt, helst med selvlukkende dører. Bygningsmyndighetene stiller bestemte krav til bjelkelag, og stubbeloftfyllet skal forutsettes å stå imot en brann i ca. $\frac{1}{4}$ time. Dette krav blir nok så illusorisk hvis 1. og 2. etasje har åpen forbindelse. Jeg tviler ikke på at de som prosjekterer hus med åpne trapper, endog fra kjelleren til 2. etasje har gode grunner for det. Kanskje grunnene er så tungtveiende at det branntekniske hensyn må vike. Jeg vil bare minne om at det er der. Det er klart at en brann i underliggende etasje øyeblikkelig vil fyke opp et slikt trappeløp.

Med hensyn til redningsveier så foreskriver bygningslovens § 80 at beboelsesrom med 5 m avstand fra vindusbrett til jordsmonn, skal ha uhindret adgang til to trapper.

Dette høres jo vanskelig ut. Men forholdet er at branntau blir likestilt med bitrapp og erstatter denne. Rom hvor det ikke er direkte adgang både til trapp og balkong må derfor forsynes med branntau. Jeg minner om at branntauet må festes over vinduskarmen. Det er bare akrobater som kan nyttiggjøre seg et branntau som festes i gulvet.

Etter den nye rasjonaliserings- og utbyggingsplan for Oslo brannvesen regner vi med å ha vann på første strålen i indre sone 5 min. etter at brannmelding kommer inn og i ytre sone 10 min. etter. Nå meldes jo brannene på de forskjellige utvilkningstrinn, og de fastsatte tidsfrister må jo være skjønnsmessig. Det harmonerer i alle fall ganske godt med de krav bygningsforskriftene stiller, idet det der regnes med å anvende materialer som gir folk en tidsfrist på 10—15 min. fra brannens utbrudd til rommene må rømmes.

Det kan reises tvil om den panel som anvendes allikevel gir en slik frist. Det er et spørsmål om en ikke må undersøke mulighetene for å få litt mindre lettantennelige veggplater. Som nevnt arbeides det alvorlig med disse spørsmål ved uten-

landske brannlaboratorier. Sivilingeniør Bjarte Johnsen har i artikler i «Mot Brann» behandlet spørsmålet inngående.

Ved den nevnte brann i Husebygrenda kom brannvesenet 6 min. etter brannen var oppdaget. Huset var for en stor del kledd innvendig med porøse huntontitplater. Ved brannvesenets ankomst var samtlige rom i begge etasjer i full fyr. En slik eksplosiv flammespredning kan være ganske betenkelig. Årsaken var her en bagatellmessig brann i et hjørne i stuen og hadde ikke noe med ildsfarlig væsker å gjøre. Det burde kunne finnes en måte å impregnere slike plater så flammespredningen blir hemmet. Som en sammenlikning kan jeg nevne at kreosot-impregnert furu blir

henimot fire ganger så tungt antennelig som ubehandlet furu. Det kan kanskje være et moment for loftsinnredninger.

*

Brannslukning.

Jeg har forsøkt å peke på de muligheter vi rent bygningsteknisk har for å redusere brannårsakene, og for å begrense skaden av en brann. Jeg vil også nevne betydningen av å etablere et brannvesen i hjemmet. I Oslo har vi påbudt husbrannslange i alle hus 1500 m fra nærmeste brannstasjon.

Er vannstrykket slett, kan en bottesprøyte eller et kjemisk apparat i et givet øyeblikk redde situasjonen. Jeg har personlig vært liten tilhenger av brannslangene. De har tørket

og blitt lekk. Nå arbeides det med å finne en brukbar gummi- eller plastslange. Her ligger kanskje løsningen til et billig og driftssikkert redskap til første innsats under brann.

La meg til slutt repetere de viktigste hensyn rent brannteknisk i småhus.

1. Ordentlige og solide piper og forskriftsmessig oppsatte ildsted.
2. I størst mulig grad atskilte etasjer.
3. Eranttau som er riktig plassert.
4. Brukbar husbrannslange eller slokkeapparat.

Og rene og klare flater så eventuell brann forplanter seg synlig og ikke sniker seg skjult i kanaler og lukkede hulrom.

VARMEISOLERING

Av Sven Erik Lundby, Norges byggforskningsinstitutt

Varmeisoleringen av husene våre er et av de momentene som stadig har vært trukket frem i debatten om boligbyggingen etter krigen. Her har det foregått en viktig utvikling, takket være en rekke nye isolasjonsmaterialer. Etter alt som har vært skrevet og sagt, har folk flest øynene åpne for betydningen av god varmeisolasjon, og det er ikke sjelden en møter også ildte-fagfolk som er godt orientert om k-verdier o. l. Vi skal allikevel gå litt inn på begrepene og teorien omkring varmeisolasjon.

Teori og beregning av k-verdi.

Såsnart det oppstår temperaturforskjell på to sider av en konstruksjon, vil dette føre til en varmetransport mot den kalde siden. Denne varmeoverføringen kan skje i tre forskjellige former: ledning, strømming eller stråling. Ofte overføres varmen i to eller alle tre former samtidig.

Ved ledning gir den varmere delen av stoffet varme til tilstøtende kaldere deler som igjen avgir varmen videre, så lenge det er temperaturforskjell tilstede. Stoffet er gjerne helt i ro.

Ved strømming vil molekylene være i bevegelse og transportere varme. En væske eller en gass kan oppvarmes mot et fast, varmere materiale. Ved utvidelse blir da romvekten mindre. Gassen eller væsken stiger og ny uoppvarmet gass eller væske vil strømme til. Den oppvarmede gassen eller væsken kan komme i berøring med en kaldere flate igjen og avgir varme der. I vegger med luftrom av noen tykkelse har vi slik strømming eller konvensjon når det er et temperaturfall over veggene. Luften varmes opp ved den varme siden, stiger og avkjøles igjen ved den kalde, mens den synker og strømmer tilbake.

Et varmere legeme kan også gi varme til et kaldere ved stråling, men da må det ikke være

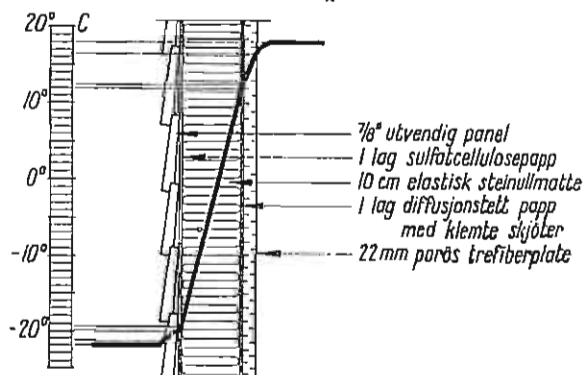
noe mellom dem som hindrer strålingen. Luft slipper f. eks. varmestråler gjennom. Strålingen øker sterkt med temperaturen (4 potens av den absolutte temp. $T = t + 273^{\circ}\text{C}$) og er ellers avhengig av overflaten.

En rekke forskjellige faktorer avgjør hvor stor den varmemengden, som transporteres gjennom en konstruksjon, skal bli. Den er helt åpenlyst avhengig av tiden og flatens størrelse. Den er også avhengig av temperaturdifferansen mellom luften på den varmere og den kaldere siden. Tilslutt er varmetransporten avhengig av selve konstruksjonen, om den slipper varmen lett eller mindre lett igjennom, om den har større eller mindre varmegjennomgang. Her er det stor forskjell på egenskapene hos de forskjellige konstruksjonene.

Denne spesielle egenskapen er uttrykt i konstruksjonens varmegjennomgangstall, eller dens k-verdi. Varmegjennomgangstallet k er den varmemengde — målt i kilokalorier — som går gjennom 1 m² av konstruksjonen i løpet av 1 t. når temperaturforskjellen på luften på begge sider av konstruksjonen er 1° C.

Istedenfor å operere med varmegjennomgangstallet k er det ofte greiere å regne med varmegjennomgangsmotstanden m, som er den inverse verdi,

$$m = \frac{1}{k}$$



Snitt gjennom den lette bindingsverksveggen som er lagt til grunn for beregning av k-verdi. Temperaturfordelingen i veggene ved en utetemperatur på -22°C og en innetemperatur på $+18^{\circ}\text{C}$ er vist. Temperaturfallet i et materialsjikt står i forhold til varmegjennomgangsmotstanden i sjiktet.

Konstruksjonens varmegjennomgangsmotstand er summen av varmegjennomgangsmotstandene i de enkelte sjiktene.

Hvor varmen går fra luft til en veggflate eller omvendt, oppstår det en egen motstand, overgangsmotstanden. Den utvendige overgangsmotstanden varierer med vindforholdene, — som rimelig kan være. Innvendig, hvor luften er ganske stille, settes den gjerne til 0,14, mens det utvendig må regnes med en lavere verdi, gjerne 0,07. I praktiske beregninger og overslag kan vi sette summen av overgangsmotstandene til 0,20, et tall som er lett å huske (m².h. °C/kcal). I beregningene nedenfor bruker jeg derfor verdien 0,06 på varmeovergangsmotstanden på utvendig side. Overgangsmotstandene benevnes gjerne m_α.

Tar vi for oss en vegg, får vi $m = 0,20 + m_1 + m_2 + \dots + m_n$ hvor 0,20 er den samlede varmeovergangsmotstand og de enkelte m_{merket} er varmegjennomgangsmotstanden i veggens enkelte materialsjikt.

Før enkeltmotstandene kan bestemmes, må materialsjiktenees tykkelser og de enkelte materialers varmeledningsevne være kjent.

Ved en normal og konstant fuktighet vil et materiale ha en bestemt varmeledningsevne. Denne uttrykkes vi i et tall, materialets varmeledningstall λ, lambda, som kan betraktes

som en materialkonstant. Varmeledningstallet sier hvor stor den varmemengden i kcal er, som i løpet av en time passerer gjennom 1 m² av materialet pr. m. tykkelse og time, når temperaturfallet gjennom materialet er 1°C. Det er her viktig å merke seg at det regnes med materialtykkelsen 1 m.

λ-verdiene for forskjellige materialer er gjengitt i byggeforskriftens kapittel om varme- og lydisolasjon. Firmabrosjyren holder seg nå gjerne til disse tallene, ellers har det for hendt at de ga opp verdier for laboratorietørre prøver og dermed fikk litt bedre verdier enn en kan regne med i praksis.

Varmekraftlaboratoriet ved NTH har målt varmeledningstall gjennom en lang rekke år, og resultatene av disse målingene er gjengitt av professor *Watzinger* i byggeforskningens rapport nr. 1, («Varmeledningstall for byggematerialer» 1950).

Når vi nå kjenner materiale-nes λ-verdier og vet deres tykkelse, er det en lett sak å regne ut enkeltsjiktens varmegjennomgangsmotstand.

$$m_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1}$$

hvor δ_1 er sjiktets tykkelse, målt i meter og λ_1 er materialets varmeledningstall.

For stolpen i et alminnelig bindingsverk har vi f.eks.

$$m_1 = \frac{0,10}{0,15} = 0,67$$

Regner vi med varmeovergangsmotstandene, og vil regne ut varmegjennomgangsmotstanden for en 4" (10 cm) kompakt trevegg, får vi

$$m = 0,67 + 0,20 = 0,87$$

$$k = \frac{1}{m} = 1,15 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

Vi bruker i prinsippet akkurat den samme fremgangsmåte når vi regner ut k-verdien eller varmegjennomgangstallet for mer kompliserte vegger.

Ofte vil en vegg ha forskjellige tverrsnitt. En vanlig bindingsverksvegg har f.eks. kompakt 10 cm tre + kledninger overalt ved stolper, sviller og losholter, mens feltene mellom dem kan ha luftsjikt eller isolasjon av et eller annet slag.

Vi regner da bare ut k-verdiene for de forskjellige tverrsnittene, og setter veggens k-verdi i forhold til arealene og k-verdiene for de forskjellige tverrsnittene. Har $1/12$ av en veggflate k-verdien k_1 og $11/12$ k-verdien k_2 , blir:

$$k = 1/12 \cdot k_1 + 11/12 \cdot k_2$$

Som regneeksempel velger vi en vanlig bindingsverksvegg med 2" x 4" bindingsverk og isolasjon av f.eks. elastiske stenuullmatter, utvendig 7/8" panel og papp og innvendig 22 mm porøs trefiberplate og papp. Når vi regner ut k-verdier for en vegg som denne, hvor det er et par forskjellige materialsjikt, løner det seg å gjøre utregningen for de to snittene parallelt:

	Gjennom Isolasjon	Gjennom stendere o. l.
1. Overgangsmotstand $m \alpha_i$	0,14	0,14
2. 22 mm porøs trefiberplate	$\frac{0,022}{0,06}$	0,36
3. 1 lag diffusjonstett papp m.kl.skjøter	0,05	0,05
4. 4" bindingsverk	$\frac{0,10}{0,15}$	0,67
5. 10 cm elast. steinullmatte	$\frac{0,10}{0,035}$	2,86
6. 1 lag utvendig papp	0,05	0,05
7. 7/8" utvendig panel	$\frac{0,019}{0,15}$	0,13
8. Overgangsmotstand $m \alpha_u$	0,06	0,06
	$m_1 = 3,65$	$m_2 = 1,46$
	$k_1 = 0,275$	$k_2 = 0,68$

Den fordeling av veggens materialsjikt som ble nevnt ovenfor ($1/12$ isolasjonssnitt og $11/12$ stendere, losholter og sviller) passer godt for en vegg som denne. Vi får da:

$$k = 11/12 \cdot 0,725 + 1/12 \cdot 0,68 = 0,309$$

Vi bør ikke oppgi for mange desimaler i et slikt regnestykke og setter

$$k = 0,31 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

I trehuskonstruksjoner vil noe av isolasjonen ofte ligge i luftlag. Byggeforskriftene gir de nødvendige data også her. De inneholder varmeledningstall for luft for forskjellige tykkelser på luftsjiktet, og ettersom luftlaget er horisontalt med varmeste flate over eller under, eller om det er vertikalt. For et alminnelig 10 cm hulrom i en vegg får vi f.eks.

$$m = \frac{0,10}{0,52} = 0,19$$

Et luftsjikt på minst 2 cm vil isolere omtrent dobbelt så godt som en vanlig 3/4" panel, eller omtrent like godt som en 12 mm porøs trefiberplate.

En unngår helst å øke hulrom ut over 2—3 cm tykkelse. Da oppstår nemlig konveksjonsstrømmer, og det som oppnås av økt isolasjon i det tykkere luftlaget, mistet i økt konveksjonstap. Ofte er det mulig å minske strålingstapet. En blank flate vil stråle ut svært lite varme. Plasert på den varme siden av et hulrom har en blank flate derfor god virkning.

I regneeksemplet ble varmegjennomgangsmotstanden satt til 0,05 for et lag klemt papp. Hvis papplaget ligger mot et hulrom, slik at det blir en fuge bak pappen, kan det være forsvarlig og riktig å sette varmegjennomgangsmotstanden til 0,10, og hvis denne pappen har en påldebet aluminiumsfolie mot hulrommet, kan varmemotstanden for pappen med fugen bakom, med rimelighet settes til 0,50. Av dette skyldes da 0,40 den blanke folien. Det motsvarer omtrent isolasjonsverdien av en 2 1/2" plankevegg eller en 22 mm porøs plate.

Økonomisk varmeisolasjon.

Byggeforskriftene stiller minimumskrav til varmeisolasjon i sitt kap. V. Disse kravene er ikke satt opp etter en vurdering av hva som er økonomisk riktig. De er minimumskrav som skal sikre sunde og helsemessig gode boliger.

Vegger i trehus skal derfor ikke under noen omstendighet ha høyere varmegjennomgangstall enn $k = 0,9$. I den kaldeste

klimasonen får ikke k-verdien være dårligere enn 0,6 for trehus.

De tradisjonelle bindingsverksveggene har som kjent en k-verdi på 0,8 eller ubetydelig over dette. Kravene føttes derfor ganske strenge da de nye forskriftene kom i 1949.

Utviklingen på dette feltet har imidlertid gått raskt i årene etter krigen. Idag er det så gode isolasjonsmaterialer å få, at det er en lett sak å bygge rasjonelle vegger og bjelkelag med langt bedre varmeledningstall enn hva forskriftene forlanger.

Tre brukes ikke lenger som universalmateriale. Det er f. eks. for dyrt til isoleringsformål. Her lønner det seg idag å erstatte treet med spesielle isolasjonsmaterialer.

En sammenligning av prisen pr. isolasjonsenhet sier ganske mye om dette forhold. (Pris pr. m²: materialets varmegjennomgangsmotstand.) Etter prisene fra utgangen av 1954 til forbruker i Oslo vil prisen pr. isolasjonsenhet være ca. kr. 70,— for ¾" rupanel, mens den er ca. kr. 14,— for 20 mm porøse trefiberplater og kr. 1,50—3,— for de forskjellige typer mne-

ralullisolasjon, som gir særlig mye isolasjon for pengene.

Idag vil veggene med 10 cm mineralullisolasjon ($k = 0,3$ kcal/m². h. °C) være billigere eller koste det samme som veggene med reflekterende papp og asfaltlimte trefiberplater ($k = 0,7$ kcal/m². h. °C) der hvor det ikke er nødvendig å lekte ut ytterkledningen.

Det er derfor idag så mye større grunn til å gå over til de velisolerte konstruksjonene.

Helt generelt kan det sies, at det lønner seg å isolere yttervegger, bjelkelag og skråtak så godt som det er praktisk mulig. Utgifter til økt isolasjon spares inn på kort tid. Det lønner seg f. eks. ikke å bruke 3" isolasjon der hvor det er naturlig plass til 4".

Det er viktig å kombinere den gode varmeisolasjon med god vindtetthet. I værharde strøk må kaldvinden hindres i å blåse inn i isolasjonslagene. Hvis ikke, vil isolasjonsevnen bli helt illusorisk. Særlig kan det være enkelt å gi bjelkelag en god isolasjon. Normalt representerer de store og greie flater. Det kan være rimelig å isolere yttervegger (y), loft- (l) og kjellerbjel-

kelag (kj) i omtrent disse forhold mellom k-verdiene:

$$\frac{k_l}{k_v} = 0,8 \quad \frac{k_{kj}}{k_y} = 1,1$$

Den varmen som mistes til kjelleren kan komme godt med. Isolasjonen av kjellerbjelkelaget bør ikke overdrives slik at kjellerrommene kommer ned i minusgrader, det fører straks til store ulemper for matforråd og vannledninger. Hvor kjelleren ligger litt utsatt kan en isolasjon med 10 cm mineralull bli i meste laget.

God varmeisolasjon er ikke et fortrinn som må betales med økte driftsutgifter. Det er økonomisk fordelaktig å isolere godt, enten en ser det privatøkonomisk eller nasjonaløkonomisk, og det ville være riktig om myndighetene på en eller annen måte kunne oppmuntre til å bruke konstruksjoner som virkelig fører til brenselsbesparelse. Idag har de velisolerte konstruksjoner dessverre en forholdsvis beskjeden utbredelse, og de har vært i noen tilbakegang etter at myndighetene begynte å stille husbyggerne mer fritt i valg av konstruksjoner igjen.

VINDUSKONSTRUKSJONER

Av Søren Erik Lundby, Norges byggforskningsinstitutt

Når det gjelder vinduer, er det slående hvor mye tradisjonen har hatt å si. Typer som en gang har innarbeidet seg, har lett for å holde seg, og nyere vinduskonstruksjoner blir gjerne avarter av gamle. Det kan være sundt å være oppmerksom på dette, fordi det kan hjelpe en til å stå mindre forutinntatt overfor problemene.

Legg merke til karmene på tyske vinduer. Det er en type lik den vi er vant til og en annen, sydligere type, hvor karmen ligger på flasken i vindusåpningen og ikke er tykkere enn vindusrammen. Fra England er det mye brukt skyvevinduer med motvekter inne bak karmen. Disse vinduene er ikke så svært tette, men det ser ut som om engelskmennene liker nettopp denne egenskapen hos dem. I USA brytes påvirkninger fra mange land. Det engelske skyvevinduet har stor utbredelse. Her brukes også sidehengslete vinduer, men også en del andre typer av interesse, for eksempel det «flexi-vent» vinduet som er vist på fig. 2. Av russisk faglitteratur ser det ut som om det der er vanlig at begge rammene i et dobbeltvindu slår inn.

Mens utlandet i større utstrekning bruker stål og aluminiumsvinduer, er det så å si bare snakk om trevinduer i norsk småhusbygging. De sidehengslete vinduene dominerer, gjerne som tofagsvinduer. Sammenliknet med våre naboland, er vi kanskje mer fantasiløse eller fornuftige på dette punkt. Vi skal ikke her komme nærmere inn på hvordan vinduene kan brukes som et uttrykksmiddel

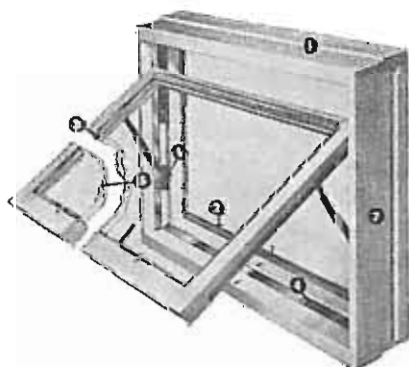


Fig. 2. Amerikansk «flexi-vent»-vindu fra Anderson Corp.

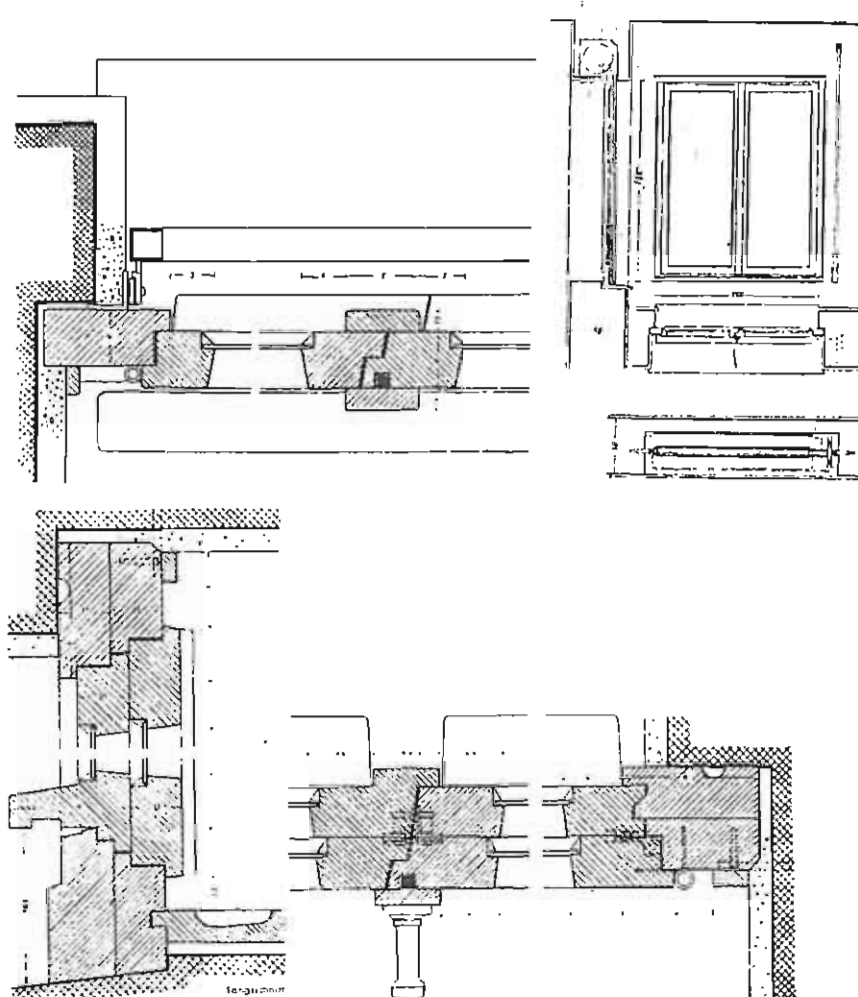


Fig. 1. Tysk vindu med karmen på flasken i vindusåpningen.

i arkitekturen og hvordan utformingen skifter med smaksretningene.

Her i landet er det først og fremst Norges Standardiserings-Forbund som har tatt opp vindusproblemet. Våre eldste standarder for vinduer og dører er fra 1928 og bygde på solide og velprøvede, tradisjonelle utforminger. De er blitt mye brukt og har stort sett vært regnet for vellykte. Disse vinduene har et par karakteristiske trekk. Bunnkarmene er f. eks. forsynt med en vann-nese. De preges ofte av dobbelt anslag. Vinduene virker umiddelbart solide, kanskje med noe stor forbruk av tre. Se fig. 3.

I 1942 tok Standardiserings-Forbundet vindus-standardene opp til revisjon. Dette arbeidet resulterte i de standardene som nå brukes med

nr. fra NS 761 og utover. Fig. 3 viser også et par trekk som karakteriserer disse vinduene.

Rette, godt dimensjonerte falsler eller overfalsler ble foretrukket istedenfor falsler med tettelister i anslagene. NS 761 osv. er altså forutsatt uten tettelister, slik anslagene på koblede vinduer i gammel og ny standard viser det. Det er innført spor i rammer og karmen for tettelhetens skyld. Det er bare ett anslag, og dette ligger alltid i samme plan. Ytterrammene er uten overfals. For å hindre den varme og fuktige romluften i å trenge inn mellom glassene, f. eks. på koblede vinduer — med andre ord for å motarbeide duggdannelse på ytterglasset, — er anslag på koblede vinduer lagt på innerrammen. Innerrammen har større og kraftigere overfals. Bunn-

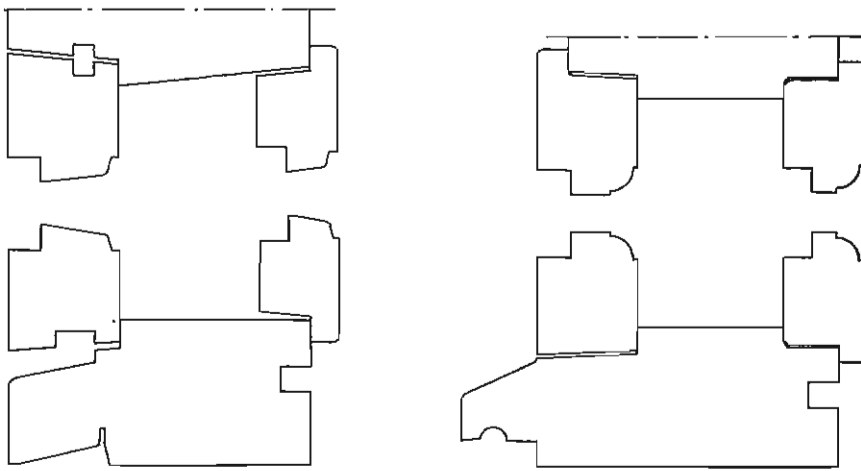


Fig. 3. Til venstre ny og til høyre gammel Norsk Standard.

karmene og losholtene har ikke lenger vann-nese. Profilene skal kunne høvles av gangbare dimensjoner med enkle og tilforlidelige kontrakteringer og tappinger.

Den opprinnelige nye standard for innadslående koblet vindu er som kjent nå — p.g.a. dårlige erfaringer — skiftet ut med en ny standard, med tettelist og metallskinne på bunnkarm. Ellers er det også utarbeidet standarder for svingvinduer.

Arkitekt Blakstad deltok i arbeidet med de nye vindusstandardene, og tok initiativet til at det i 1948 ble satt inn en rekke prøvevinduer i et nybygg i Bodø. Etter erfaringene fra disse prøvevinduene ble den nye norske standarden noe endret, særlig ble en del skråflater utvendig på bunnkarmen og losholter gjort brattere. Av vinduene i Bodø var utadslående vindu med innadslående vindu bra både mot trekk og slagregn. Utadslående koblet vindu ga også gode resultater, men byggelederen opplyser at «koblede vinduer holdes for å være mer trekkfulle». Innadslående koblet vindu sto ikke fullt så godt mot slagregn, og innadslående vindu med innadslående varevindu ga tidlig vanngjennomslag.

I dag opererer mange trevarefabrikker fortsatt med vindusprofiler som ligger mer opp til den gamle vindusstandard enn den nye. Det er f. eks. vanlig med overfals og dobbelt anslag, et tvilsomt prinsipp. Det går vel ikke her an å skylde bare på vanskeligheter med å få bès slag o. l. Vanlig bransjekonservatisme betyr sikkert en hel del. Det burde jo være slik at den som bestiller vinduer etter NS er sikret en god og rimelig vare, — dessverre er det ikke ofte så mye å spare på det, fordi trevarefabrik-

kene ofte foretrekker å levere avvikende typer.

Det har i årevis vært drevet propaganda for bedre varmeisolering i vinduene, først og fremst for å få gjennomført dobbeltvinduer over alt. I forslaget til den nye vindusstandard er det f. eks. en klar utgreiing av den økonomiske betydning av dobbelte vinduer. Likeså i mange lærebøker. Allikevel blir det nok fortsatt bygd hus med enkle vinduer.

Med de godt isolerte ytterveggkonstruksjonene vi i dag har, kan det imidlertid være åtte gange så stort varmetap gjennom vanlige dobbeltvinduer som gjennom samme veggflate. Vi har tidligere sett på forholdene i Boligdirektoratets typehus 207. Ved velisolerte konstruksjoner eilers ($k=0.3$) utgjorde her varmetapet gjennom dører og vanlige dobbeltvinduer 42,5 % av varmetapet gjennom de omsluttende flatene. Om våre vanlige, norske vinduer skal forbedres, må det derfor

først og fremst være en fristende oppgave å forbedre varmeisolasjonen. Det mest nærliggende er da å innføre enda et glass. Men selv med treglassvinduer vil varmetapet gjennom dører og vinduer i eksemplet ovenfor utgjøre 33 %. Det store varmetapet gjennom vanlige dobbeltvinduer gjør at bare tanken på velværet og møbleringsmulighetene kan være nok til å ønske seg en forbedring.

Det var lenge alminnelig å regne med et varmegjennomgangstall $k=2.9$ kcal/m²h°C for dobbeltvinduer og $k=1.9$ for tredobbelte vinduer. Støttet til bl. a. finske undersøkelser på hus i virkeligheten, regnes det i dag gjerne med litt mindre verdier, f. eks. $k=2.5$ for dobbeltvinduer og $k=1.7$ for vinduer med tre glass i rent praktiske varmetapsberegninger.

NBI har sett på den økonomiske siden av saken: Lønner det seg å gå over til større bruk av treglassvinduer? Det ble her regnet med en praktisk k -verdi på 1.6 kcal/m²h°C for treglassvinduer, og en differanse på 0.8, sammenliknet med k -verdier for vanlige dobbeltvinduer. Det ble regnet med et bestemt vindu på 138 × 118 cm, innbygd i trevegg, og det ble regnet ut hva vinduet, innbygd i veggen, ville koste som vanlig dobbeltvindu og som treglassvindu, lik de bl. a. ingeniør Selvaag har brukt. Disse skiller seg fra de vanlige dobbeltvinduer bare ved at varevindet er koblet eller at det har en fals for et ekstravindu. Se fig. 4. Et slikt vindu vil ved tradisjonell innbygging være omkring 60 kroner dyrere enn et vanlig dobbeltvindu, når vindusomramming o. l. ellers er like.

NBI betraktet et enkelt vindu for seg og sammenliknet årskostnadene.

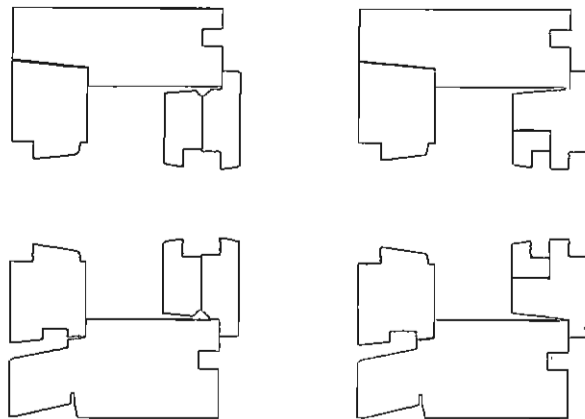


Fig. 4. Treglassvinduer av den type ing. Selvaag bruker, men tillempet Norsk Standard. For større vinduer er varevindet koblet, for mindre brukes typen med det lille ekstravindet i fals i den store varevindusrammen.

Da kommer brenselprisene inn. Brenslet ble regnet etter 4 øre pr. kWh eller 4,65 øre pr 1000 kcal. ved 100 % utnyttelse av energien. Varmetapet ble regnet som for et vanlig oppholdsrom med gjennomsnittstemperatur + 17°C. Det ble regnet med 4½ % rente og 50 års avskrivningstid.

På et slikt vindu vil en etter beregningen spare ca. kr. 1,50 pr. år i Oslo, på Røros ca. kr. 5,— og i Bergen ca. kr. 0,50. Enhver må da vurdere besparelsen i forhold til innsatsen. En skal være oppmerksom på at det i mange rom, f. eks. soverom, i de fleste hjem neppe holdes en gjennomsnittstemperatur på + 17° C. Det er altså egentlig bare i oppholdsrom, kjøkken o. l. at en har denne besparelsen. Mange vil sikkert foretrekke en bedre vindusisolasjon når de kan få den uten å få høyere husleie. I skoler, gamle hjem o. l. vil det utvilsomt være riktig å gå over til bedre vinduer. Derfor kan vi nok håpe og vente at vinduer med tre glass vil få større utbredelse i fremtida.

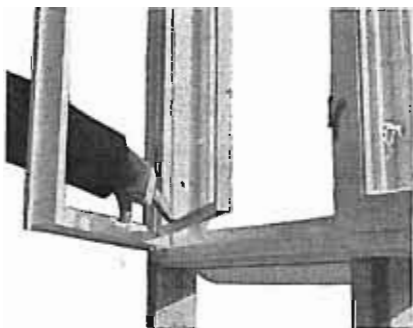


Fig. 5. Treglassvindu av ingentor Selvaags type. Hånden peker på ekstrarammen i det innvendige varevinduet.

Vi har vist noen enkle typer av slike vinduer. De skiller seg lite fra vanlige utadslående vinduer med innadslående varevinduer. De bør ha en mindre type av den vanlige svenskelukkeren, eller andre mindre lukkere på ytterrammen. Vinduer som disse har den ulempen at de kan dugge lettere enn våre vanlige dobbeltvinduer. Den varme romluften vil, hvis varevinduet har utett anslag, komme inn mellom ytre og mellomste glass. Ytre glass må jo bli kaldere, og faren for riming er følgelig større. Det er da teoretisk sett et riktigere prinsipp å bruke koblet utvendig vindu og innvendig enkelt varevindu. Mellomrommet mellom ytre og mellomste glass kommer da i forbindelse med ytterluften, når midtrammen får anslaget. Ved utadslående

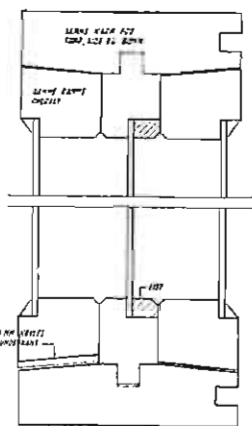


Fig. 6. Arkitekt Mellbyes treglassvindu med fast midtglass.

koblet vindu med innadslående varevindu er den største praktiske vanskeligheten at karmen blir bred for at vinduslukkerne skal få plass. Det gjelder altså ennå mer for treglassvinduer enn for dobbelte, at det indre vinduet skal være så tett som mulig! Det ytre kan heller være litt utett.

Ved bruk av treglassvinduer er det rimelig å ha mer faste vinduer enn vi gjerne har. Ventilasjonen kan ordnes ved noen få vindusrammer som kan åpnes eller like gjerne ved egne ventiler. Arkitekt Mellbye har lagd et slikt fast vindu, vist i fig. 6. Dette er en meget billig og enkel konstruksjon. Det midtre vinduet er fast, og varevinduene må derfor settes inn både utenfra og innenfra. Vinduet er beregnet på en-etasjes hus, veggpartier innenfor balkonger osv. Det er duggsikkert.

I Sverige er interessen for treglassvinduer stor. Civilingenjör Nycander har f.eks. lagd et duggfritt vindu hvor alle spalter er konsekvent utadrettet. Se fig. 7. Vinduet har ett eneste noyaktig anslag på den indre flate av rammen.

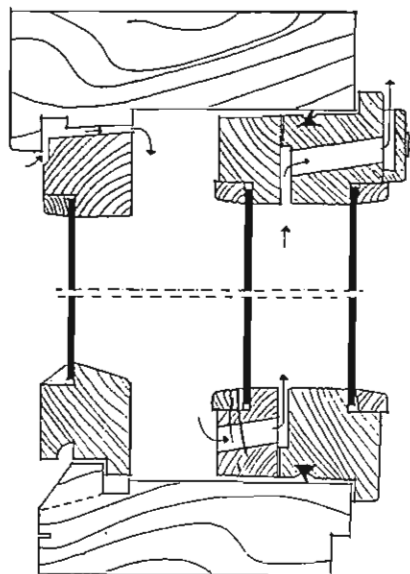
Mens en i Norge har lagd slike vinduer som en videreutvikling av våre vanlig utad- og innadslående vinduer, har svenskene stort sett lagd varianter av sine vanlige koblete



Fig. 7. Duggfritt treglassvindu av civilingenjör Nycander.

vinduer! Det kan være en del variasjoner i detaljene, men prinsippet går stort sett igjen. Noen bruker f. eks. hermetisk dobbelt glass i en av rammene, andre innfører friskluftinntak gjennom vinduet.

Dette prinsippet er kanskje særlig konsekvent utnyttet av den finske forsker Tuomola. Når friskluften trekkes inn mellom glassrutene i et vindu, slik det er vist i fig. 8 vil den komme forvarmet istedenfor helt kald inn i rommet. For klasserom f. eks. er det heldig med ganske stor ventilasjon, og slik forvarming kan da være svært gunstig. Den friskluften som trekkes inn mellom glassene, kan kanskje føre til at overflatetemperaturen for det indre glasset blir som for et vanlig dobbeltvindu, — eller det kan bli enda litt kaldere. Men fordi en god del av den



VERTIKALSEKSTION
Fig. 8. Treglassvindu av den finske forsker Tuomola. Vinduet har friskluftinntak.

tapte varmen vinnes igjen som oppvarmet ventilasjonsluft, kan varmetapet totalt bli 60—70 % mindre enn for et tett dobbeltvindu. Da må det trekkes inn 10—20 m³ luft pr. time pr. m² vindusflate. Denne luften blir da oppvarmet kanskje 50 % ved gjennomgangen i vinduet. Ved en utetemperatur på f. eks. ÷ 10°, kan luften tas inn i rommet med en temperatur på omkring + 3—+5°C. Hvis det i alle fall trengs så mye friskluft til ventilasjon, kan det «effektive varmegjennomgangstallet» for slike vinduer regnes helt ned i k = ca. 1.0 kcal/m².h.°C.

Nylig skrev en svensk professor at den raske utviklingen innen bygge-

faget ikke minst omfattet vinduer og vindusproblemer. Dette er kanskje en overraskende påstand. Men han kunne bl. a. vise til de nye vindustyper med to eller flere glass med hermetisk lukkede hulrom, slike som de amerikanske Thermopane eller de tyske DIG-vinduene. Hulrommet mellom glassene inneholder torr og ren luft. Man slipper rengjøring mellom glassene og kan bruke svært forenklede vinduskonstruksjoner. Disse nye vinduene kan også gjøre det mulig å lage enklere skyvevinduer. Slike hermetisk lukkede vinduer kan i dag fås med både to og tre glass, og også med isolasjon mellom glassene. Det går litt ut over lyset, men det øker varmeisolasjonen betraktelig. Et DIG-vindu eller Thermopane-vindu med tre glass som sitter fast i en karm vil få en k-verdi på ca. 1.7, og med isolasjon av folier mellom glassene, vil DIG-vinduet komme ned mot $k = \text{ca. } 1.2$. Foreløpig ligger kanskje prisene på denslags vinduer litt høyt.

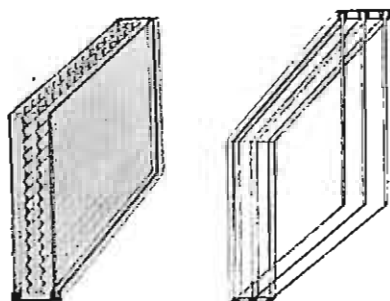


Fig. 9. Tyske DIG-vinduer, til venstre 2 glass og isolasjon, til høyre 3 glass.

En av vanskelighetene med mer primitivt utforte, faste flerglassvinduer er renholdet av glassene. De svære temperaturendringene fra natt til dag og fra sommer til vinter, fører til tilsvarende volumforandringer hos den innestengte luften, og det vil stadig presses luft ut eller suges luft inn. Ved vanlige, faste vinduskonstruksjoner vil det lett suges inn fint støv sammen med den luften som trekkes inn, når temperaturen i vinduet faller. Det skal derfor bli interessant å se hvordan professor Granums store stuevindu vil oppføre seg. Han har listet inn fire faste glass, men forbinder hulrommene med plastposer inne i bindingsverket ved hjelp av slanger. Luften mellom glassene vil derfor presses inn i og suges ut av disse posene istedenfor å pumpes ut og inn gjennom innlistingen.

Selv om overgangen til vinduer med flere glass sikkert er det viktigste i vårt strenge klima, må det være mange forbedringer å gjøre også med selve vinduskonstruksjonen, — for å få vinduene tettere mot trekk og regndrev, enklere og billigere å fremstille, lettere å vedlikeholde og pusse. En rekke av disse spørsmålene er av ganske enkel og kanskje av triviell art. Det kan være slike som å få malingen til å stå på bunnrammene i nybygg.

Problemer som å utnytte solenergien best mulig til husoppvarming bar atskilleg med husene planløsning å gjøre, og ikke minst med vinduenes dimensjonering og plassering. Oslos vedtekter sier (§ 104,6) at vinduets glassflate i alminnelighet ikke skal være mer enn $\frac{1}{5}$ av rommets gulvflate. Her må det altså dispenseres når det gjelder moderne solorienterte planløsninger.

Når det gjelder vinduer er det særlig grunn til å følge med i det som skjer utenlands. Det kan f. eks. gjelde bruken av aluminium i vinduer. Norge ligger her etter mange andre land, selv om vi er blant de største aluminiumsprodusentene. Men det kommer naturligvis av at materialet hittil har vært for dyrt. Det er imidlertid lite vedlikehold med aluminiumsvinduer. Om ikke annet kan det lages spesielle profiler til utvendig kledning av trevinduer.

I dag er det et nært samarbeid mellom byggforskningsorganisasjonene i Norden når det gjelder vindusproblemer. Det har til og med vært holdt et spesielt vindusmøte. Dette samarbeidet er meget positivt. Vi er godt orientert om hverandres problemer og arbeider, kan unngå dobbeltarbeid og samordne programmene.

NBI har først nylig kunnet ta opp spesielle forsøk, og har da naturlig fortsatt med vindtetthets- og slagregnsforsøk. Det er jo mange strøk her i landet hvor tettheten betyr like mye som varmeisolasjonen, og det var naturlig at NBI så på disse problemene, som det tidligere ikke har vært gjort så mye med.

NBI har før gjort enkle, orienterende beregninger om hvilken strammekraft forskjellige vanlige, norske vinduslukkerer kan tåle. Det ble funnet ganske store variasjoner fra type til type. Enkelte vanlige lukkerer hadde svake ledd som begrenset yteevnen. Blant de lukkerne som er harmonisk og godt dimensjonert og som gir rammen et kraftig trykk

mot karmen (ca. 30 kg) når de er riktig påsatt og justert, er både de vanlige «svenskelukkerne» (NS 808) og den vanlige dobbelte vingelukkeren som brukes på innadslående vinduer.

Det har naturligvis stor interesse å kunne bedømme om de markedsførte lukkerne er kraftige nok. Det håper vi at vi kan si mer om, når forsøkene med luftgjennomgang ved forskjellige rammetrykk mot karm er gjennomgått.

NBI har også nylig gjort en del undersøkelser av luft- og slagregnetettheten hos forskjellige vanlige vindustyper. Luftgjennomgangsforøkene er referert annetsteds. De samme prøvevinduene med karmmåll 120×120 cm, tett montert i et prøvefelt, ble senere flyttet over i det slagregnskapet som ble brukt bl. a. til forsøkene med vindusomramninger. Her ble de utsatt for en slagregnmengde på $9 \frac{1}{m^2 \cdot h}$. Dette er, sammenliknet med virkeligheten, en meget sterk slagregnpåkjønning, det dobbelte av det meste som ble observert på en time over en tremånedperiode i Trondheim. Prøvefeltene ble samtidig utsatt for et overtrykk, første dag 10 mm, annen dag 20 mm og tredje dag 35 mm vannsøyle. Disse påkjønninger svarer til det en utsatt yttervegg må tåle i stiv kuling, liten storm og sterk storm.

Det er kanskje ikke så rart at noen av vindustypene ikke står for en slik påkjønning. Holder vi oss til standardvinduene, fikk de innadslående koblete vinduene gjennomslag etter 1 å 2 timer ved 10 mm VS overtrykk, ettersom de var etter den utgåtte standard uten tettelisten eller etter den nye med. Innadslående vindu med innadslående varevindu fikk gjennomslag i bunnfugen langs hele fugen etter $1\frac{1}{2}$ time ved samme påkjønning.

Da greidde både de utadslående koblete vinduene og de utadslående vinduene med innadslående varevinduer seg bedre. Begge greidde påkjønningene med 10 mm VS overtrykk i de 5—6 timer forsøkene ble kjørt uten gjennomslag. Når overtrykket ble økt til 20 mm VS, viste de koblete utadslående vinduene gjennomslag etter 10 min., mens de utadslående med innadslående varevinduer holdt tett mot slagregnet i 1 time før det viste seg gjennomslag.

Forsøkene tyder på at den eldre vanlige vindustypen med dobbelt anslag på ytterrammen er atskilleg

dårligere mot slagregn enn de nye standardvinduene, men materialet er for snaut til at en kan slutte noe sikkert.

Standard svingvinduer greidde seg middels godt. Det horisontalhengslete var best. Ved 10 mm VS overtrykk holdt det tett i 5½ t., mens det vertikalhengslete begynte å lekke etter et par timer.

Resultatene fra disse laboratorieforsøkene er ennå ikke bearbejdet og tallet på forsøksvinduer var i snaueste laget. Det er derfor kanskje litt tidlig og litt farlig å trekke for bestemte slutninger. Men en ser jo, at undersøkelsen bekrefter resultatene av de praktiske forsøkene arki-

tekt Blakstad fikk gjennomført i Bodø.

Etterhvert som det blir større klarhet over slike og liknende forhold, vil det forhåpentlig bli mulig å rette opp noen av svakhetene ved de vanlige vinduskonstruksjonene våre. Det er f. eks. mye som tyder på at tettelstene får sin renesanse. Den utførelsen som synes mest levedyktig, er den hvor det er presise anslag tre mot tre, med tettelstene som en tilleggsetting i fugene. Det er en allminnelig erfaring at vanlige, hengslete vinduer er mest utette på hengselsiden. Her blir oftest rammetrykket mot karmen lite eller ubetydelig. Det vil kanskje i første omgang være

klokt å gå løs på alle slike svake punkter.

En kommer vel heller ikke utenom en økt standardisering av vindusformater hvis en vil tilstrebe en rasjonalisering i husbyggingen. Det ville være et skritt i riktig retning, om det ble tatt mer hensyn til det arbeid Norges Standardiserings-Forbund har gjort, både når det gjelder vindusprofiler og formater.

En bør sikkert ikke slå seg til ro med de konstruksjonene som brukes i dag. Dertil er vårt klima for strengt. En må bare håpe, at det etterhvert skal komme noe godt ut av de anstrengelsene som blir gjort for å bedre vinduene.

ISOLASJONSMATERIALER

Av sivilingeniør Henry Hansen, Norges byggforskningsinstitutt

Ved isolasjonsmaterialer vil vi her forstå materialer hvis vesentlige oppgave er å isolere mot varmetap. Det finnes en rekke materialer som har en ganske lav varmeledningsevne og som samtidig tjener som bekledningsmateriale, slik som f. eks. porøse trefiberplater, halmplater, etc., men de vil ikke bli behandlet her.

Som det fremgår av fig. 1, har luft en meget høy isolasjonsevne, ja, stillestående luft er faktisk det beste isolasjonsmateriale husbygningsteknikken rår over idag. De fleste isolasjonsmaterialer bygger derfor på det prinsipp at det gjelder å frembringe mest mulig stillestående luft inne i materiale og minst mulig av det faste materialet som er bedre varmeleder enn luften.

Isolasjonsmaterialene kan deles i to grupper, organiske og uorganiske. Blant de organiske materialer har man slike som ullvatt, kork, Wellit, kutterflis og torv, og blant de uorganiske er det vel vesentlig mineralull som har noen betydning for småhus av tre. Hvilket av disse isolasjonsmaterialer som er best i teknisk henseende, er vanskelig å si. De har alle sine fordeler og ulemper. Det som i første rekke bestemmer den praktiske brukbarhet av et isolasjonsmateriale er prisen pr. isolasjonsenhet.

Materialets varighet har selvsagt

også stor betydning. Andre ting man må ta hensyn til ved valg av isolasjonsmateriale, er om materialet bibeholder sin isolasjon under bruken (f. eks. under påvirkning av fuktighet eller ved at materialene synker sammen og mister en del av sin isolasjonsevne), materialenes brannfarlighet etc.

Mineralull har fått en ganske utstrakt anvendelse til varmeisolasjon i de senere år. En vesentlig årsak til at mineralull er blitt så meget brukt, er at materialet er gunstig rent prismessig. Produksjonen av mineralull i Norge var i 1953 ca. 24 000 tonn og er således det mest brukte av de typiske isolasjonsmaterialer. (Porøse trefiberplater regnes ikke med her.)

MINERALULL

Ved mineralull forstås man stein, slagg, glass eller en blanding av disse materialer som i smeltet tilstand er overført til fiberform. Ofte får mineralullen en betegnelse som angir hvilket stoff den er laget av.

Her i landet snakker man således om glassvatt og steinull. Mineralull er imidlertid en nøytral betegnelse som ikke nærmere spesifiserer hvilket stoff ullen er laget av.

Slaggull, som blir laget av masovnsagg, blir ikke produsert i Norge. I andre land er den derimot meget



Fig. 2.

Steinullperle. Forstørrelse 180 ganger. Diameter på perlen ca. 0,23 mm.

brukt. I U.S.A. ble det i 1949 benyttet 629 000 tonn slagg til mineralullproduksjonen. Hvor forholdene ligger til rette, kan slagg være et bedre utgangsmateriale enn stein til produksjon av mineralull, da slaggen krever mindre brensel.

A. Fremstilling.

Når det gjelder fremstilling av mineralull, skjer denne i hovedsaken etter tre forskjellige metoder. Den første metoden som kan kalles blåsemetoden, benyttes idag til fremstilling av stenull i Norge. Ved denne metode renner den flytende steinmasse ut av en åpning og denne flytende masse blir så ved hjelp av høytrykksdamp blåst slik at massen blir oppdelt i en rekke små dråper. På sin ferd gjennom luften blir så disse dråper trukket ut til fibre som sam-

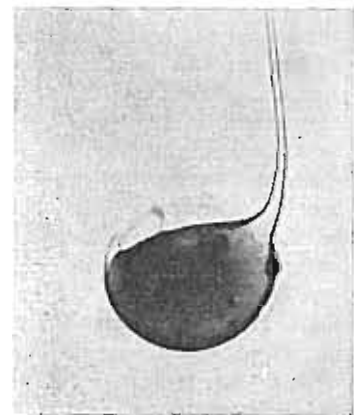


Fig. 3.

Steinullfiber med perle. Forstørrelse 180 ganger. Tverrmål på perlen ca. 0,1 mm.

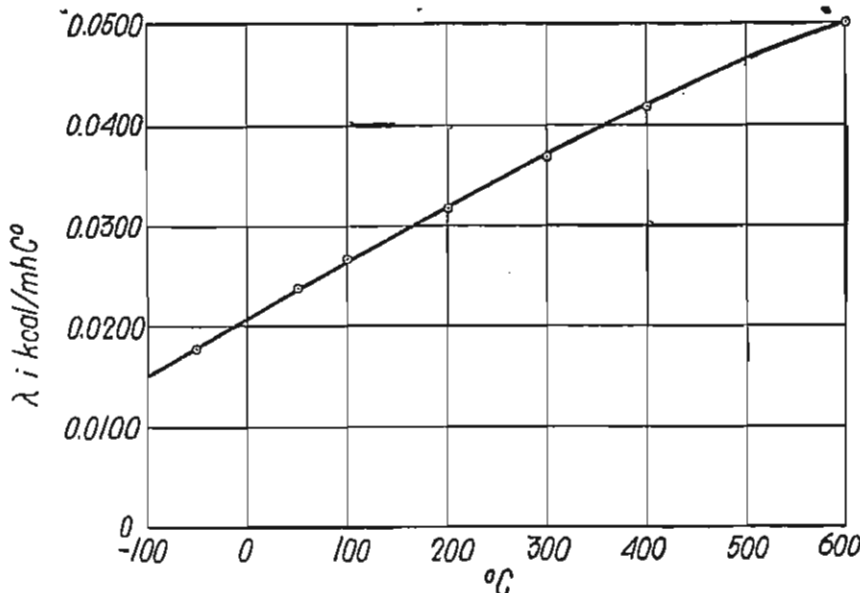


Fig. 1.

Den spesifikke varmeledningsevne for stillestående luft ved 1 atm, efter E. Schmidt.

les i et oppsamlingskammer. Når dråpene fra den flytende steinmasse blåses gjennom luften får de ofte form som en komet. Man får et hode og en lang hale. Halen er da mineralullfiber og hodet blir det man kaller en perle. Fig. 2 viser en slik perle (halen er brukket av). Fig. 3 viser en mer irregulær form.

Den andre fremstillingsmåten for mineralull kan man kanskje kalle slyngemetoden, og det er denne metode som brukes ved fremstilling av glassvatt her i landet. Her renner den flytende glassmasse gjennom noen fine hull ned på en roterende skive. Glassmassen blir så slynget ut til fine fibrer som legger seg rundt den roterende skive. Når man har fått et passe lag med fibrer, skjæres disse ned og de vil da ha en lengde som omtrent tilsvarer skivens omkrets, vanlig 60—90 cm.

Den tredje fremstillingsmåten kalles «spun wool» eller spunnet ull. Fremstillingsmåten er nå i bruk i Norge. Ved denne prosess blir den flytende steinmasse ved hjelp av en rekke hurtig roterende hjul trukket til fine fibrer.

Nærmere detaljer vedrørende denne prosess kjenner jeg ikke til. Denne fremstillingsmåte er brukt i Danmark, og en lignende fremstillingsmåte er også i bruk i U.S.A. Alt etter hvilken fremstillingsmåte som brukes får det ferdige produkt noe forskjellige egenskaper. Vi vil komme tilbake til dette under omtalen av mineralullens egenskaper.

B. Forskjellige mineralullprodukter.

Av mineralullproduktene er det vesentlig følgende som nyttes innen bygningsindustrien:

1. Løs mineralull. Denne selges i seldter à 15 kg.
2. Granulert mineralull. Dette er løs mineralull som er tromlet slik at det dannet seg adskilte dotter slik at den lett kan spres utover. Det fins både impregnert og uimpregnert granulert mineralull.
3. Sydde matter. Mineralullen er her innsydd i kraftpapir. Papiret er som regel asfaltimpregnert enten på den ene eller på begge sider av matten. Sydde matter fins i breddene 90, 100 og 120 cm og mattelengde kan være 5, 10, 15 og 25 m. Tykkelsen på mattene er 2, 3, 4 og 5 cm.
4. Stubbeloftsilt. Dette er mineralull som er sammentøvet til en filtplate. Det fins en rekke bredde- og lengdemål på denne filt og lengden er 3,5, 4,5 eller 5 m.

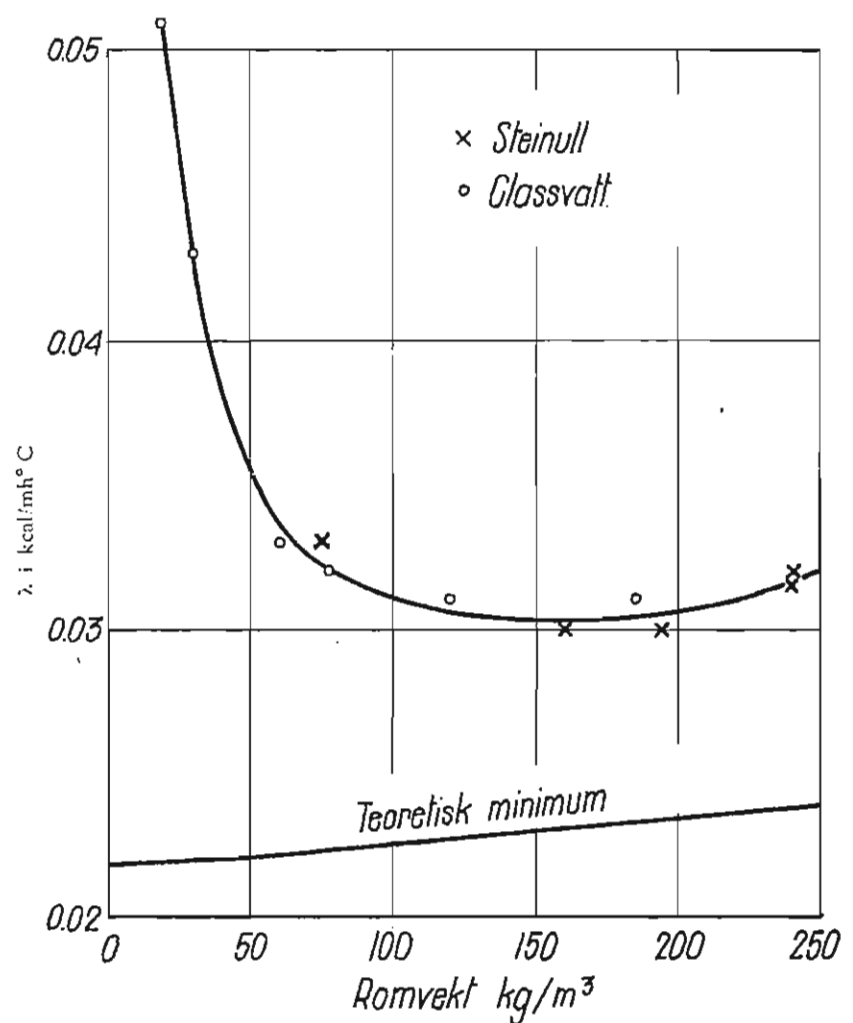


Fig. 4.

Mineralullens varmeledningstall som funksjon av romvekt.

5. Veggfilt. Dette er en tykk mineralullfilt som er fastsydd i et papir. Den brukes i bindingsverksvegger.
6. Elastiske matter. Dette er mineralull som ved hjelp av limstoffer er laget som en plate. Platene leveres både med og uten papirbelegg. Bredden på de elastiske platene er vanlig 57 cm og de passer således til en bindingsverksvegg med 2" stender og 60 cm mellom stenderne.
7. Dyttetry, dytteremser og laftevatt. Dette er asfaltimpregnert mineralull beregnet til forskjellige slags dyttinger.

C. Egenskaper.

Mineralull er først og fremst et isolasjonsmateriale. Det som gjør mineralullen til et så fremragende isolasjonsmateriale er at man ved normale romvekter får praktisk talt stillestående luft inne i mineralullen.

Varmeledningen gjennom mineralull kan man spalte i fire deler:

- a. Varmeledning gjennom stillestående luft (ved vanlig temp. $\lambda = 0,0216$).
- b. Varmeledning gjennom selve mineralullfibrene. ($\lambda = 2$ til 3.)
- c. Stråling.
- d. Konveksjonsstrømmer.

Tar man for seg mineralull med $\lambda = 0,031$ kcal/mh°C så ser man at 70 % av varmeledningen skyldes ledning gjennom stillestående luft

$$\left(\frac{0,0216}{0,031} \cdot 100 = 70 \% \right).$$

De resterende 30% kan man anta fordeler seg med 10% på ledning gjennom mineralullfibrene, 10% på stråling og 10% skyldes konveksjonsstrømmer. Minsker man romvekten på mineralull, vil konveksjonsstrømmene gjøre seg mer og mer gjeldende. Mineralullens varmeledningstall i avhengighet av romvekten er vist på fig. 4.

Man ser av denne figur at den gunstigste λ -verdi oppnås ved en romvekt på 150—200 kg/m³. Kurven er imidlertid nok så flat omkring sit

minimum og det er først når romvekten blir mindre enn ca. 50 kg/m³ at λ -verdien tiltar raskt. Fra denne verdi er det altså at konveksjonsstrømmene begynner å gjøre seg gjeldende for alvor.

Nå er det klart at en slik kurve for mineralullens varmeledningstall som funksjon av romvekten ikke kan gjelde for alle slags mineralull. Jo finere fibrer mineralullen har, desto mer vil den hindre luften i å bevege seg. Fine fibrer gir altså mindre varmeledning p.g.a. konveksjonsstrømmer enn grove fibrer. Man innser umiddelbart at f. eks. 100 tråder med diameter 0,1 vil hindre en luftstrøm mer enn en tråd med diameter 1 mm.

Man kan derfor si at mineralullens varmeledningstall er en funksjon av romvekt og fiberlengde pr. lkg. Da mineralullens varmeledningstall er av avgjørende betydning for bruken, burde produsentene garantere en viss λ -verdi for sine produkter. Dette er oftest ikke tilfelle idag. Som regel ser man angitt λ -verdier for mineralull uten at det er angitt hvilken romvekt verdien refererer seg til.

Det er klart at også orienteringen av fibrerne i mineralullen spiller en viss rolle. Ligger fibrerne hovedsakelig loddrett på varmestrommen vil varmeledningen gjennom selve fibrerne bli mindre enn hvis fibrerne ligger parallelt med varmestrommen. For de fleste mineralullprodukter ligger imidlertid fibrerne hulter til bulter, og man kan ikke snakke om noen orientering i det hele tatt. At enkelte mineralullprodukter har noe bedre varmeisolasjonsegenskaper enn man skulle vente kan muligens delvis forklares ut fra fiberorienteringen.

Noen avgjørende rolle for mineralullens varmeledningsevne vil imidlertid fiberorienteringen aldri spille, da volumet av selve fibrerne er svært lite i forhold til luftvolumet. At fiberorienteringen er av betydning kan man se ved å betrakte andre materialer med tydelig fiberorientering f. eks. gran og furu. Den spesielle varmeledningsevne er for disse materialer etter E. Schmidt:

Aksialt	$\lambda = 0,22$	kcal/mh°C
Radialt	$\lambda = 0,12$	»
Tangensialt	$\lambda = 0,093$	»

Som nevnt foran utgjør varmeledning gjennom stillestående luft ca. 70 % av den totale varmeledning for mineralull med $\lambda = 0,031$. Konveksjonsstrømmenes andel i varmeledningen er antatt å utgjøre ca. 10 %. Man kan således ikke oppnå noen

stor minskning i varmeledningen ved å søke å minske konveksjonsstrømmene f. eks. ved å introdusere en ekstra finfibret mineralull. Har man en finfibret mineralull vil det lønne seg å lage en mineralulltype med liten romvekt. På grunn av de fine fibrerne vil — på tross av den lave romvekten — konveksjonsstrømmenes bidrag til varmeledningen fremdeles bli lite. Da man må anta at produksjonsprisen for mineralull er proporsjonal med dens vekt, kunne man på denne måte oppnå en billig og høyisolerende mineralull.

Fiberdiametere for mineralull varierer svært. For norsk steinull blir det oppgitt en midlere fiberdiameter på 5μ *) og for glassvatt en fiberdiameter på 10—20 μ . Fiberdiametere er sterkt avhengig av hvilken fremstillingsmetode som brukes. Ved blåsemetoden og «spun wool»-metoden kan man vente seg en fiberdiameter på ca. 5μ . Ved slyngemetoden skulle man få en fiberdiameter på 10—20 μ . Noen mikrofotografier tatt ved NBI (Norges byggforskningsinstitutt) synes å tyde på at man ved slyngemetoden kan få fiberdiameter opp til 50 μ .

*) $1\mu = 0,001$ mm.



Fig. 5.
Sammenligning mellom steinull og glassvatt.

De glassvattfibrer som er vist på fig. 6, har en diameter på 50—60 μ . Fiberlengden er også en egenskap som er av interesse for det ferdige produkt. Glassvatt har her overlegent de lengste fibrerne. Når man har lange fibre får man som oftest en bedre sammenheng i produktet. Når mineralullen er tilsatt limstoffer har ikke fiberlengden så stor betydning, men meget korte fibrer er selvsagt også her en ulempe.

Perler er en uønsket bestanddel i mineralull. I et forslag til Norsk Standard for mineralull som er utarbeidet, er perler definert som ikke fibrige partikler som blir liggende igjen på et sikt med maskeåpning 0,295 mm. Perlene har jo et forholdsvis stort volum i forhold til sin overflate og har derfor liten evne til å hindre konveksjonsstrømmer.

Steinull som fremstilles ved blåse-

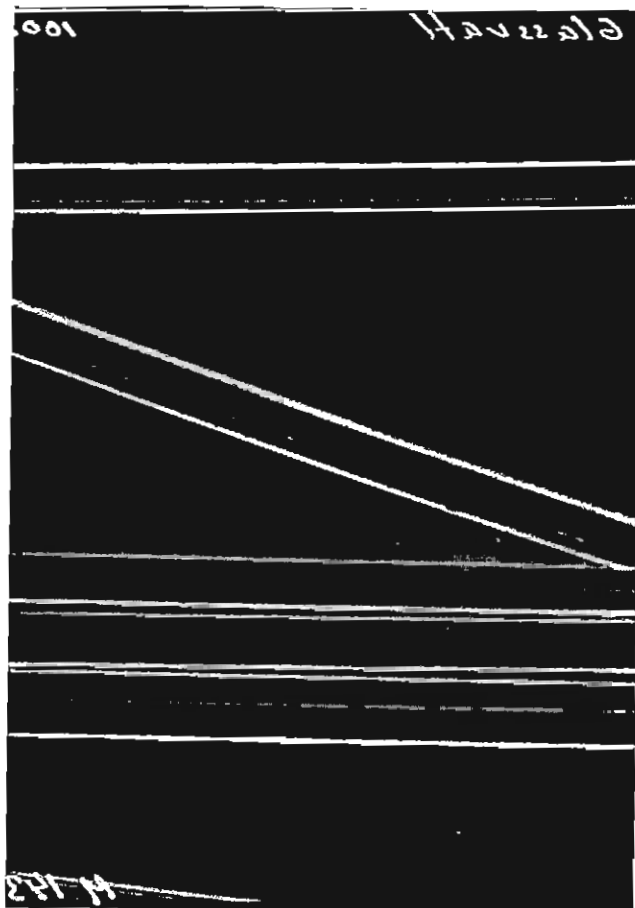


Fig. 6.
Glassvattfibrer.
Forstørret
100 ganger.

metoden har ofte stort perleinnhold, mens glassvatt som fremstilles ved slyngemetoden ikke har perler. Steinull som fremstilles etter «spun wool»-metoden skal etter de opplysninger jeg har fått, inneholde svært lite perler. Når man sammenligner glassvatt og steinull ser man ofte at disse materialer har nesten like λ -verdier. Da steinull har langt finere fibrer, skulle man jo vente at λ -verdiene for dette materiale var minst. Det som motvirker dette tror jeg er steinullens ofte store innhold av perler. Det er ingen sjeldenhet å finne et perleinnhold i steinull på 30—40 vektprosent, og da har man bare tatt med de perler som blir liggende igjen på et sikt med maskevidde 0,295 mm. Det er jo klart at det fins en hel del perler som har mindre diameter enn 0,295 mm og disse perler vil jo heller ikke ha samme effekt, når det gjelder å hindre konveksjonsstrømminger, som fibrer. Det er derfor ikke sikkert at fiberlengden pr. kg mineralull er så mye større for steinull enn for glassvatt. I forslaget til Norsk Standard for mineralull er det satt som krav at mineralullen ikke skal inneholde mer enn 30 % perler. Dette krav burde være lett å oppfylle for produsentene.

Ved en fysisk betraktning av mineralullen består denne av en underkjølt væske. En slik væske vil før eller senere krystallisere til et fast stoff. Når mineralullfibrerne krystalliserer, vil de bli svært sprø og de kan bli ødelagt ved rystelser eller andre mekaniske påkjenninger.

Det er en kjent ting at glass som er noen generasjoner gammelt, ofte blir sprett. Det er en krystallisasjon som er foregått. Ingen synes imidlertid å regne glass som et mindre holdbart materiale av den grunn. Om glass som er trykket ut til fine fibrer vil krystallisere hurtigere enn glass i mer bastante former, vet vi ikke idag, men det er god grunn til å anta at mineralullen vil holde seg intakt i husets levetid. Høy temperatur vil øke krystallisasjonshastigheten, idet væsken (glasset) da blir mindre seig og det blir lettere for molekylene å bevege seg slik at de kan ordne seg til et krystall.

Mineralullen er ømfintlig overfor visse kjemiske stoffer. I bygnings-teknikken er det særlig alkalene som er farlige. Man snakker derfor om mineralullens alkalieresistens. Fersk betong er alkalisk og man har eksempler på at mineralull er blitt ødelagt i forbindelse med betong,

sannsynligvis av betongens alkalske reaksjon. Man bør derfor være forsiktig med å bringe mineralull i direkte berøring med fersk betong, kalk eller sementmørtel. Noen forsøk som er utført tyder på at mineralullen blir sprø når den fuktes med kalkvann. Hva som egentlig er årsaken til dette, er ikke klarlagt da forsøkene kun har vært av orienterende karakter.

Mineralull er jo ansett for å være et uhygroskopisk materiale. Ikke desto mindre opptar mineralullen en del fuktighet. De mengder vann mineralull kan oppta ved normale fuktighetsforhold er imidlertid rent ubetydelige. Blir fuktig mineralull utsatt for tørr luft, tørker den raskt ut. Den fuktighet som opptas av mineralull i fuktig luft er dels absorpsjonsfuktighet, dvs. det legger seg et meget tynt vannlag på overflaten av fibrene, dels er det vann som kondenserer mellom fibrene (kapillærkondensasjon). Kapillærkondensasjon ytrer seg ved at vanddampen kondenserer ved et lagere vandamptrykk på konkave flater enn det trykk som trengs til kondensasjon på en plan eller konveks flate av samme temperatur.

Det vannlag som legger seg på overflaten av fibrene synes maksimalt å være ca. $0,1 \mu$ tykt, hvilket tilsvarer 1 mg pr. dm^2 . I alminnelighet er adsorpsjonssjiktet tynnere enn dette og vil ved vanlige målinger av mineralullens fuktighetsoppsuging ikke gjøre seg særlig gjeldende. Den vesentligste årsak til fuktupptak hos mineralull er nok at vanddampen den kondenserer hvor fibrene ligger tett sammen.

Det er i rent ekstreme tilfelle konstatert en vannoppsuging på 20 vektprosent for mineralull som har ligget i vegg. Man må imidlertid

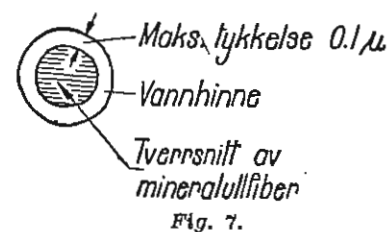


Fig. 7.

To måter mineralull kan oppta vann på fra fuktig luft.

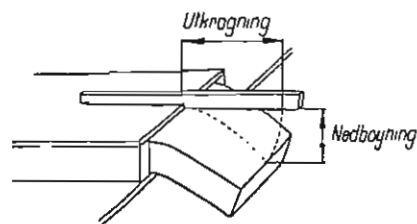


Fig. 8.

Prøvemåte for elastiske matters elastisitet og styrke.

regne med at mineralullen i lengden ikke kan holde på en slik vannmengde.

Noen undersøkelser foretatt av NBI viser at fuktighetsinnholdet i mineralull brukt som veggisolasjon ligger på ca. $\frac{1}{2}$ %. Undersøkelsen baserer seg på prøver tatt i den ugünstigste årstid d. v. s. midt på vinteren. I forslag til Norsk Standard for mineralull er maks. vannabsorpsjon satt til 1 %. Det er i ovennevnte forslag forutsatt at mineralullen skal kondisjoneres ved 95 % relativ fuktighet og at den deretter blir tørket. Det er vektforskjellen mellom fuktig og tørr tilstand uttrykt i prosent av torrvekten som angis som vannabsorpsjonen.

For å hindre at mineralullen blir fuktig av vann blir den ofte impregnert med asfalt. Denne impregnering har liten innflytelse på vannabsorpsjonen i fuktig luft, men den er ganske effektiv hvis mineralullen kommer direkte i berøring med vann. Klemmer man sammen en dott med impregnert mineralull og kaster den på vannet, vil den holde seg flytende meget lenge.

Mineralullproduktenes mekaniske styrke er også av interesse. For en rekke anvendelsesområder spiller jo styrken en mindre rolle, f. eks. ved stubbeloftsilt. Når det gjelder sydde matter er det papiret som er avgjørende for mattens styrke. Når det gjelder de såkalte elastiske matter eller plater, er styrken av avgjørende betydning. Disse matter skal jo tåle en viss håndtering uten å bli ødelagt før de settes inn i veggen. En elastisk matte må kunne gripes på midten og settes på plass i veggen uten å brette. I forslaget til Norsk Standard for mineralull har man derfor forlangt at en elastisk matte skal kunne gis en utkrøying på 0,55 ganger lengden uten å brette. Fig. 8 angir skjematisk prøvemethoden for undersøkelse av elastiske matters bruddstyrke.

Mattens elastisitet kan også prøves med det samme apparat, idet

man kan måle hvilken nedbøying mattene får for en bestemt utkraging. Ved NBI ble det gjort noen forsøk med elastiske matter. Man lot mattene krage ut 25 cm fra underlaget og nedbøyingen ble så målt. Mattene ble så kondisjonert i et fuktig rom og den elastiske nedbøying ble igjen målt. Det viste seg da at alle mattene hadde større nedbøying etter kondisjoneringen enn før. Dette tyder på at limstoffet i mattene ikke er helt resistent mot fuktighet.

D. Mineralullens bruk.

Når det gjelder bruken av mineralull så har vi det forhold at enkelte produkter kan brukes til en rekke ting, mens andre produkter er beregnet til bruk i spesielle konstruksjoner. Den sydde matten kan således brukes både i vegger og gulv, mens stubbeloftsfillt er spesielt beregnet til bruk i gulv og elastiske matter i bindingsverksvegger. Når det gjelder bruk av elastiske matter i bindingsverksvegger, er det ofte uttalt frykt for at mattene vil sige i veggen. En slik frykt må ansees som ugrunnet. Blir imidlertid en elastisk matte utsatt for ekstrem fuktighet, er det fare for at man vil få en viss svinging. Det er imidlertid grunn til å presisere at det erfaringsmateriale man har på dette området er meget spinkelt.

Når det gjelder bruk av sydde matter på vegger, må man anbefale å legge disse horisontalt på veggen. Settes de sydde mattene vertikalt kan det

være en viss fare for at mineralullen løsner og samler seg nederst i matten. Ligger mattene derimot horisontalt vil sømmene hindre at mineralullmassen siger ned.

Sydder matter er også brukt i bjelkelag til såkalte flytende gulv. En viss fare for knusing av mineralullen er her tilstede. Noen forsøk som gir klar beskjed om dette forhold, foreligger ikke. Det vil imidlertid utvilsomt bli en sikrere konstruksjon hvis man bruker forholdsvis tykke matter, f. eks. 3 cm som mellomlegg mellom gulv og bjelkelag.

ANDRE

ISOLASJONSMATERIALER

Bølgepapp-plater er et isolasjonsmateriale som består av flere lag bølgepapp. Mellom papplagene danner det seg en rekke atskilte luftkanaler hvor luften blir meget stillestående. Det mest kjente isolasjonsmateriale av denne typen er vel korrugit. Her er bølgepappen impregnert mot fuktighet og råte. Det fins også en type korrugit som er impregnert slik at den er tungtantenellig. Korrugit leveres i tykkelsene 2, 2.5, 3, 4 og 5 cm. Standardformater er 150×60 cm, 150×56 cm og 120×75 cm. Korrugit har en romvekt på 50 kg/m^3 og et varmeledningstall $\lambda = 0,036$.

Kork er et velkjent naturprodukt. Som isolasjon brukes det mest i form

av ekspanderte korkplater. For kork angir bygningsforskriftene $\lambda = 0,04$. Kork er lite brukt i trehusbygging. Det anvendes vesentlig i hus av mur og betong.

Torv har delvis vært brukt som isolasjonsmateriale. Bygningsforskriftene oppgir $\lambda = 0,05$ for impregnerte torvplater med romvekt 200 kg/m^3 . Løs torv kan også tenkes som isolasjonsmateriale i bindingsverksvegger. En ulempe med torv er at det er meget hygroskopisk. Torv har vært lite brukt som isolasjon i boligbygg, men enkelte steder i landet har det fått en del anvendelse i fjøsbygninger.

Kutterfills som fylling i bindingsverksvegger skulle gi en billig vegg hvor det er lett tilgang på dette materiale. Bygningsforskriftene oppgir $\lambda = 0,1$. Det har fra brannteknisk hold vært reist innvendinger mot bruken av dette materialet, men det tillates nå brukt i vegger.

Det har i den senere tid kommet en rekke uorganiske fyllmaterialer på markedet, men disse har ennå ikke funnet noen særlig anvendelse i trehusbygging. Blandt disse materialer kan nevnes vermiculite og leca.

Til slutt gjentas at det man først og fremst skal ta i betraktning ved bedømmelse av isolasjonsmaterialer er materialets λ -verdi og dets pris. Dessuten må man undersøke om materialet egner seg for den spesielle konstruksjon det skal brukes til. Særlig synes fuktighet å represenere en fare for alle isolasjonsmaterialer.

SMÅHUS MED OG UTEN KJELLER

Av Sven Erik Lundby, Norges byggforskningsinstitutt

I riktig gammel, norsk småhusbebyggelse er kjellerløse hus helt vanlige, og denne byggemåten bruker vi selv på mange slags mindre hus, om ikke lenger så mye på vanlige boliger. Den gamle byggeskikken, å grave ut bare det aller nødvendige, er nemlig ikke mer enn såvidt avlivet. I manges bevissthet er kjellerløse hus i dag mindreverdige hus. Ut over landet vil eiendomsmevlene gjerne fremheve at det er kjeller under hele huset, når et virkelig solid og helt igjennom førsteklasses hus skal omsettes.

I dag venter vi at utviklingen kommer til å påvirke oss til mer kjellerløs boligbygging igjen. Det er stor og kanskje noe motebetont interesse for dem blant yngre mennesker. I USA har utviklingen gått raskt i denne retningen. I 1953 var $\frac{1}{3}$ av USA' eneboliger kjellerløse hus. Halvparten av dem hadde «crawl-space», dvs. bjelkelag på grunnmur eller piler. Den andre halvparten hadde «slab», betongplate direkte på grunnen. Den siste av disse funda-



Fig. 1.

Lave, kjellerløse hus er på moten. Dette er en amerikansk ønskedrom (Fra House and Home).

menteringsmåtene var i rask fremgang.

Konstruksjonen av kjellerløse hus kan gjerne deles i disse to gruppene, 1) hus med golv på piler eller grunnmur og 2) hus med golv direkte på bakken.

De første byggemåtene er stort sett velkjente. Hos oss vil det vanligvis bli snakk om trebjelkelag i gulvet, men dette kan naturligvis også utføres på annen måte, f. eks.

montert som lettbetongdekke. I alle fall må dekket være svært godt isolert. Det bør minst være 10 em mineralullisolasjon i trebjelkelag, og det bør også legges en reflekterende papp med blankside ned oppå bjelkene og under golvbordene. Huset må også være slik bygd at ikke kald vind blåser rett inn i bjelkelaget i det kritiske punktet ved overgang fra vegg til golv. Er det bjelkelag i huset, må en her være svært omhyggelig med utvendig papp. Det kan også være nødvendig å beskytte trebjelkelag mot angrep av mus og rotter ved å lekte inn en $\frac{3}{4}$ " galv. netting i underkant av bjelkene.

Fundamenteringen av slike hus blir jo vanligvis støpte — eller murte — ringmur med nødvendig ventilasjon av hulrommet. Ventilasjonsåpningene må sitte i hjørner og inntil mellomvegger og med så rikelige arealer på åpningene at hulrommet under huset blir effektivt utluftet. Her blir det sikkert ofte luftet for lite med fare for råte og sopp i bjelkelaget. Tilførselen av fuktighet vil reduseres kraftig, hvis grunnen dekket av en litt kraftig asfaltimpregnert papp. Dette er f. eks. vanlig praksis i USA i dag, hvor skader i trebjelkelag har vært ganske utbredt. Impregnerte bjelker og stubbeloft vil gi ytterligere sikkerhet. En lukket ringmur har den fordel at den hever temperaturen under golv et noe. NBI tok forrige vinter noen stikkprover av temperaturene under en brakke som var bygd på denne måten. De lå hele tiden på +, men det er åpenbart at en risikerer kuldegrader. De gunstige temperaturforholdene gjør det imidlertid

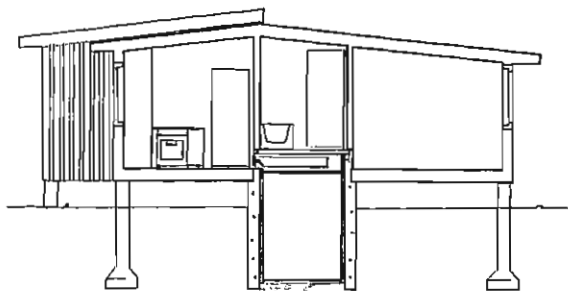


Fig. 2.

Snitt gjennom et av professor Brochmann og arkitekt Mellbyes småhus for Christiania Spigerverk.

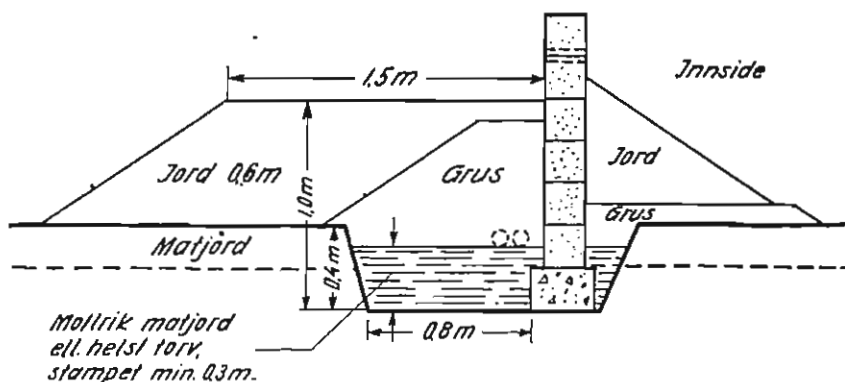


Fig. 3.

Forslag til molbenk-konstruksjon av overingeniør Skaven-Haug. (Fra Bygg).

mulig å komme noe enklere fra det ved grunnledninger o. l.

De åpne fundamenteringsmåtene, som pilarer, grunnmurstriper o. l. er i og for seg enkle, men foruten at de er kaldere, kompliserer de nedføring av avløp, innføring av vann og staking av kloakk. Det enkleste kan derfor være å lage en isolert kasse eller en liten kjeller hvor de konsentrerte ledningene føres opp i huset, f. eks. slik det er gjort på professor Brochmann og arkitekt Mellbyes småhus for Spigerverket, se fig. 2.

Våre forfedre la ofte en mollbenk rundt sine kjellerløse hus. Svenskene har særlig interessert seg for denne byggemåten og prøvd å tillemppe den på moderne boliger. Her hjemme har overingeniør Skaven-Haug utviklet moderne konstruksjoner på grunnlag av den gamle byggemåten, se fig. 3.

Ellers kan en jo tenke seg den muligheten å oppvarme grunnen kunstig under pilarer eller grunnmurer for å slippe dyp fundamentering, men slike tiltak er straks mer livsfjerne.

En oppvarming av grunnen faller først naturlig når golvet legges direkte på bakken, gjerne da på en støpt betongplate. Oppvarmingen kan legges i golvet — varmluft, varmtvann eller elektrisitet — eller golvet kan varmes opp indirekte via romluften. Varme som tilføres golvet vil da videre varme opp grunnen under huset og bidra til å holde frosten vekk. Det skal ikke så stor varmestrom til før slike hus kan stå telefritt uten kantfundamenter til vanlig frostfri dybde. Så lenge vi ikke har særlig erfaring i disse byggemåtene, bør imidlertid hvert enkelt prosjekt bedømmes av en varme-tekniker.

Selv på hus med golvoppvarming kan en av og til se dype fundamenter. Golv av denne typen har ofte hatt oppvarming jevnt fordelt over hele golvflaten. Det er mulig at en etterhvert vil gå mer over til å varme opp bare betongplaten kant og en passe stripe inn fra ytterveggene, slik en ofte gjør det ved varmluft-

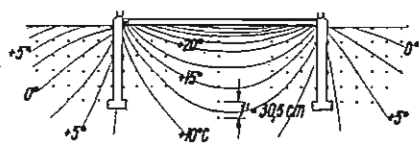


Fig. 4.
Temperaturskurvene under et hus med betongplate direkte på bakken. (Etter Niven og Kent).

anlegg. Oppvarmingen kan da skje som en kombinert golv- eller radlatoroppvarming, f. eks. ved elektrisk oppvarming. Anlegget blir ikke så tregt, og det blir samtidig billigere.

Egentlig er det to hovedtyper av hus med golv direkte på grunnen: en som bærer yttervegger og bærevegger på et eget kantfundament og en som lar veggene stå på selve platen, som gjerne har en forsterket kant.

Et av de viktigste trekkene ved disse konstruksjonene, er den gode isoleringen av platekantene. Uten den vil golvet bli kaldt langs ytterveggene og varmetapet til luft og nærmeste bakke bli forholdsvis stort. Det er en av vanskelighetene å finne egnede isolasjonsmaterialer til platen. Isolasjonen står jo svært utsatt, oftest ned under terreng. I dag blir det gjerne brukt lettbetong eller kork. Det finns utmerkede skumglassmaterialer og ekspanderte plast- eller gummmaterialer, men de er desverre dyre.

Et annet viktig trekk ved golv direkte på grunnen er dampsperrsjiktet som hindrer grunnfuktighet og jordgasser fra å trenge opp gjennom golvet. I enkelte tilfelle har det vært svært dårlige erfaringer med slike golv, hvor dampsperrsjiktet har vært sløffet. Golvbelegget har da ofte bulet opp, fordi fuktigheten har stuert seg opp under det.



Fig. 5.
En plastduk (polyetylen) på 4,80 m legges ut som dampsperrsjikt under betongplaten i et kjellerløst hus.

Inntil nylig har slike dampsperrsjikt som regel vært utført av asfaltimpregnert papp, men plastduker kan komme til å bli mye brukt heretter. De kan legges rett på et sand- eller gruslag uten at det er fare for at de blir tråkket i stykker, og de yter en effektiv beskyttelse mot grunnfuktighet og jordgasser.

Det kan brukes forskjellige golvbelegg, men ikke så godt tregolv på oppvarmete betongplater. Betongplaten bør være 10 cm tykke, og armert med en lett kryssarmering.

For mange av de kjellerløse hus typene vil dype fundamenter spille en ganske stor rolle for prisen. Geotekniske forundersøkelser kunne nok mange steder vise, at det er forsvarlig å fundamenterer grunnere, f. eks. på flere av våre moer.

Vi bygger også mye på fjelltomter. Her sprenges det i dag til kjellere for store summer, og mye av dette kunne sikkert vært spart. Visse typer av kjellerløse hus burde nettopp passe på slike tomter, f. eks. velisolerte oppvarmete golv direkte på bakken.

Småhus uten kjeller er en særpreget boligform, og ofte kommer dette til uttrykk i utformingen av husene på en vellykket måte. Planløsningene preges av en helt annen problemstilling og ofte av en større frihet. Det kunne trekkes fram mange eksempler på dette. Arkitekt Ingeborg Krafft har f. eks. studert arbeidsgangen i en landshusmors kjøkken, og utarbeidet en kjellerløs våningshustype. Eiendomsmegler Næss har lagt fram en hustype ut fra en bestemt ide om oppbevaringsrommene for mat.

Av pillarhus faller det rimelig å trekke fram de småhusene arkitekt Mellbye og professor Brochmann har planlagt for Christiania Spigerverk. Arkitekt Nortvedt bygde seg i 1952 et kjellerløst hus på Hølen (fig. 6), med elektrisk golvoppvarming etter ingeniør Georg Jacobsens tegninger. Alle disse husene og mange andre gir på hvert sitt vis uttrykk for at de er utviklet innenfra.

I Biskmarka er det nettopp fullført et prøvehusprosjekt som ble startet i Boligdirektoratets resje. Her er det også en rekke kjellerløse hus i forskjellige konstruksjoner, som NBI har fått være med og utarbeide. Her er det tradisjonelle konstruksjoner som mer uvanlige. Se fig. 7. Det vil bli mulig å sammenlikne de forskjellige utførelsene på ellers like hus, og det er å håpe at husene også fortsatt vil gi nyttig og nødvendig erfaring.

Kjellerløse hus er vel blitt så populære, fordi de er trivelige og lette å stelle og fordi de gjerne tar seg bedre ut. Når de er så utbredt i et land som USA med sin høye levestandard, er det klart at typen der regnes for å være en god boligform.

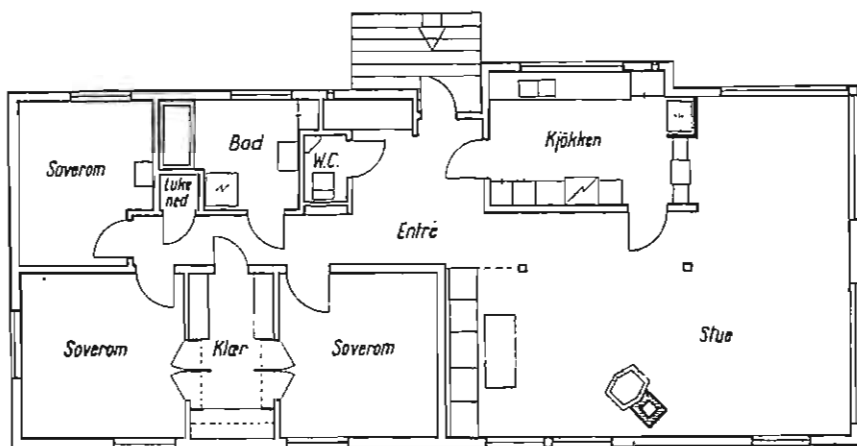


Fig. 6.
Arkitekt Nortvedts hus på Hølen.

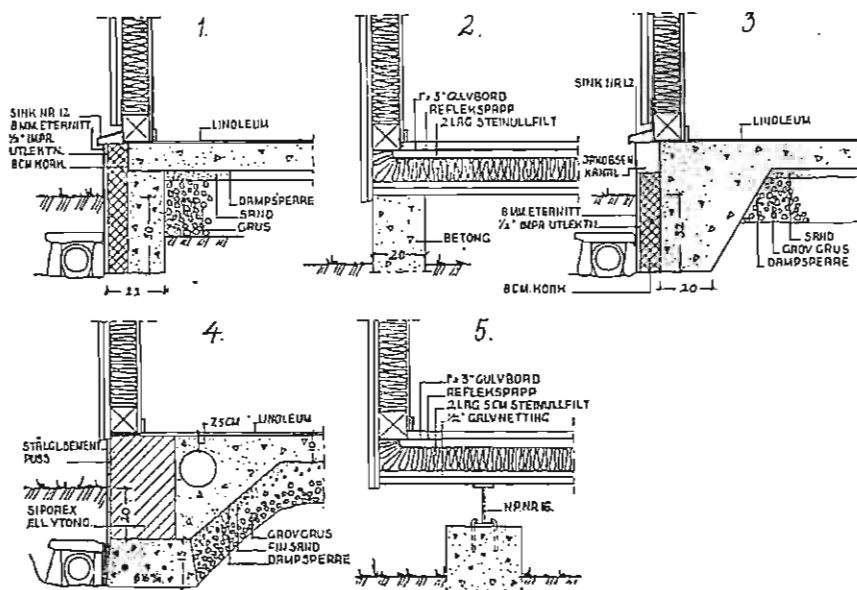


Fig. 7.

Fundamenteringsmåter fra Boligdirektoratets kjellerløse forsøks-hus i Eiksmarka. (Fra BD-orientering).

Strengt tatt behøver ikke husene under slike forhold være billigere enn andre hus.

I vår situasjon vil økonomiske forhold spille en svært stor rolle, og det kan bli avgjørende om det viser seg mulig å bygge kjellerløse hus like billig eller billigere enn andre hus. Vellykte løsninger av teleproblemet er også en betingelse.

Da Norges byggforskningsinstitutt tok opp problemene omkring kjellerløse hus, var det åpenbart at enkelte økonomiske spørsmål måtte avklares.

I samarbeid med Boligdirektoratet ble det derfor satt igang en økonomisk sammenlikning av ellers like hus med forskjellige planer og fundamenteringsmåter. Alle husene hadde 80 m² brutto boligflate. De hadde samme biromareal og var bygd som vanlige trehus med en kombinasjon

av vedfyring og elektrisk oppvarming.

Boligdirektoratet utarbeidet planene for eneboligene, oppbygd av arealer som kunne kombineres til hus uten kjeller, hus med bare matkjeller eller hus med alle birommene i kjelleren. Se fig. 9. Eneboligene kunne være enetasjes eller halvannen-etasjes. På denne måten oppsto seks forskjellige plantyper.

I undersøkelsen hadde det halvannen-etasjes huset med alle birommene i kjeller halv utgravd eller utsprenget kjeller. De kjellerløse husene hadde samme biromareal som tilbygg til første etasje. Biromareålet ble på denne måte vel 23 m². Det svarer til 29 % av brutto boligflate, og er i overkant av hva en gjerne finner i slike hus. I Canada forlanger myndighetene, til en sammenlikning,

minst 11,6 m² i tilleggsareal til ytre rom ved kjellerløse hus.

De seks forskjellige plantypene ble tenkt fundamentert på seks forskjellige fundamenteringsmåter på jordtomter, og på seks andre for fjelltomter. Den første delen av undersøkelsen, hus på jordtomt, er publisert som NBI's rapport nr. 11 og den annen del, hus på fjelltomt, vil komme som NBI's rapport nr. 19.

På så likt sammenlikningsgrunnlag som mulig er det regnet ut nøyaktige priser på 30 hus typer på jordtomt og 36 på fjelltomt. Disse hus typene er da kombinasjoner av de forskjellige plantypene og fundamenteringsmåtene. Kostnadene er fordelt på forskjellige arbeider, for enkelte av dem er de også spaltet opp i flere underposter. Interesserte bør studere tallene i rapportene, det er dessverre umulig å komme inn på alle detaljene her. Tabellene er satt opp slik at opplysningene skal kunne bli til størst mulig nytte for folk i praksis. Det er det innbyrdes forhold mellom kostnadene som interesserer, prisene på de enkelte hus må bli mer eller mindre teoretiske.

Prisberegningene, som er utført av Boligdirektoratet, viser at den tradisjonelle, norske byggemåten med birommene i kjeller er økonomisk gunstig på jordtomter.

Prisen på kjellerløse hus på jordtomt kan bringes ned mot prisen på tradisjonelle hus med kjeller, men ikke så lett under, når biromarealene skal være de samme.

Det var ingen særlig forskjell i prisen på kjellerløse hus og hus med bare matkjeller på jordtomt.

Vår billighetsproduksjon er vanligvis lagt opp med halvannen-etasjes småhus. Sammenlikningen viser at

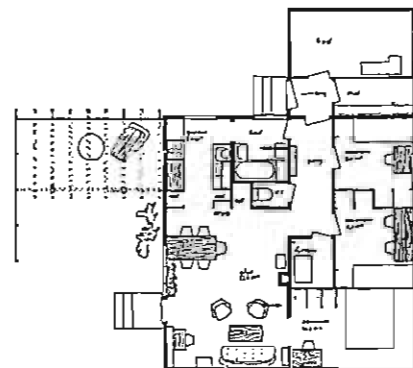


Fig. 8.

Arkitekt Kurt Jørgensens premierte kjellerløse hus fra entreprenørfirmaet Jon Bechs arkitektkonkurranse. (Fra BD-orientering).

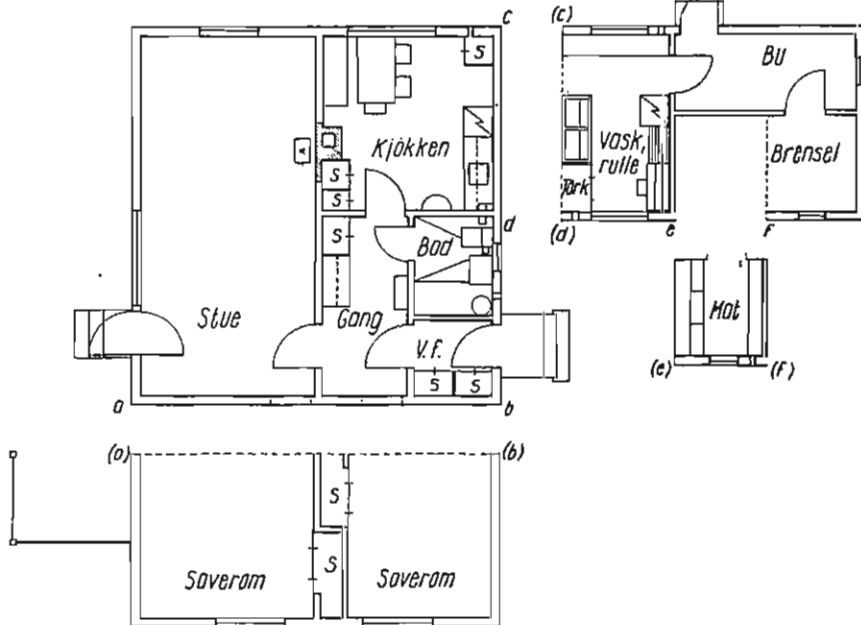


Fig. 9.

Plantypene i den økonomiske sammenlikningen var bygd opp av elementer som kunne kombineres til forskjellige varianter.

enetasjes hustyper gjerne er billigere enn halvannen-etasjes ved de billigste fundamenteringsmåtene på jordtomter. Den vanlige oppfatningen, at de halvannen-etasjes husene er billigst, knytter seg nok til erfaringene fra tradisjonelle hus, som har vanlig grunnmur under hele huset.

ningen er de oppvarmede betongplattene med fundamenter til frostfri dybde på jordtomter så dyre at de helt kan avskrives, og selv konstruksjoner uten dyp fundamentering ligger i en litt høy prisklasse.

Det er å vente at forholdene blir noe annerledes for småhus på fjelltomter. Her er det mulig å se bort fra telefaren og dermed legge opp forenklete konstruksjoner.

I undersøkelsen ble det prisberegnet to slike svært forenklete bygge-måter, nemlig tregolv og kald, men isolert betongplate, begge direkte på grunnen. Beregningene viser at kjellerløse hustyper er de økonomisk mest fordelaktige for slike hus på fjelltomt. For mer tradisjonelle fundamenteringsmåter på fjelltomter, pilarer, grunnmurstriper eller vanlig grunnmur, kan hus med birommene i kjelleren fortsatt konkurrere med

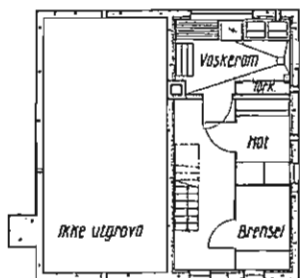


Fig. 10.

Birommene i et av husene, plassert i kjelleren.

Av de spesielle fundamenteringsmåtene som ble sammenliknet for jordtomter, var fundamentering på pilarer og grunnmurstriper billigere i anlegg enn vanlig grunnmur.

Det har vært stilt store forventninger til fundamentering på betongplate direkte på bakken. I sammenlikningen er det tatt med bare elektrisk oppvarmede betongplater, og sammenlikningen er derfor ikke helt dekkende. Men det er vel lite sannsynlig, at andre oppvarmingsmetoder av betongplattene er så mye fordelaktigere.

Efter resultatene av sammenlik-

de kjellerløse husene, når de som i dette tilfelle har forholdsvis konsentrerte biromarealer (29 % av boligflaten).

Plantyper med bare matrommet i utsprengt kjeller synes å stille seg økonomisk ugunstigere enn både kjellerløse hus og kjellerhus med konsentrerte birom når det gjelder fjelltomter.

Enetasjes småhus faller som regel billigere enn halvannen-etasjes på fjelltomt. Bare ved den dyreste, fundamenteringsmåten, oppvarmet betongplate direkte på grunnen, var enetasjes hustyper de dyreste.

På fjelltomter var de beregnede pilar- og grunnmurstripe-fundamentene omtrent like dyre og bare litt dyrere enn vanlig grunnmur.

Billigst var tregolv eller kald betongplate direkte på terreng, og det skulle være all grunn til å prøve slike konstruksjoner mer i praksis, for å skaffe den nødvendige erfaring. Dyrest var oppvarmet betongplate direkte på grunnen.

På jordtomt bekreftet undersøkelsen den alminnelige oppfatningen at økte kjellerarealer fås for en billig penge. På fjelltomt faller det som en kan vente, atskillig kostbarere å utstyre husene med ikke absolutt nødvendige kjellerarealer.

Undersøkelsen understreker den alminnelige sannhet, at valg av husstype og konstruksjon er viktig. Det er ganske instruktivt at disse små eneboligene, som i utstyr og arealer med omhu er gjort så like som mulig, avviker med nesten 10 000.— kroner i byggeprisen for husene på jordtomt og med vel 7 000.— kroner for husene på fjelltomt.

Det er åpenbart at enkelte konstruksjoner for kjellerløse hus iallfall foreløpig ikke vil kunne konkur-

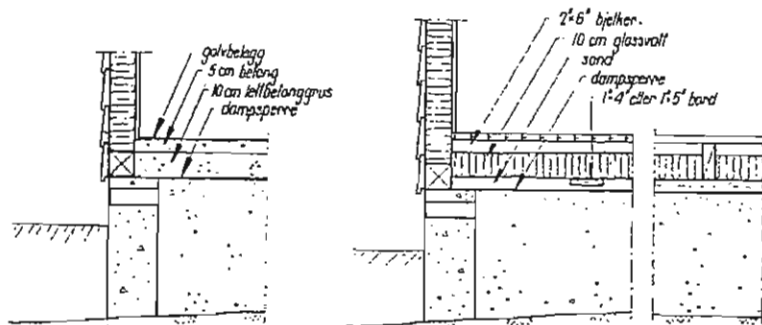


Fig. 11

Forenklete utførelser av uoppvarmede golv direkte på fjellgrunn, ett med betongplate og ett med tregolv.

rere i pris og derfor blir eksklusive. Det er også klart at kjellerløse hus må planlegges rasjonelt og bygges med billige konstruksjoner hvis de skal konkurrere med mer tradisjonell byggemåte.

Men en skal på ingen måte fradem-

me de kjellerløse husene økonomiske muligheter.

Særlig på fjelltomt har velisolerte golv direkte på terreng mye for seg. Men det spørs om ikke hensyn til lettvindt stoll og til trivelighet alene også hos oss fører til at fler birom

blir lagt over terreng, og at utviklingen derfor går mot mer kjellerløse hustyper, selv om de ikke er billigere enn andre hus. Samtidig må vi vente at disse småhusene, som planlegges med rasjonelt husstell for øye, også ofte vil bli bygd i en etasje.

Vegger, bjelkelag og takstoler i trehus

Foredrag av professor Hans Granum ved vinterkurset om «Småhus av tre» 1955

Det jeg skal gå inn på i dette foredraget er de bærende deler av vegger, bjelkelag og tak i småhus. De aller fleste av våre trehus bygges i skjelettkonstruksjon, hvor veggens bindingsverk sammen med bjelkene og sperrere har nøyaktig samme funksjon som benbygningen hos mennesker og andre hvirveldyr. Det skal oppta kreftene fra ytre og indre belastninger og føre dem trygt ned i grunnmuren, og dessuten gi det nødvendige feste for isolasjonsmaterialer og ledningsmaterialer akkurat som skjelettet i kroppen vår gir feste for bindevev og muskler.

Da styrken og stivheten er hovedsaken for dette skjelett, kan utformingen av det sies å romme en typisk ingeniøroppgave av prinsipielt samme art som f. eks. konstruksjonen av en bro eller en kornsilø. Likevel kommer det sjelden ingenlærer bortil vanlige småhus. De blir ikke beregnet, men konstruert etter praktisk skjønn eller normer fastlagt i byggeforskrifter og standarder. Men bak disse normer, og bak skjonnet også kanskje, ligger det gjerne omhyggelige beregninger og overveielser, bygget på den ene siden på visse antagelser om belastninger fra egenvekt, sne og vind pluss det vi kaller nyttelast, og på den annen side kjennskapet til materialenes stivhet og bæreevne.

Det er ganske klart at hverken belastningsforutsetningene eller de tillatte spenninger og nedbøyninger som er gitt i forskriftene, kan betraktes som ufeilbarlige sannheter. Det er de jo selvsagt ikke, og det hender ikke så sjelden at slike ting blir forandret i våre forskrifter. Men stort sett må vi si at vi bygger på både rimelig og god grunn som er alment akseptert, og det ligger utenfor rammen av dette foredrag å gå ytterligere inn på disse grunnleggende forutsetninger.

Det faller ganske naturlig å behandle vegger, bjelkelag og takkonstruksjoner hver for seg, men dette betyr selvsagt ikke at jeg mener konstruksjonene i disse bygningsdeler er uavhengige av hverandre. I mer eller mindre utpreget grad betinger en spesiell veggkonstruksjon spesielle bjelkelags- og takkonstruksjoner. Dette skal vi se flere konkrete eksempler på senere. Vi skal først se på hvilke hovedtyper vi har av veggkonstruksjoner i trehus.

1. *Laftesystemer*, som karakteriseres av at stokker, planker eller elementet ligger i veggen, slik at belastningene overføres stort sett loddrett på treverkets fiberretning. Vi kan alle erkjenne den store betydning slike byggesystemer har hatt gjennom tiden i vårt land, og en kan vel forstå at enkelte ennå henger ved dem av romantiske grunner. Men likevel er det ingen tvil om at de har utspilt sin rolle for moderne husbygging, og jeg skal derfor la de mange problemer ved dette byggesystem ligge.

2. *Reisverksvegger*, hvor veggens bærende del består av notede planker. I sin rendyrkede form med sitt store trelastforbruk og dårlige isolasjonsevne har også denne byggemåten på det nærmeste utspilt sin rolle. I endrede former, hvor plankene av massivt tre erstattes med et fabrikkert produkt med bedre isolasjonsevne, kan likevel selve prinsippet fortsatt sies å innebære muligheter. For spesielle vegger i huset, f. eks. i badrom hvor det skal festes servanter, varmtvannsbeholder, osv. kan også rene plankevegger fortsatt ha sin berettigelse, men som hovedsystem for husets veggkonstruksjon har de i dag så liten interesse at jeg ikke skal gå nærmere inn på dem.

3. *Bindingsverk*. Det store flertall av våre trehus i dag har en rammekonstruksjon eller stol-

peverkskonstruksjon i veggene som med et fellesnavn kalles bindingsverk. Dette blir derfor et hovedtema som jeg kommer tilbake til. Men først vil jeg nevne enda et par systemer som hører med i oversikten, og som har betydelig interesse selv om de ikke er i bruk hos oss i dag.

4. *Post and beam systemet*. Fig. 1 viser prinsippet. Ideen er å bruke kraftigere og færre søyler, bjelker og sperrer. Systemet gir en enkel og klar konstruksjon, og er blitt ganske populært for moderne hus mange steder i USA, særlig i California, hvor taket kan utføres av 2" plank uten isolasjon. Der er det i de siste par årene også kommet på markedet en sammensatt fiberplate, som kan brukes i taket istedenfor planker. Bortsett fra de kraftige søylene står en ganske fritt med veggkonstruksjonene og kan utføre disse av ikke bærende materialer. Jeg tror ikke at systemet har umiddelbar aktualitet hos oss, men det er såpass interessant at det er vel verd å være oppmerksom på det. Tenker vi tilbake på våre riktig gamle trekonstruksjoner f. eks. i fine stabbur (fig. 2), så ser vi straks slektskapet over til denne konstruksjonstypen.

5. *Ytbærende konstruksjoner*. Prinsippet for slike konstruksjoner er besnærende. De består av en sterk hud på begge sider og et lett, mindre sterkt materiale som fyllstoff i midten. Den statiske funksjon av fyllstoffet i midten er bare å overføre skjærkreftene, mens aksialkreftene, altså trykket og/eller strekket overføres av den sterke huden i ytterflatene. Prinsippet blir for så vidt akkurat det samme som i en vanlig I-bjelke av stål eller tre, det gjelder å spre materialet så langt fra nøytralaksen som mulig for derved å gi det større bærende effekt. Det er neppe noen tvil om at konstruksjoner av denne art i frem-

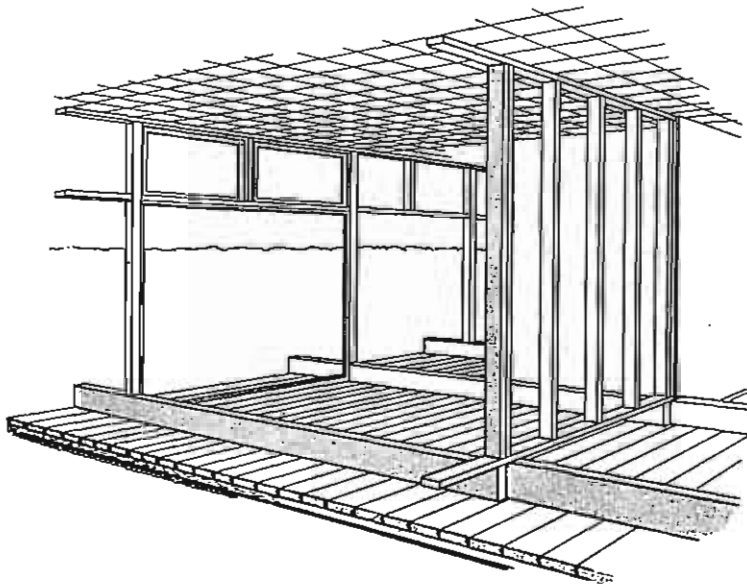


Fig. 1 Prinsippet for Post and Beam systemet. Sperrer, bjelker og stolper er av kraftig dimensjon og satt med ganske stor avstand. Det er beregnet på at man skal bruke ganske kraftige dimensjoner på golv- og takkledning.



Fig. 2. Rygnestadloftet i Setesdal.

tiden kommer til å spille en betydelig rolle i småhusbyggingen. De er forøvrig minst like tenkbare i bjelkelags- og takkonstruksjoner som i vegger. Det fins allerede i dag flere materialer som er konstruert etter dette prinsipp. Men ennå har en ikke funnet noe virkelig ideelt materiale som fyllstoff i midtsjiktet. Det som kommer nærmest opp mot de krav som må stilles til styrke, vekt, pris, volumbestandighet, osv. er et bikubeformet materiale av impregnert papir, slik som vist på fig. 3. Selv om slike konstruksjoner er aldri så interessante, kan de ille vel ikke betraktes som noen praktisk og høyaktuell mulighet for oss i dag, så jeg skal la dem også i fred i denne omgang.

Jeg skal så komme tilbake til bindingsverket i veggene. Dette

er jo et tema som har vært nok så vel gjennomtresket både i skrift og tale i de senere år, så det er derfor ikke noe egentlig nytt jeg skal komme med. Det er forøvrig en fordel at en fast praksis for utformingen av

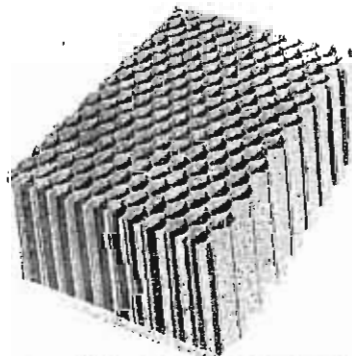


Fig. 3. Materiale av kunstharpiks-impregnert bølgepapir beregnet til «hummatt» for ytbærende konstruksjoner.

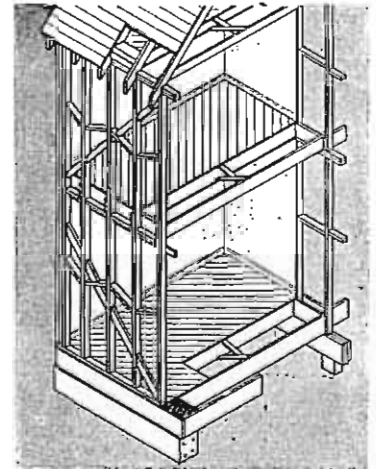


Fig. 4. Bollon Frame. Bjelkene mellom første og annen etasje er lagt opp på ribbord og bjelkene og stenderne korresponderer slik at bjelkene er spikret til stenderne.

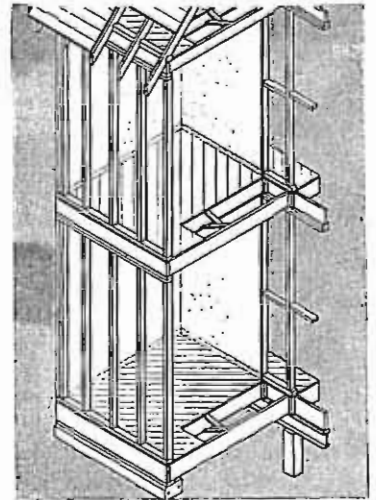


Fig. 5. Platform Frame. Alle bjelkelagene er laget som plattformer. Bjelkene og takkonstruksjonen bygges opp på en særskilt svill opp på denne plattformen. Skråavstiving er ikke vist. Veggene er tenkt utført med en utvendig underkleddning av skrålagt panel som gir en meget god avstiving.

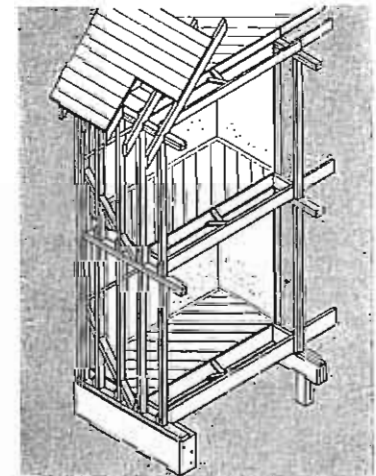


Fig. 6. Modern braced frame. Mellombjelkelaget er lagt opp på en dobbel 2" x 4" svill. Skråavstivingen som er vist er ikke særlig effektiv.

isolasjonsmaterialene av glassvatt og steinull, som forhåpentlig kommer mer og mer i bruk, passer det best å bruke 2"×4" og 60 cm stenderavstand.

Bjelkelag. Statisk sett har et bjelkelag en meget enkel funksjon. Det skal bære sin egen vekt og være stivt nok og sterkt nok til å oppta belastninger av mennesker og møbler uten ubehagelig dissing. I de fleste tilfelle vil et bjelkelag også få en horisontal belastning fra vindtrykket, men dette volder sjelden noen bekymring fordi bjelkelaget er så stivt likevel i denne retning. Det eneste som av og til volder vanskeligheter i så måte er forankringen til ytterveggene. Det hender at dette blir glemt, og det er jo ikke så bra. Ellers er det ofte stivheten som av-

gjør dimensjoneringen istedenfor bruddstyrken. Et golv som disser er ikke noe behagelig. Stivheten sikres gjerne ved at byggeforskriftene krever at den beregnede nedbøying for den gitte egenvekt og nyttelast ikke skal være over en viss grense. Det har vist seg at de krav som ble stilt i forskriftene av 1949, nemlig maks. 1:200 for totallasten, ikke gir tilstrekkelig stive golv, og derfor er dette kravet skjerpet.

Norges byggeforskningsinstitutt utfører ihøst en undersøkelse av stivhetsforholdene i trebjelkelag, for å finne det riktigst mulige kriterium for å karakterisere et tilfredsstillende bjelkelag. Undersøkelsen omfatter så vel måling av nedbøyingen som måling av svingingene i golvet,

som da sammenholdes med den subjektive oppfatning av hva som kan tillates av svikt uten å føles ubehagelig eller gi årsak til ubehagelig klirring osv.

Den maksimale avstand som kan tillates mellom bjelkene bestemmes av hvilke materialer og dimensjoner som skal brukes i golvdeltet og himlingen. Med 5/4" golvbord kan vi gå opp til 90 cm bjelkeavstand uten å risikere for stor svikt i selve golvbordene. Er golvet 1" kan vi gå opp til 60 cm senteravstand. Det er økonomisk fordelaktig å bruke så høye bjelker som praktisk mulig, og av disse igjen så tykke bjelker at de kan legges med en senteravstand så nær opp til den tillatelige maksimalavstand som mulig. Dette er riktig også ut fra hensynet til minst mulig svikt i golvet. Når vi går på golvet, blir nemlig bjelkene belastet med en konsentrert enkeltlast, og hvis vi trækker rett over en bjelke må dette ta omtrent hele belastningen alene fordi golvbordene ikke formår å overføre noen særlig stor del av lasten til nabobjelkene. Derfor er det en fordel at hver enkelt bjelke er stivest mulig, selv om antallet blir mindre. Da dissende bjelkelag er temmelig ubehagelig, bør bjelke dimensjonene velges rikelige.

Hvis vi bruker panel i himlingen, stiller festingen av denne ingen strengere krav til avstanden mellom spikerfestet enn golvbordene gjør. Vi kan altså uten videre tillate f. eks. 90 cm avstand. Ved platematerialer så som 20 mm porøse fiberplater eller 3/8"—1/2" gipsplater, som hyppig brukes som himling (uten panel under) blir imidlertid 90 cm for stor avstand mellom understøttelsene. Det aller meste en kan gå til er 60 cm, og for de tynneste gipsplatene er også dette for meget. Derfor blir det ofte nødvendig å legge inn ekstra spikerslag under bjelkene på tvers av disse til feste for himlingen. Der hvor det skal brukes skjult lysanlegg i taket kan for øvrig denne nedføring tjene en dobbelt hensikt ved å gi plass for elektrikerledningene under bjelkene.

Det har hittil omtrent utelukkende vært brukt fritt opplagte bjelker i vanlige hus, men der

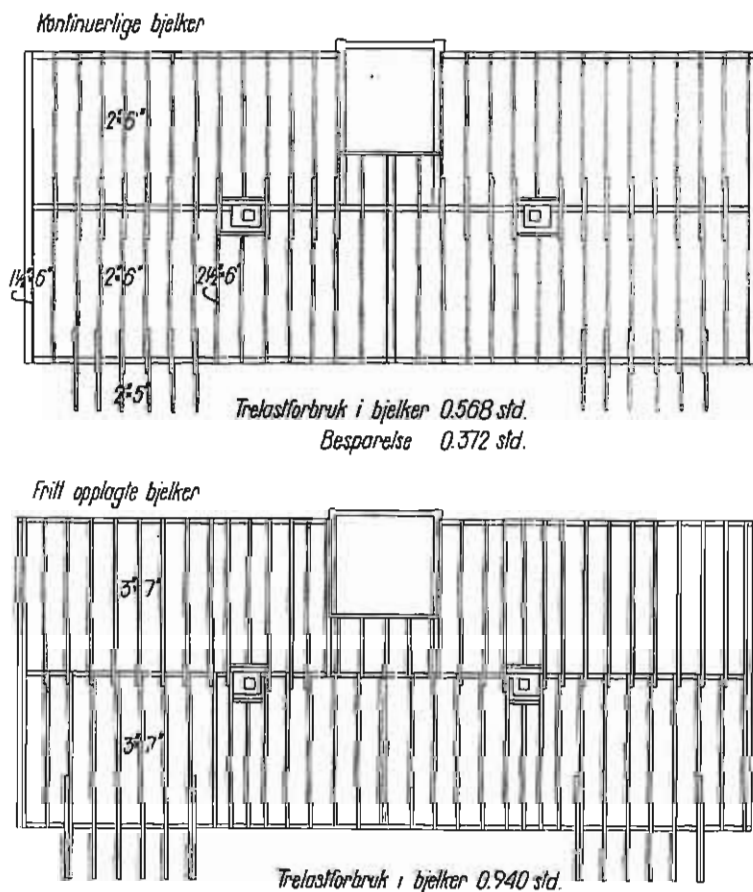


Fig. 8. Kontinuerlige bjelker i firemannsbolig sammenholdt med fritt opplagte bjelker.

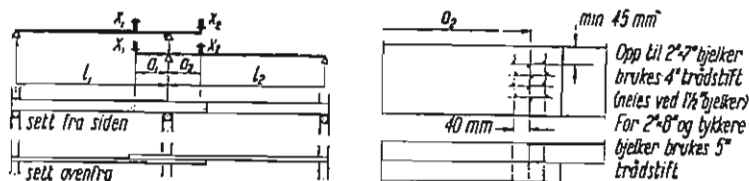


Fig. 9. Detaljer som viser sammenspikring av kontinuerlige bjelker.

hvor huset har en enkel planløsning er det økonomisk fordelaktig å bruke kontinuerlige bjelker. Fig. 8 viser et eksempel på kontinuerlige bjelker i en firemannsbolig sammenlignet med fritt opplagte bjelker. I dette tilfelle sparte en omkring 1,10 std. trelast tilsammen i de tre bjelkelagene i hvert hus. Slik dette golvet er dimensjonert er det imidlertid blitt i mykeste laget.

Kontinuerlige bjelker bør, for å få den samme stivhet mot enkeltlast som et fritt opplagt bjelkelag, ha en noe mindre beregningsmessig nedbøying enn disse overfor en jevnt fordelt belastning. Dette forhold vil også bli undersøkt nærmere i den planlagte undersøkelse ved Norges byggforskningsinstitutt som er nevnt foran.

Selvfølgelig blir det litt mer arbeid med kontinuerlige bjelker enn med fritt opplagte bjelker fordi de må spikres sammen, se fig. 9, men likevel blir det en klar besparelse der hvor huset har en enkel planløsning, og spennene på begge sider av midtveggen er omtrent like store. Hvis planløsningen er mer komplisert, eller det er stor forskjell på spennvidden på de to sidene av midtveggen, er det mer tvilsomt om kontinuerlige bjelker lønner seg. Kontinuerlige bjelker bør heller ikke brukes hvis de ledes over fra en leilighet til en annen.

Som jeg tidligere nevnte har ikke golvbordene alene evne til å overføre særlig mye belastning fra en bjelke til en annen. For å oppnå et bedre samvirke mellom bjelkene, bør en derfor bruke kryssavstivninger midt i spennet, fig. 10. En avstiving som denne bidrar til å øke stivheten i golvet og hindre dissing. Den beste måten å utføre kryssavstivingene på er å bruke lekter som skjæres til og skråspikres med 4" trådstift. Etter det nye forslag til NS 446 kreves slik avstiving for alle bjelkelag med over 4,0 m spennvidde. Opplagskreftene som skal opptas ved bjelkeendene er så små at de sjelden gir noen problemer.

Forankring mellom bjelkelaget og ytterveggen er nødvendig for å overføre horisontalkrefter mellom vegg og bjelkelag. Trykk-

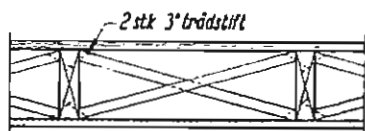


Fig. 10. Kryssavstiving med 1" x 1" lekter i bjelkelag. Om bjelkene kryper vil lektene spennes enda bedre fast.

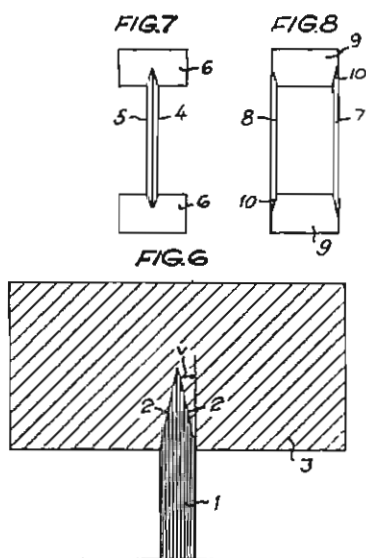


Fig. 11 Bjelke med steg av harde trefiberplater limt til flensene med kaseulin. (Siv. ing. Lundgrens patent).

kreftene innover fra vindtrykk på luvart vegg blir størst, men de kan i alminnelighet overføres direkte mot golvbordene. Strekk-kreftene fra vindsug derimot må opptas av forankringer eller spikring.

Jeg har hittil utelukkende nevnt vanlige massive trebjelker. Det er selvfølgelig mange andre bjelkeformer som kan komme på tale. Fig. 11 viser en bjelkeform som har vært en del brukt i Sverige. Fig. 12 viser bjelkelagselement brukt i A/B Bostadsforsknings nye system for monteringsferdige hus. Elementet er prinsipielt det samme både for vegger og bjelkelag. Fig. 13 og 14 viser en stålarmert bjelkekonstruksjon som er undersøkt av professor Granholm i Göteborg. Teknisk sett fungerer alle disse bjelkeformer utmerket. Det har også forskjellige steder i verden vært forsøkt med limte trebjelker i I-form og T-form. En kan selvsagt spare atskillig tre ved å bruke bjelker av slike former, men til gjengjeld får en større arbeidsomkostninger ved fremstillingen. Slik prisforholdene har vært hittil har det sjelden vist seg økonomisk fordelaktig å bruke an-

net enn massive trebjelker hos oss. Med økende trelastpriser skulle de økonomiske forutsetninger for bruken av nye bjelkelagsformer bli stadig større etter hvert. Bjelkeformer som tar sikte på å spare trelast blir nødvendigvis brannteknisk svakere enn massive bjelker, hvis ikke spesielle tiltak gjøres

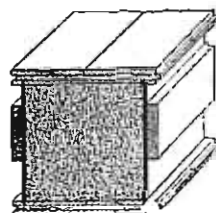
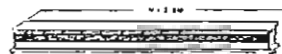


Fig. 12. Bjelkelagselement fra A/B Bostadsforsknings elementhus.

for å øke brannmotstanden i bjelker eller dekke.

I likhet med vegger, er det selvsagt også for bjelkelag en fristende teoretisk mulighet for å bruke stressed-skin konstruksjoner. Personlig er jeg ikke i tvil om at slike konstruksjoner før eller senere vil bli aktuelle, men i øyeblikket er vi ennå ikke kommet til — la oss si — det «matnyttige» stadium. Enkelte av de typer som er vist i figurene ovenfor, må for øvrig nærmest karakteriseres som stressed-skin konstruksjoner.

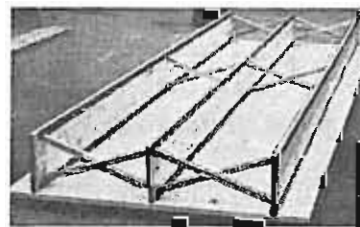


Fig. 13. Detalj av stålarmert bjelkelagskonstruksjon for vanlig golv.

Takkonstruksjoner. Sammenliknet med vegger og bjelkelag er taket en bygningsdel som kan variere svært mye i utforming. Takformer har ellers vært mye preget av motepåvirkninger. Heldigvis ser smaken ut til å gå bort fra valmer, manssardtak, arker og oppbygg, og i retning av økonomisk og konstruktivt enklere og sunnere typer, som enkle saltak og pulttak. Et hovedpunkt ved utformingen av taket er selve takhellingen. Den

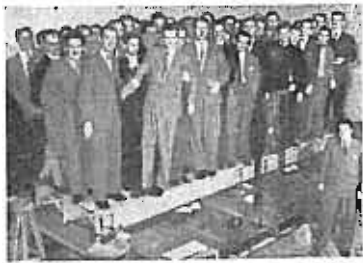


Fig. 14. Provedbelastning av stålarmert bjelkelagelement ved Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

må avpasses etter det tekkingsmateriale som brukes, eller kanskje rettere omvendt — tekkingsmåten må rette seg etter hellingen. Tahell 1 viser den minste takhelling som kan anbefales ved forskjellige tekkingsmåter. Tabellen er satt opp etter skjønn bygd på erfaring fra forskjellige kanter av landet, og bygger således ikke egentlig på systematiske undersøkelser. Men den kan vel tjene som et godt holdpunkt.

Jeg skal for øvrig ikke gå inn på selve taktekkingsens utførelse eller økonomi. Når det gjelder prisforholdene vil jeg henviser til en artikkel i BYGG nr. 8/1954 av forsøksleder Torp og forsøksassistent Kamperud ved Norges landbrukshøgskole.

Det er dessverre så at takkonstruksjoner sjelden blir utført etter nøyaktige tegninger

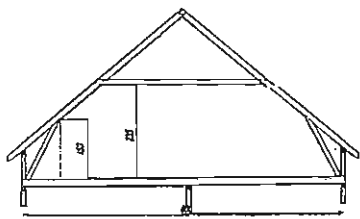
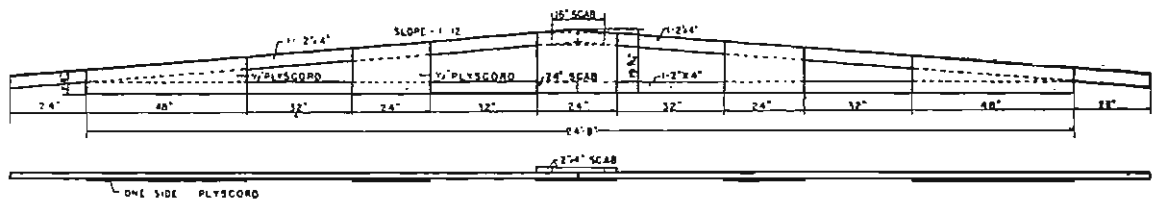
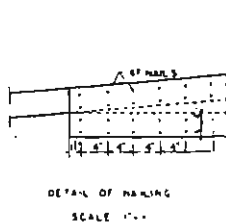


Fig. 15. Takkonstruksjon for halvannetasjes hus med kneestokk.

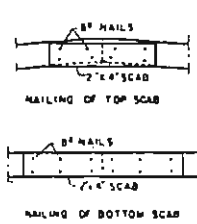


THE GUSSETS AND SCABS ARE GLUED WITH CASEIN GLUE OXOCD GRADE A, AND NAILED AS SHOWN BELOW

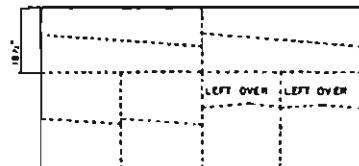


DETAIL OF NAILING SCALE 1"=1"

ALL GUSSETS ARE NAILED IN THE SAME WAY WITH 4" NAILS IN TWO ROWS AND WITH AN APPROXIMATE OC DISTANCE OF 4" IN EACH ROW EVERY NAIL SHOULD BE DRIVEN FIRMLY IN, SO THAT THE HEADS ARE AT LEAST FLUSH WITH THE SURFACE OF THE PLYWOOD



NAILING OF TOP SCAB
NAILING OF BOTTOM SCAB



CUTTING A 4x8 SHEET OF PLYSCORD IN GUSSET PLATES FOR TWO TRUSSES

Fig. 17. Takkonstruksjon for vanlig småhus, spennvidde 24' 8" (= 7,4 m) senteravstand 2', takhelling 1 : 12.

og beregninger. Derfor ser en også ofte feil i takkonstruksjonen på et hus. Det er f. eks. ikke så sjelden å se salryggede tak med «runde» gesimser. Det som ofte mangler i slike tilfelle er skikkelig forankring mellom sperrer og loftsbjelkelag, for overføring av horisontalkreftene. Særlig ved halvannetasjes hus

med knevegger kan det ofte skorte på slik forankring. Når det ikke blir flere alvorligere skader på grunn av feilaktige konstruksjoner, skyldes vel det oftest at bordtaket i seg selv danner en ganske stiv skive. Jeg har sett flere tak hvor sperrekonstruksjonen faktisk må henge i bordtaket, og det var

Minste takhellinger ved forskjellige tekkingsmaterialer

	Innlandsstrøk	Kyststrøk
Krum teglstein	22°	35°
Falset teglstein	20°	30°
Sementtakstein	20°	30°
Naturskifer, enkelttekkning	22°	30°
Naturskifer, dobbeltekkning	20°	25°
Eternit rektangelskifer med stort omlegg (dobbeltekkning)	15°	20°
Eternit fasettskifer	22°	27°
Bølgeplater, eternit, blikk	15° — 22°	20° — 25°
Papp	5°	5° — 10°

jo ikke egentlig meningen med sperrene, og svikt og setninger blir da også resultatet. Hvis vi skulle komme over til tak uten egentlig bordtak, slik som tilfelle er i mange andre land, er det nødvendig å være mer forsiktig med utførelsen av bærekonstruksjonene enn hittil. Da mister vi nemlig helt eller delvis den ekstra stivhet og sikkerhet som bordtaket gir.

Storparten av våre småhus har hittil vært utført med bjelkeberende skillevegger inne i huset, slik at øvre bjelkelag har hatt understøttelse på disse og ofte også taket. Fig. 15 og 16 viser et par sperrekonstruksjoner for slike hus. I Norges byggforskningsinstitutt's anvisning nr. 1 er gitt dimensjoner

osv. som passer for forskjellige husbredder av slike typer sperrekonstruksjoner, så jeg skal ikke gå nærmere inn på dimensjoneringen. Anvisning nr. 1 er dessverre på langt nær så fullstendig som vi kunne ønske, og det er derfor i høst satt igang et fortsatt systematisk arbeid på dette området ved NBI. I Sverige utkommer i disse dager en meget grei anvisning fra Kungliga Bostadsstyrelsen, «Tråttakstolar till bostadshus». Anvisningen, som er utarbeidd av sivilingeniør H. Wale, inneholder detaljerte anvisninger for utførelsen av 8 forskjellige takstoltyper av varierende spennvidde.

I enkelte land, særlig i USA og Canada hvor småhus av tre

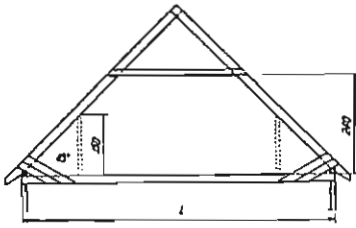


Fig. 16. Takkonstruksjon for en etasjes hus med innredet loft.

helt dominerer boligbyggingen, er det blitt svært alminnelig å bruke frittstående takkonstruksjoner av fagverkskonstruksjon. Slike takkonstruksjoner regnes der borte som økonomisk fordelaktige. Også hos oss er konstruksjoner blitt mer og mer aktuelle, selv om de økonomiske forutsetninger hos oss kanskje er noe annerledes. Frittstående takkonstruksjoner synes å innebære muligheter for en viss materialbesparelse, særlig hvor loftet ikke skal utnyttas f. eks. til tørking av klær. Det stiller oss friere med hensyn til bærevegger, og gjør også sitt til at huset kan komme forttere under tak.

Med spiker eller bolter som forbindelsesmidler er det dessverre ikke alltid så lett å få til virkelig enkle konstruksjoner for små spennvidder. Det er bl. a. vanskelig å få alle staver i samme plan, noe som er en stor fordel bl. a. av hensyn til festing av himling og takbord.

Spikerlimte konstruksjoner. Jeg vil gjerne nevne en type konstruksjoner som ser ut til å innebære store muligheter for en mer rasjonell utforming av bærende takkonstruksjoner i småhus. Fig. 17 viser tegning av en såkalt spikerlimt trekonstruksjon med kryssfinerplater. Fremstillingsteknikken er meget enkel. Det brukes Cascolim og spiker som gir det nødvendige trykk i anleggsflaten for å sikre et godt limforbandt. Det er dessverre ikke tilrådelig å lime ved temperaturer under frysepunktet, i hvert fall ikke med Cascolim. Men ellers er det ingen større problemer med selve framstillingen. Det ser ut til å være mulig å bruke uhøvlet trelast like godt som høvlet. Det eneste som må kreves er at den er skikkelig tørr og ikke tilsølt på noen måte.

Vi er for øvrig akkurat nå i ferd med å undersøke nærmere slike konstruksjoner basert på våre spesielle norske forhold. Jeg var med på en del undersøkelser av slike konstruksjoner i USA i fjor vinter, men ikke alle erfaringer derfra kan overføres direkte. Vi tar i de nye undersøkelser særlig sikte på å finne ut om harde eller halvharde trefiberplater kan brukes i stedet for kryssfiner. Det ser ut til at dette kan være mulig i enkelte tilfelle. Svakheten ved trefiberplater som konstruktive elementer er at de har så lett for å spalte seg parallelt med overflaten. Skjærfastheten i dette plan er ikke mer enn 15–20 kg/cm². Det svake punkt blir derfor ikke selve limfugen, men et spalteplan lenger inn i platen. Det er for øvrig noe tilsvarende også ved kryssfiner, hvor vi får såkalt «fiberrulling» ved avskjæring i finérslag som har fibre tvers på kraftretningen. En annen svakhet er at platene tåler svært lite væte. Konstruksjoner med harde eller halvharde fiberplater som konstruktive elementer må derfor ikke utsettes for særlig mye væte og må stå vel beskyttet også mot kondensfuktighet. Dette gjelder selvsagt også hvor det brukes kryssfiner som ikke er limt med vannfast lim.

Til slutt vil jeg nevne litt om forskjellige måter å reise bindingsverket for et hus på. Den tradisjonelle metode hos oss er jo å passe sammen svillene på grunnmurtoppen, skjære til veggstolper og sperrer og så til slutt sette det hele sammen i sin endelige stilling som et an-

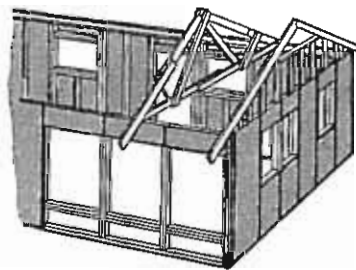


Fig. 18. Hus bygd av standardelementer laget på eller nær byggeplassen. Vinduer settes inn og utvendig panel settes på for monteringen, mens isolasjon og innvendig kledning settes på etter at elementene er montert.

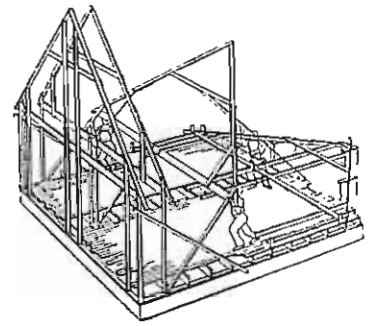


Fig. 19. Reising av rammer som er ferdigspikret på bakken.

net puslespill. Denne metode gir atskillig klatring i bindingsverket og krever i hvert fall delvis stillas, selv om det nok kan være primitivt. Det blir også atskillig arbeid i ubekvemme arbeidsstillinger. Det er derfor vel verd å være oppmerksom på forskjellige andre arbeidsmetoder, som for øvrig også delvis har vært prøvd mange steder i landet.

En metode som har mye for seg er den såkalte tip-up metoden. Den består i at ytterveggenes bindingsverk, gjerne medtatt innsetting av vinduer og påsetting av ytterkledning gjøres ferdig i liggende stilling på bunnbjelkelaget og derefter tip-tes opp. Dette passer selvsagt best for lave hus, men jeg har også sett det gjort for toetasjes hus med godt resultat. I USA og Canada er denne metoden svært mye brukt. Der ligger også forholdene særlig godt til rette, fordi det alltid brukes et undergolv som spikres ovenpå bjelkene med en gang de er lagt, slik at en får en bra arbeidsplattform. Dessuten brukes det jo nesten bare enetasjes hus, som jo selvsagt egner seg aller best for denne arbeidsmetoden.

En videreføring — kan vi si — av denne metoden er å lage store deler av veggen på et sentralt sted på eller nær byggeplassen, og så kjøre delene ut med lastebil til vedkommende bygg hvor de reises. Dette egner seg selvsagt best for enetasjes hus, og er brukt med stort hell mange steder i Amerika. Det som gjøres ferdig av vegger før de kjøres bort, tilsvarer det jeg nevnte ovenfor om tip-up metoden i sin opprinnelige form. Det er jo dessverre ikke så mange steder at terrengforhold og størrelse av byggeprosjektet eg-

ner seg så godt for denne metoden, men noen steder kan den kanskje ha muligheter.

En ytterligere videreføring er det de har gjort ved Small Homes Council i USA i sitt såkalte Lu-Re-Co system. Dette er enda et skritt videre i retning av prefabrikerte bygningsdeler. Metoden er særlig beregnet på at lokale trelasthandlere med enkle hjelpemidler skal kunne levere materialene i delvis prefabrikert form. Det brukes en enkel mal i form av en stålramme, og hele systemet bygges på et nokså strengt modulsystem på 4' eventuelt 2' modul, slik at det blir meget få varianter av veggelementer. Fig. 18 viser byggesystemet. Det er nedlagt et stort arbeid på å tegne en serie hustyper spesielt avpasset etter byggemåten. Detaljtegningene til disse typehusene selges for 75 dollars pr.

sett. Vi er, som en skjønner, her på grensen til det monteringsferdige huset, og for meg synes det sannsynlig at utviklingen med tiden kommer til å gå i den retningen, selv om de former for monteringsferdige hus vi kjenner nå, neppe gir noen særlige fordeler. Samtidig med at veggene kan framstilles etter andre metoder enn de som i dag er alminnelige, er det selvsagt i like høy grad mulig å gjøre tilsvarende med bjelkelag og takkonstruksjoner. Dette interessante spørsmål om muligheten for utvikling av byggemåtene i denne retning, skal jeg komme litt tilbake til i et senere foredrag.

Fig. 19 viser en konstruksjon som er egnet for en litt annen metode. Denne metoden er satt vel i scene av Kungliga Bostadsstyrelsen i Stockholm. Ideen er at bindingsverket for huset

skal kunne masseproduseres i en mal liggende på første etasjes bjelkelag, og de ferdige delene skal deretter reises som et annet korthus. Kungliga Bostadsstyrelsen har gjort atskillig propaganda for denne metoden, bl. a. ved filmen «Tre mann — tre dagar» og gjennom tidsstudier er det påvist at den er meget fordelaktig. Likevel har den — så vidt jeg vet — hittil ikke slått så godt an som de håpet på. Kanskje er en av knutene med alle slike metoder at det krever en mer gjennomført planlegging av husene enn hittil vanlig. Kunne de bidra til bedre planlegging, ville det alene forsvare deres plass, ettersom bedre planlegging er en av de mest avgjørende forutsetninger for framskritt i byggevirksomheten.

VINDTETHET I VEGGER OG VINDUER

Fra NBI's vinterkurs 1955

For «Byggmesteren» av arkitekt Robert Wigen

Det er alminnelig erfaring at det kreves langt sterkere fyring for å holde oppå romtemperaturen i et trehus under sterk vind og moderat kulde enn i vindstille og sterk kulde. Videre er det en kjensgjerning at det på mange bebodde steder i vårt land blåser meget, særlig om vinteren, og på bakgrunn av disse fakta falt det naturlig for NBI å ta opp spørsmålet om vindens betydning for varmetapet i et hus på sitt forsøksprogram. Vinden bidrar på flere måter til å øke varmetapet fra et hus, men den langt viktigste årsak er opplagt lekkasjene enten tvers gjennom vegger og vindusspalter eller inn i veggens isolasjonsmaterialer. For å kunne danne et mer korrekt bilde av varmetapets størrelse er det en forutsetning at man vet hvilken størrelsesorden lekkasjene ligger i. Forsøkene ble derfor utført som målinger av luftgjennomgang gjennom materialer og konstruksjoner med sikte på å finne de momenter som spiller noen rolle for tettheten. Undersøkelsene ble lagt opp i 2 større serier: Vegger uten åpninger, som er foreløpig avsluttet, og vinduer, som for tiden pågår.

Grunnlag. På grunn av de ustabile forhold i naturen var det nødvendig å utføre det meste av målingene i laboratoriet. Det eneste gjennomførlige prinsipp var da å utsette prøveelementene for et overtrykk mest mulig tilsvarende vindens påvirkning, og det

var derfor først nødvendig å bringe på det rene størrelsen av disse påvirkninger. Det skal ikke gjøres nærmere rede for disse her, men bare kort referere hvilket grunnlag man kom fram til. Ut fra meteorologiske observasjoner og data måtte man regne vindstyrker opp til full storm som temmelig alminnelig på mange steder og omregnet etter formelen $p = V^2/10$ hvor V er vindens hastighet i sekundmeter, fikk man det tilsvarende demmingsstrykket p på en vegg loddrett vindretningen. De opp-tredende vindhastigheter måles over en 10 min. periode, men momentanverdiene kan avvike inntil 50 %. Det totale trykkfall som oppstår over en vegg loddrett på vinden ble antatt å utgjøre ca. 80 % av demmingsstrykket, og ut fra dette fant man det nødvendig å utsette prøvestykkene for et overtrykk på opptil 70 mmVS.

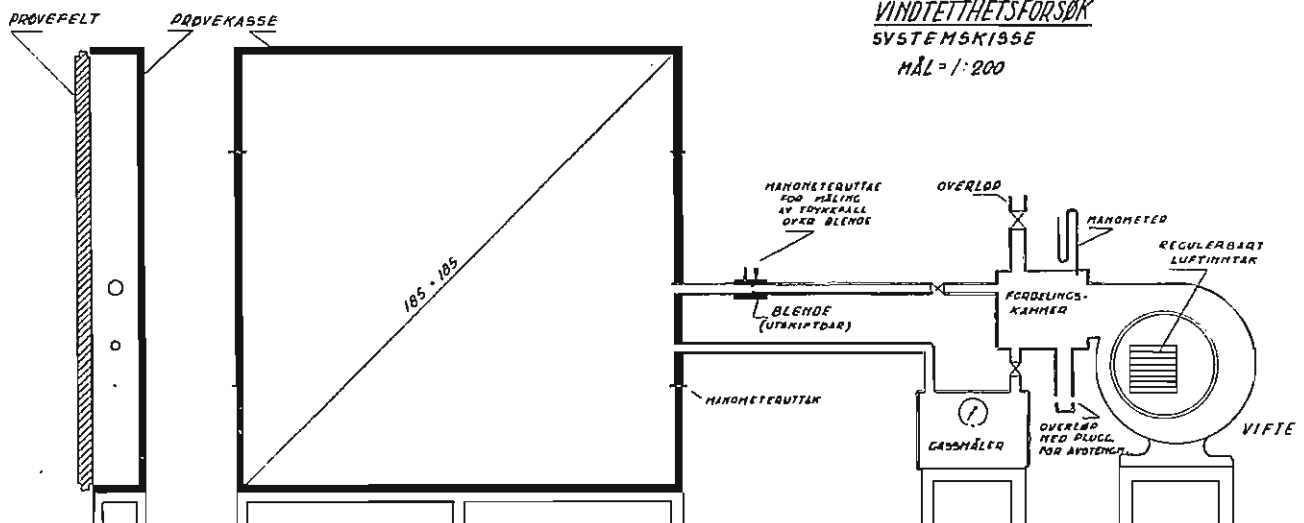
For å belyse disse spørsmål ytterligere, ble det bygget inn manometerfølere inne i og i overflaten på veggene ved et forsøkshus på N.T.H. og ved et bebodd tomannshus i Trondheim. Målingene pågår fremdeles, men et av resultatene hittil er at vindbyger og hurtige variasjoner i vindhastigheten forplanter seg momentant gjennom veggene. Selv om enkelte sjikt er relativt tette og bremser på luftmengdene, så sinker de altså ikke trykkvariasjonene i tid.

Vindtetthet i vegger uten vinduer.

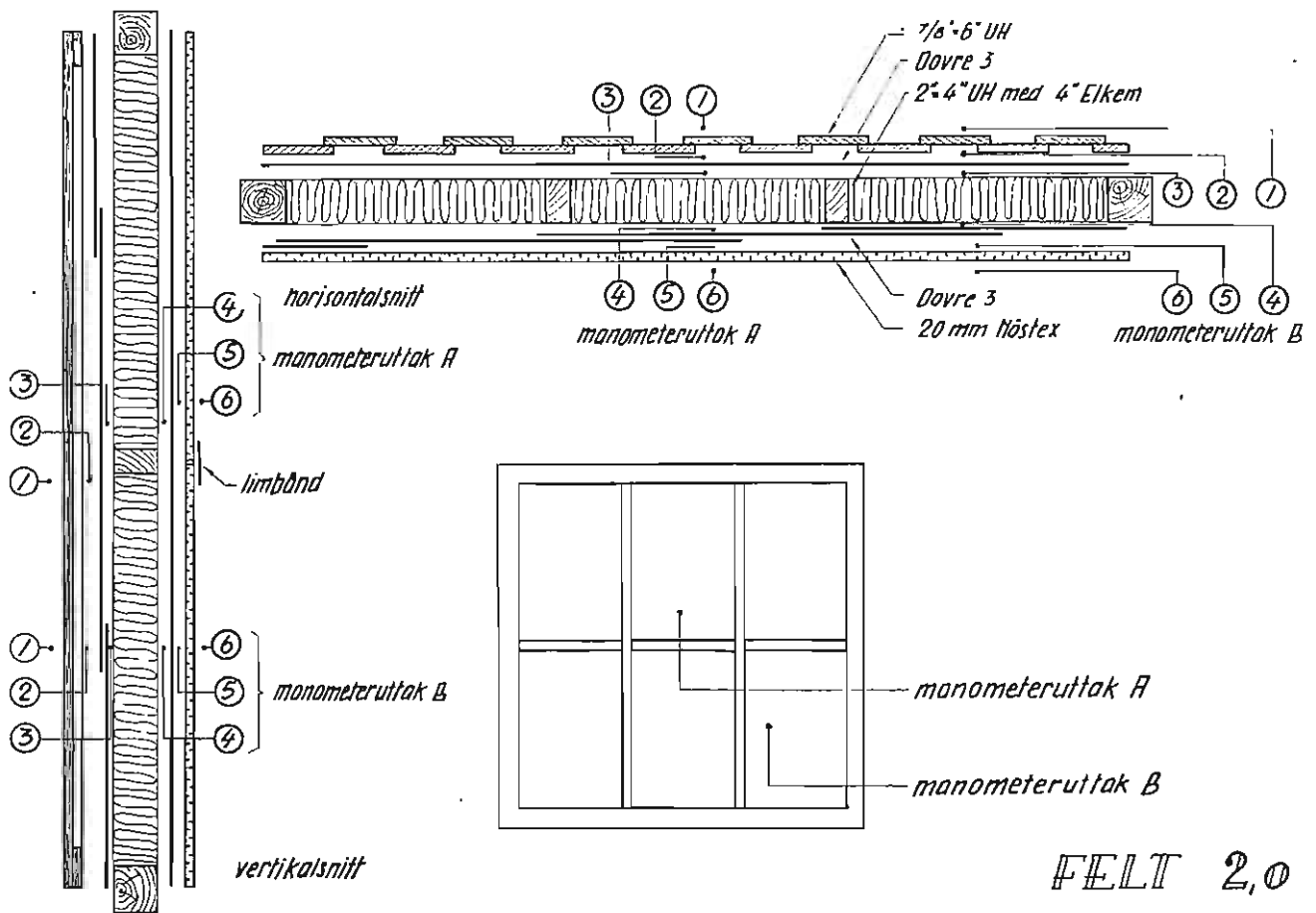
De laboratoriemessige undersøkel-sene falt i 2 avdelinger, en for måling av luftgjennomgang i materialer uten skjøter, rifter etc. og en for prøving av hele konstruksjoner utført mest mulig likt vanlige yttervegger.

Materialforsøkene ble utført med prøvestykker i format 25 × 25 cm og måleflate 20 × 20 cm. Til målingene ble brukt et spesialbygget apparat. Dette er i prinsippet en lufttett kasse hvor prøvestykket danner lokk. Luft blir presset inn i kassen under konstant trykk, og den luftmengde som pr. tidsenhet unnviker gjennom prøvestykket, blir målt. Overtrykket i kassen måles med et spritmanometer med målenøyaktighet 0,1 mmVS. Prøvene ble kjørt med overtrykk fra 10—70 mmVS, og det viste seg å være direkte proporsjonalitet mellom overtrykk og luftgjennomgang for alle de materialer som ble prøvet. Det var derfor mulig å beregne et luftgjennomgangstall i $m^3/m^2 h mmVS$ for disse. Paneler av tre var det ingen hensikt å prøve i så små formater da skjøtene spiller en dominerende rolle. Resultatene viser at det går forholdsvis store luftmengder gjennom porøse plater og at forskjellen mellom de ulike fabrikata er uten betydning.

En asfaltimpregnering på 15—50% er uten tettende virkning og tapetsering bidrar også bare i liten grad



APPARAT FOR
VINDTETHETSFORSØK
SYSTEMSKISSE
MÅL = 1:200



FELT 2,0

til å øke tettheten. Full behandling med oljemaling derimot er ganske effektivt i hvert fall så lenge malingen er ny. På papp har oljemaling samme virkning som ved porøse plater, og ellers viser resultatene en markert forskjell mellom uimpregnerert papp og impregnerert eller foliebelagt papp.

Feltforsøkene. Undersøkelsen av luftgjennomgang gjennom hele veggfelter ble utført med elementer i format 185x185 cm, dvs. tilsvarende 3 bindingsverksfelter med senteravstand 60 cm mellom stenderne og 90 cm mellom losholtene. Feltene ble prøvet i et spesialbygget apparat som vist på fig. 1, hvor de dannet den ene veggen i et ellers lufttett skap. Ved hjelp av en vifte ble det blåst luft inn i skapet og den mengde som unnvek ble målt med en gassmåler ved mindre mengder og med utskiftbare blender ved større luftmengder. Disse måleinstrumenter var tilknyttet tilloppsledningene fra viften til skapet. Overtrykket i skapet, trykkfallet over blenden og trykkfordelingen i prøvefeltene ble målt med skråttliggende spritmanometre med avlesningsnøyaktighet 0,1 mmVS.

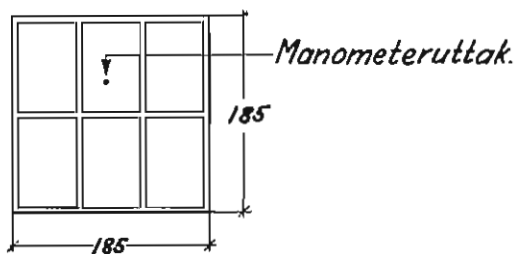
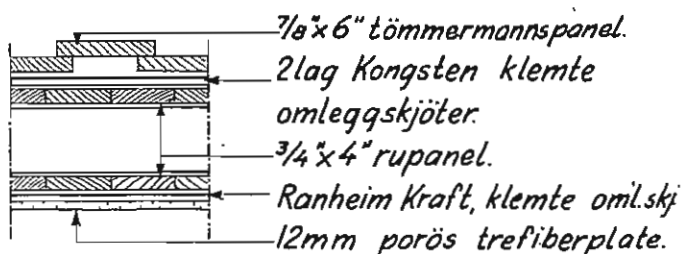
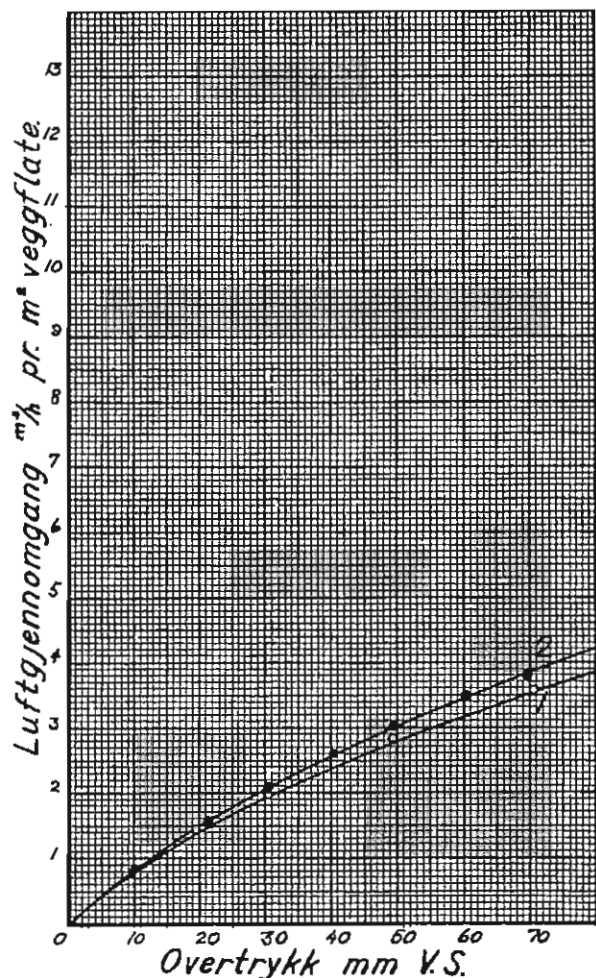
Prøvefeltene var som tidligere nevnt bygget opp av bindingsverk

med vanlig modul for stender- og spikerslagavstander. Materialene innenfor måleflaten var 2" x 4" og konstruksjonen framgår ellers av illustrasjonen fig. 2. Bindingsverket ble så utfyllt eller beledet på ulike måter i så nøye samsvar med praksis som mulig. Særlig ble det lagt vekt på å få alle skjøter inn i riktig forhold. For de enkelte papp- eller platebredder ble utregnet hvor mange løpende meter skjøt som fremkom pr. m² flate ettersom pappen eller platen var lagt horisontalt eller vertikalt og skjøtene utført etter dette. All spikring ble utført forskriftsmessig eller i overensstemmelse med vanlig praksis, og arbeidet ble alt overveiende utført av erfarne bygningsnekttere. I det hele tatt ble arbeidet utført etter det prinsipp at feltene hverken skulle bli bedre eller dårligere utført enn i praksis. Figur 2 viser ellers detaljert oppbyggingen av et felt. For å lette oversikten er de ulike lagene trukket fra hverandre på tegningene. For måling av trykket mellom de forskjellige sjikt ble det bygget inn ett eller to sett manometeruttak av 7 mm glødet kobberør. Disse ble under prøvingen forbundet med spritmanometrene ved gummi-slanger. Plaseringen av manometer-

felterne fremgår også av illustrasjonen. I alt ble bygget 12 felter, og de fleste av disse fikk i løpet av forsøkene endret eller skiftet ut papp- og kledningsmaterialer flere ganger. Før hovedforsøkene ble satt i gang ble det gjort noen orienterende forsøk for å kontrollere påliteligheten av observasjonene slik at ikke undersøkelsene skulle få for stort omfang. Jeg skal bare raskt nevne hovedresultatene av disse. Gjentatte forsøk med samme felt ble utført i stort antall og her viste resultatene god innbyrdes overensstemmelse. Det maksimale utslag ligger mellom ± 10 %. Det samme gjelder innflytelsen av feltenes alder, kontrollforsøk ble utført over et tidsrom av 2—3 måneder. Variasjonen i luftgjennomgang ved overtrykk på inn- og utsiden av feltet var også uten betydning. Dette ble imidlertid undersøkt ut fra det faktum at det kan danne seg såvel overtrykk som sug over en yttervegg. Et interessant resultat av disse forsøk var imidlertid at de enkelte papp-lags tetthet varierte ettersom skjøtene ble presset mot et jevnt eller ujevnt materiale som følge av overtrykket. Jo glattere og stivere underlag desto bedre tetthet. Kontroll med flere sett manometeruttak viste også

Luftgjennomgang i veggfelt

Veggfelt 1.0



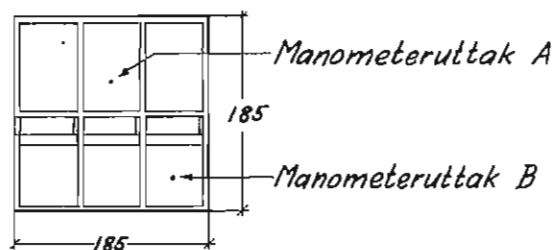
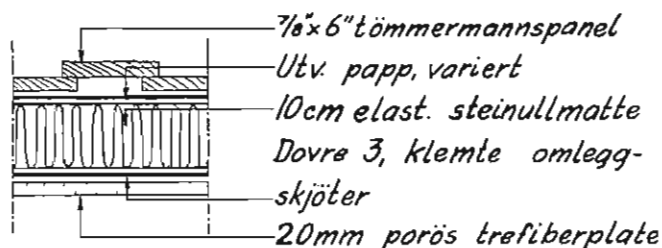
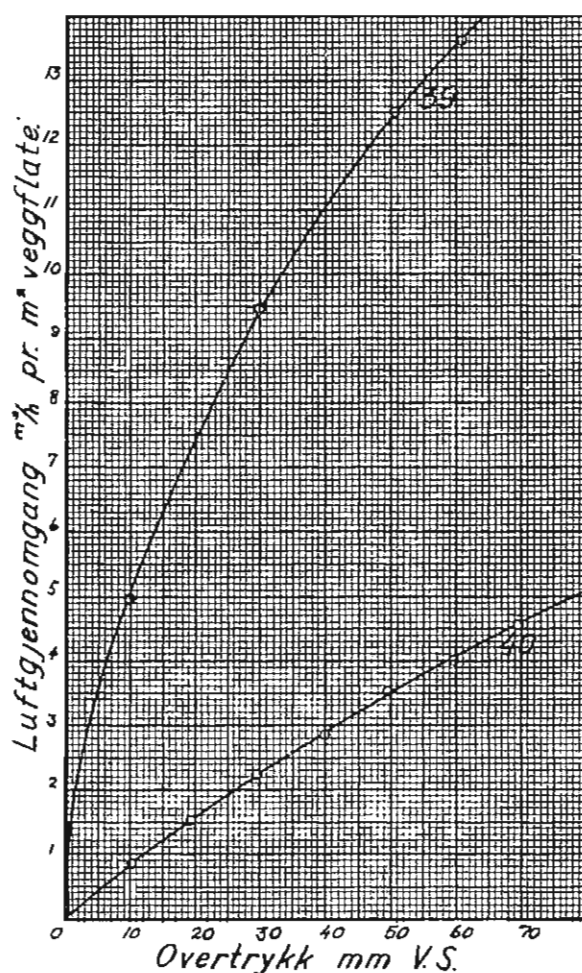
Merknad:
 Forsök 1: Feltet tettet på alle sider.
 Overtrykk på utsiden av feltet.
 Forsök 2: Samme felt med overtrykk på innsiden av feltet.

Trykkfallets fordeling over de forskjellige veggsjikt

Forsök nr.		1				2							
Samlet trykkfall mm V.S.		10	30	50	70	10	30	50	70	10	30	50	70
Sjikt		Prosentvis fordeling av trykkfallet.											
①-②	Utv. panel	0.5	0.0	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0				
②-③	Utv. papp	67.6	70.3	71.6	73.8	54.0	64.5	67.4	70.5				
③-④	1. lag rupanell	0.0	0.7	0.8	0.9	0.0	-1.3	0.0	0.0				
④-⑤	2. lag rupanell	0.0	1.3	1.2	1.4	2.0	2.6	2.4	3.2				
⑤-⑥	Innv. papp	8.0	8.5	8.0	7.2	16.0	10.5	9.7	8.3				
⑥-⑦	Innv. plate	23.9	19.2	17.6	16.3	28.0	23.7	20.5	18.0				

Luftgjennomgang i veggfelt

Veggfelt 2.1



Merknad:
 Forsøk 39: Utv. papp Dovre 3 med åpne omleggskjøter.
 Forsøk 40: Utv. papp 2 lag Isbjörn med klemte omleggskjøter

at det spilte liten rolle hvor i feltet trykkene ble målt når unntas felter med sterkt konsentrerte lekkasjer f. eks. ved bjelkelagsuttak. Forsøk med flere felter av samme konstruksjon ga som man kunne vente en god del spredning i resultatene. Det ble derfor vist varsomhet ved sammenlikning av detaljforsøk på flere felter og forsiktighet med å trekke slutninger der feltene var mer radikalt forandret. Det ville føre for langt å gå igjennom alle de over 60 enkeltforsøk som ble kjørt, og jeg skal her bare vise noen karakteristiske eksempler og deretter gi et sammendrag av de hovedresultatene som har størst praktisk verdi. For dem som ønsker å studere materialet nærmere kan jeg vise til NBI's rapport nr. 7.

Figur 3 viser resultatet for en tradisjonelt oppbygget bindingsverksvegg med 3 lag panel, 3 lag papp og 1/2" porøs plate. Tallene for trykkfallet viser tydelig pappens betydning. Videre ses at tettheten for inn-

vendig papp øker og utvendig papp minker når overtrykket oppstår på innsiden. Tilsvarende forsøk med en vegg med 10 cm elast. matter, utv. papp lagt med åpne skjøter og innvendig papp med klemte, ga som resultat at den utvendige pappen tok under 1 % av trykkfallet på tross av at den anvendte pappen var meget tett i seg selv. Forsøket viste dessuten klart hvordan tettheten i den porøse platen øker vesentlig når den oljemaales. Tapetsering derimot gir ingen nevneverdig økning i tettheten. Av fig. 4 ses tydelig forskjellen i luftgjennomgangen når utvendig papp varieres fra en kraftig asfalt-papp med åpne skjøter til en middels tett forhudningspapp i 2 lag med klemte skjøter. Et forsøk viste at en bjelkelagsåpning ikke betyr vesentlig øket lekkasje når bare den utvendige pappen er lagt med klemte skjøter, mens fig. 5 derimot gir et klart bilde av de svære lekkasjer som oppstår ved bjelkelaget i vegger med utven-

dig papp lagt med åpne skjøter. Ved videre forsøk med dette felt viste det seg meget vanskelig å skaffe en god tetning rundt bjelkehodene.

Forsøkene viser at det kan gå store luftmengder gjennom vanlige yttervegger når det blåser. Dels går luften gjennom veggflaten, men de svakeste punktene er bjelkeoppleggene og som vi senere skal se, dyttefuger. De vanlige porøse isolasjonsmaterialene og trepanelene gir ikke noen større tetning mot luftgjennomgang, selv høvlet og pløyd panel slipper luften forholdsvis lett igjennom. De anvendte ytterpaneltyper tar f. eks. opp fra 0 til 6—7 % av det totale overtrykket. Når det gjelder spørsmålet om vindtetthet av utvendig panel kommer imidlertid andre viktige momenter inn i bildet, og det kan kanskje ofte være ønskelig at panelet ikke kan ta opp noe overtrykk av hensyn til faren for inndrev av regn og fokksnø. Dette er et annet problem som en ikke skal komme nærmere inn på

her. Det er praktisk talt bare papp- lagene som er i stand til å yte noen virkelig effektiv tetning mot vind og da bare når de er lagt med klemte skjøter. Ligger de tette sjikt på innvendig side av vegg, er det praktisk talt umulig å få tett effektivt omkring bjelkehoder, og dessuten vil lufttransporten inn og ut av veggens hulrom eller isolasjonslag nedsette veggens isolasjonsevne meget sterkt. En har eksempel på rimdannelse på innvendig side av en vegg med teoretisk k-verdi 0,3 og utvendig papp lagt med åpne skjøter. Dette skjedde under stiv kulig. I strøk hvor det blåser forholdsvis lite kan antakelig den utvendige pappen legges med åpne skjøter, men i værharde strøk bør det legges stor vekt på å få skjotene tette. Jeg skal ikke her komme inn på de problemer som dette medfører med hensyn til kondensfare da dette blir behandlet i et annet foredrag, men bare nevne at papp-

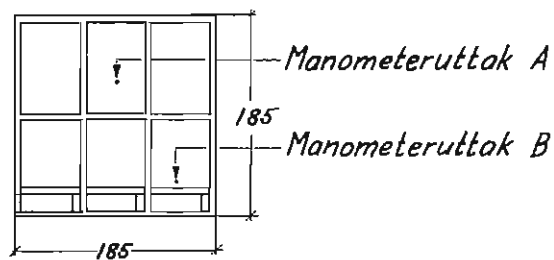
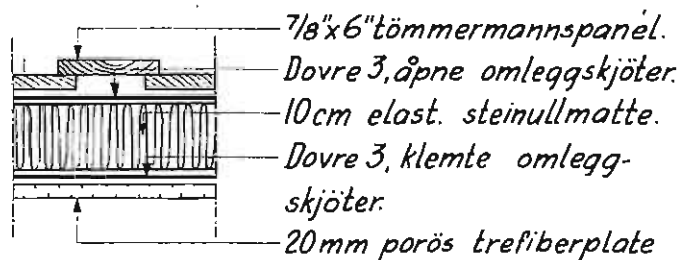
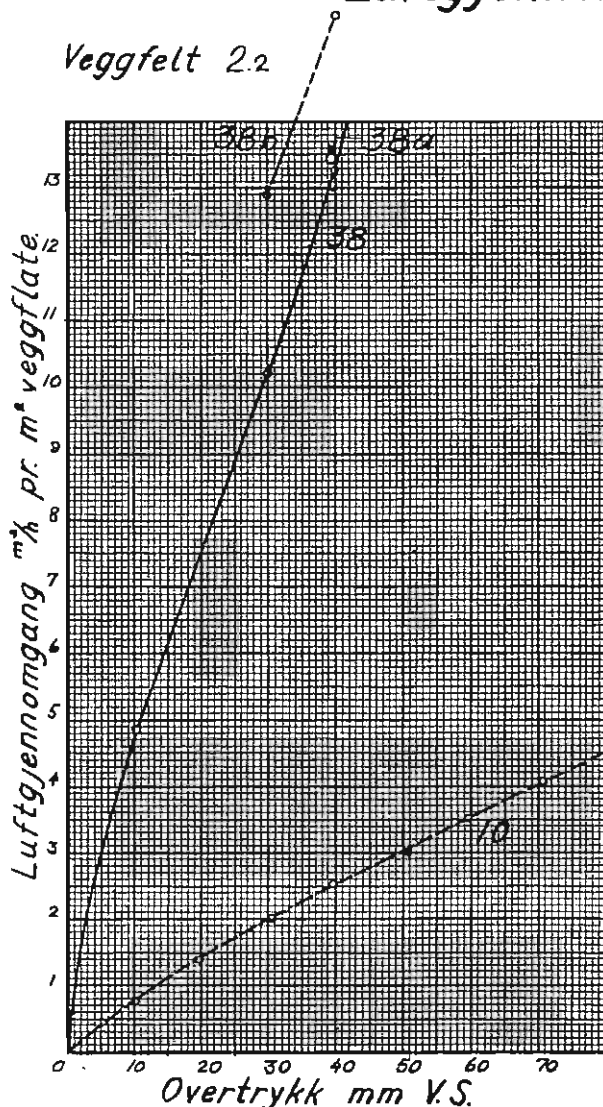
kvaliteter med liten diffusjonsmotstand og god vindtetthet ville være den beste løsningen.

Det ble undersøkt om omleggenes størrelse spilte noen rolle for tettheten i skjotene, men innenfor de aktuelle bredder på overlappsskjøter ser det ikke ut til å ha noen betydning. Buttskjøter derimot ga betydelig dårligere resultat. Det ble også undersøkt i hvilken grad klemvirkningen spilte inn, og det viste seg at effektiviteten av klemmingen spilte en stor rolle. Ved forsøk med papp mellom bindingsverk og en løst stiftet porøs plate f. eks. fikk man meget store reduksjoner i luftgjennomgangen når platen ble spikret tett, (ned til 10 cm avstand mellom spikrene), og stiftene slått godt inn. De materialer som pappen klemmes mellom har også ganske stor innflytelse på skjotenes tetthet. Således gir en tykk, porøs plate bedre klemvirkning enn en stivere og mer ujevn plate, og

skjøter over stendere og losholter gir bedre tetning enn en skjot vilkårlig på et underlag av rupanel. Høvlet bindingsverk gir bedre tetting enn uhøvlet og en myk papp med fin-kornet overflatebelegg gir tettere skjøter enn en stiv papp med grovere overflate. Skjøter under tommermannspanel blir utette dersom ikke pappen legges vertikalt og det kommer en underligger over skjøten. I motsatt fall må det slås en lekt over eller det må «luses» imellom hvis pappen ligger horisontalt. Mindre rifter i pappen (i forsøkene opptil 2 stk. 10 cm lange rifter ved ett prøvefelt) øker ikke gjennomgangen noe vesentlig, men nedsetter trykkfallet over papplaget betraktelig. Det samme gjelder åpne spikerhull (i forsøkene 6 huller etter 3" spiker ved ett felt) som heller ikke reduserer trykkfallet merkbart.

En nøyere oversikt over betydningen av skjotene får man ved å sam-

Luftgjennomgang i veggfelt

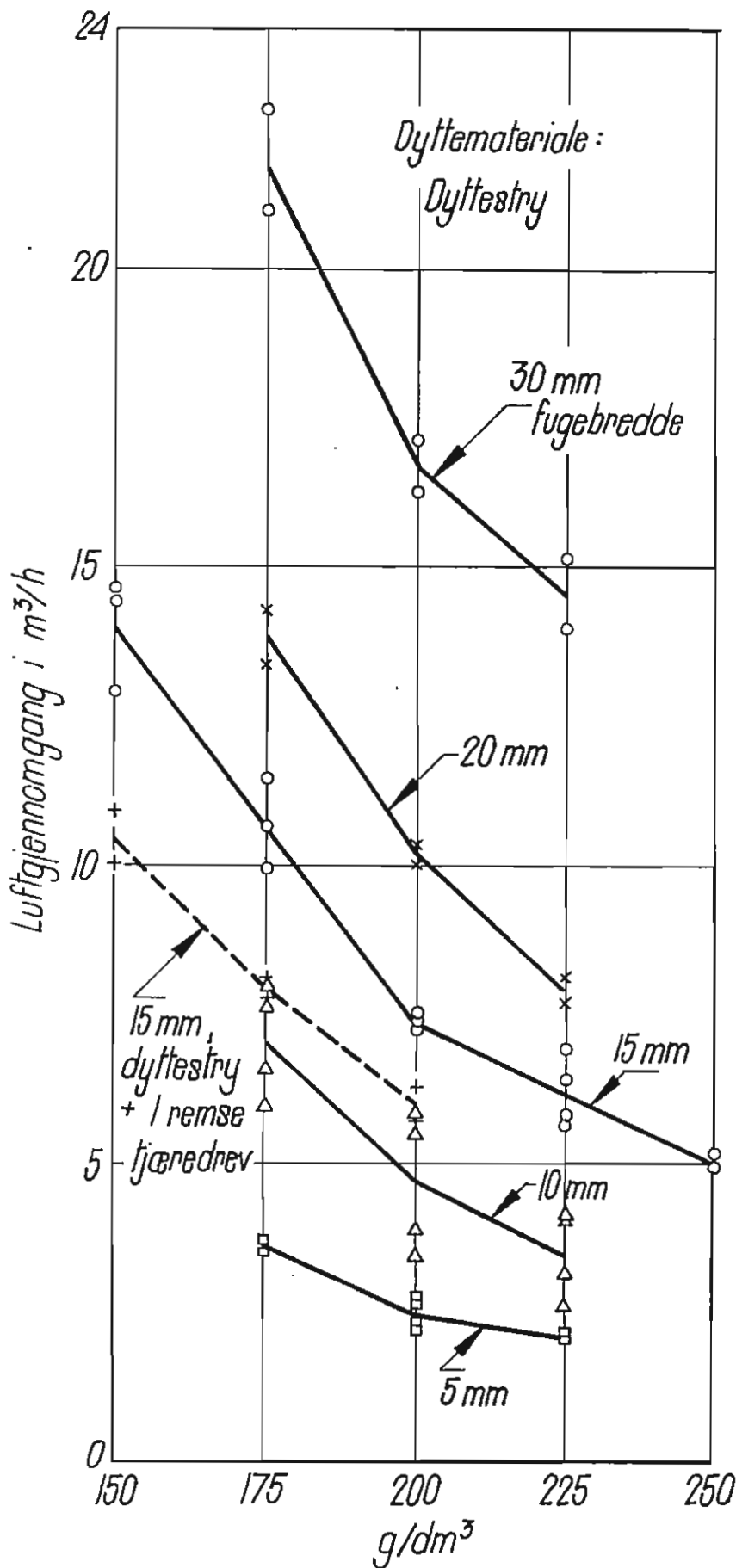


Merknad:

Forsøk 10: Felt 2.0 uten bjelkelagsåpning.

Forsøk 38: Felt 2.2 med bjelkelagsåpning, se fig. 17.

Forsøk 38a: Som forsøk 38 etter at trykket kort tid i forvegen har vært oppe i 87 mm. (39.8 mm V.S. overtrykk gir en luftgjennomgang på 15.65 m³/m²h.)



menlikne resultatene fra feltforsøkene med materialforsøkene. Ved hjelp av tallene for den totale luftgjennom-

gangen og trykkfallet over hvert enkelt sjikt er det mulig å beregne «luftgjennomgangstallet» for f. eks.

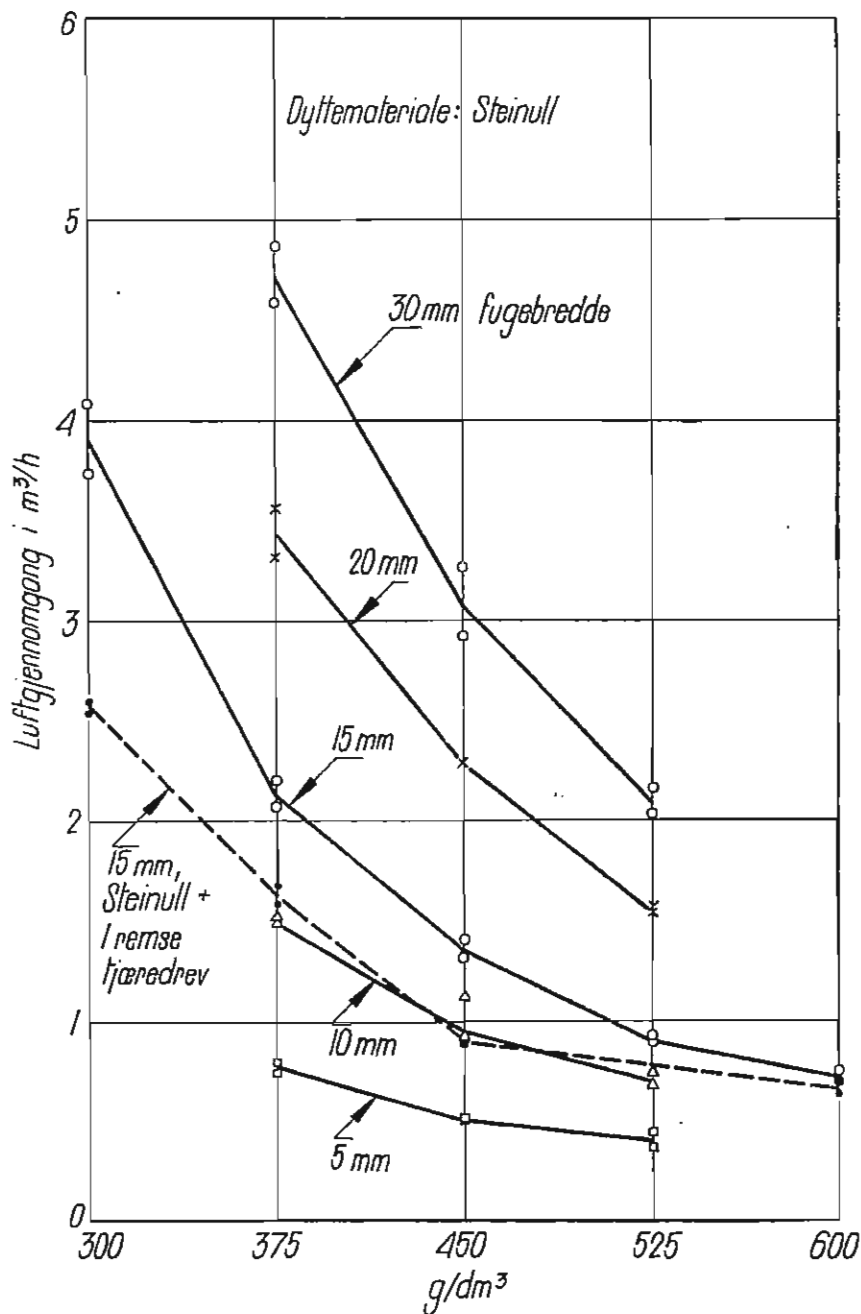
papplagene. Tallet kan uttrykkes i m³/m² h mmVS på samme måte som ved materialforsøkene. Et eksempel for en i seg selv lufttett asfaltapp viser at luftgjennomgangen gjennom pappen lagt med klemte skjoter er ca. 40 ganger så stor som for pappen uten skjoter. For samme papp med åpne omleggsskjoter er gjennomgangen over tusen ganger så høy. På grunn av den store innvirkning av skjotene har det selvsagt liten hensikt å øke selve pappens tetthet utover en bestemt grense. Denne grense tilsvarende omtrent et luftgjennomgangstall av størrelsesorden k₁ = 0,01 m³/m² h mmVS, men avhenger selvsagt av pappens art og klemvirkningen. På den annen side nytter det lite å legge vekt på tette skjoter dersom ikke pappen i seg selv er tett nok. Denne nedre grense for luftgjennomgangstallet har man kommet til ligger i størrelsesorden k₁ = 0,1 m³/m² h mmVS. For papp med åpne skjoter spiller pappens materialtetthet selvsagt ingen rolle.

Den viktigste konklusjon på de forsøkene som er beskrevet her er etter dette at papplagene må utføres riktig. Dette vil si at det brukes egnede pappkvaliteter og at særlig de ytre lagene er lagt med godt klemte overlappskjoter. Det understrekes også i denne forbindelse betydningen av omhyggelig arbeidsutførelse. Riktig utførte papplag vil beskytte de høyt isolerende materialer mot gjennomblåsing og bevirke at de moderne, lette konstruksjoner bevarer sin store isolasjonsevne også under sterk vind.

Vindtetthet i vinduer.

Som en naturlig følge av veggundersøkelsene fulgte forsøk med luftgjennomgang gjennom vinduer og omramninger. Man valgte å behandle problemene med lekkasje gjennom dyttefugen og gjennom selve vindusfalsen hver for seg, og i dag er forsøkene med dyttefuger i trehus foreløpig avsluttet mens falsundersøkelsene for tiden pågår. Forsøk med dyttefuger i hus av steinmaterialer vil bli foretatt senere.

Dyttefugeforsøkene falt i to hovedavdelinger, de første omfattet detaljerte undersøkelser av en selvstendig rett dyttefuge uten innflytelse av hjørner og tilgrensende veggflater, og den andre, kalt feltforsøkene, behandlet hele omramningen rundt et vindu montert i et veggelement. Den første avdelingen ble igjen delt i to, fuger uten belasting og fuger med belasting.



De to sistnevnte serier ble kjørt først og til forsøkene ble brukt et spesialbygget apparat. Prinsippet er det samme som beskrevet tidligere, en lufttett kasse hvor prøvestykket danner lokk. Prøvestykket var i dette tilfelle en plate bestående av 2 halvdelar med en regulerbar fuge (dyttefugen) imellom. Apparat, instrumenter og måleteknikk var ellers den samme som anvendt ved veggforsøkene. Fugens lengde var 117 cm, og den var regulerbar både i dybden (loddrett veggens plan) og i bredden (i veggens plan).

Forsøk med fuger uten belastning tok sikte på å studere innflytelsen av forskjellige utførelser av dyttingen hvor dytemateriale, fugens bredde og dybde, og pakningsgraden ble

variert. Det er to forskjellige dyttematerialer som er brukt, dyttestry og steinull dytteremser, og dessuten ble det kjørt noen forsøk med disse materialer kombinert med en remse ljøreredrev ytterst i fugen. Fugens bredde ble variert fra 5 til 30 mm og dybden fra 50 til 100 mm. Pakningsgraden ble definert som vektandel dytemateriale pr. volumenhet, og det ble gjort omfattende forundersøkelser for å bestemme de 5 gradene som ble undersøkt. Disse gikk ut på at flere personer dyttet en rekke vinduer flere ganger hver, og etter hver dytting ble medgått materiale velet og fugen målt nøyaktig. Det viste meget små variasjoner i resultatene, og de forskjellige pakningsgrader ble definert slik: Tabellen på neste side

Pakningsgradene «meget løs» og «meget fast» må antas å ligge utenfor det som vil forekomme i praksis ved håndverksmessig utførelse. Alle fuger ble kjørt med 7 forskjellige overtrykk i rekkefølge 10, 30, 50, 70, 60, 40 og 20 mmVS og prøvet minst 2 ganger med dytting utført av 2 forskjellige personer. For å undersøke spredningen i resultatene ble noen forsøk kjørt opptil 9 ganger, men spredningen viste seg å være meget liten. Det er såpass god proporsjonalitet mellom trykkdifferens og gjennomgang at det gir et tilstrekkelig nøyaktig bilde når man sammenlikner gjennomgangen ved en enkelt differens. Ved senere kurver er valgt 50 mmVS og gjennomgangen er gitt for en fuge på 1 meters lengde.

På figur 6 og 7 sees pakningsgradens innflytelse på luftgjennomgangen, og det faller i øynene at det lønner seg med smale fuger. En fuge på 30 mm fast dyttet gir langt større gjennomgang enn en fuge på 5 mm løst dyttet. Det er imidlertid meget vanskelig å dytte en så smal fuge, men resultatet viser uten tvil at det er riktig å holde fugen smalest mulig. Det er tilnærmet proporsjonalitet mellom spaltebredde og luftgjennomgang og omvendt proporsjonalitet mellom spaltedybde og gjennomgang. De to figurene 6 og 7 viser dessuten det interessante resultat at fuger dyttet med steinull dytteremser er omtrent 4 ganger så tette som fuger med dyttestry under ellers like forhold. Til dette kommer at steinullen er langt behageligere å dytte med, idet den pakker seg bedre uten å «fjære».

Et forsøk med fuge uten dytt hvor sidene var lagt helt inntil hverandre, viste omtrent samme luftgjennomgang som ved en 15 mm fuge løst dyttet med steinull, mens en 0,5 mm fuge ga en gjennomgang som tilsvarte en fuge på 15 mm løst dyttet med dyttestry. Videre ble det kjørt noen forsøk med dyttefuger hvor dytten hadde vært gjennomfuktet og deretter tørket ut. Prøvene ga samme resultat som for ikke våtet dytt, men en prøve på gjennomgangen i våt tilstand viste at den våte dytten slipper en del mindre luft igjennom enn den tørre. Disse forsøk gjelder bare dyttestry, idet steinull overhodet ikke lot seg fukte.

Forsøk med fuger med belastning tok sikte på å studere innflytelsen av de forskjellige former for overdekning over fugen. Etter en gjen-

Tabell nr. 1. Oversikt over undersøkte pakningsgrader.

Betegnelse	Dytttemateriale i g/dm ²			
	Dyttetry	Steinull	Dyttetry + tjæredrev	Steinull + tjæredrev
Meget løs	150	300		
Løs	175	375	150 + 1 str. tjæredrev	300 + 1 str. tjæredrev
Middels	200	450	175 + »	375 + »
Fast	225	525	200 + »	450 + »
Meget fast	250	600		

nomgføelse av de mest alminnelige omramninger fikk man gruppert disse i de hovedtyper som er vist på figur 8. Her er variantene listehred- den, listetykkelsen, høvlet list kontra uhøvlet, og pappen innpå karmen eller ikke, alle variasjoner med og uten dytt i fugen. Forsøkene ble kjørt i samme apparat som ved fuger uten belistning og med de samme overtrykk. Hvor det er brukt dytting, er dette middels fast steinull. På figur 9 er satt opp en sammenstilling av noen typiske resultater for variasjonene i innvendig belist-

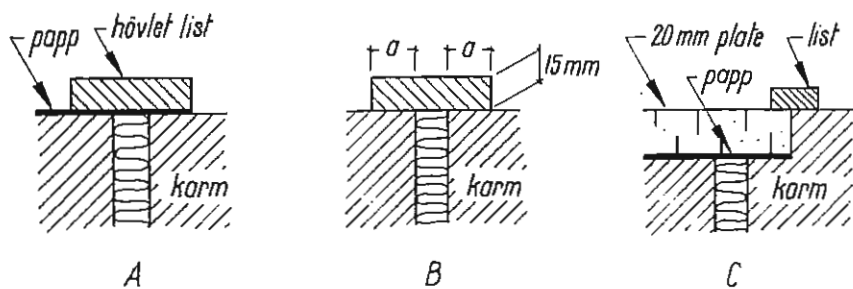
ning, (kfr. fig. 8 A, B, C.). Det er her bare kurven for overdekning med list alene som er svakt krummet, de andre er lineære. Luftgjennomgangen er vist i avhengighet av overtrykket, og det mest typiske trekk er den store forskjell mellom fuger uten papp og fuger med papp når det ikke er dytt i fugen. Med dytting i fugen blir ikke forskjellen så markert, med det sees at fugen med list og papp alene er tettere enn fugen med list og dytt alene. Det samme fremgår av fig. 10 hvor gjen-

overtrykk. Hvis det i tillegg til papp og list også brukes dytting, fås nesten ingen forbedring. Tykkelsen på listen har såvidt det fremgår av forsøkene ingen virkning. Listens bredde (se overlappingen a) har bare betydning når listen virker alene, sammen med papp og/eller dytt er virkningen av bredden liten eller ikke merkbar. Den beste innvendige løsning er type C, her har dyttingen ingen virkning i det hele tatt.

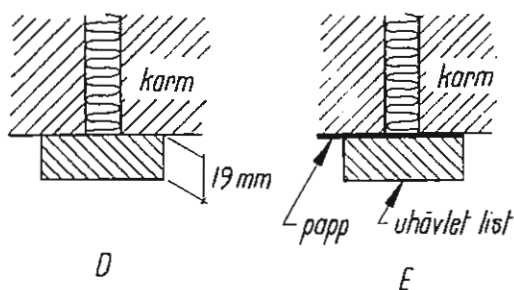
Kombinasjoner av ulike inn- og utvendige løsninger viser at gjennomgangen bare blir litt lavere enn for den tetteste enkeltløsningen. Imidlertid er det viktig å konsentrere tettingen ved den utvendige siden på grunn av alle sidelekkasjene som oppstår fra fugen og inn i veggflaten via spalter mellom losholter og stendere. Hovedresultatet av disse forsøkene er den store virkningen av papp over dyttfugen, helst utvendig. Innflytelsen av alle andre variasjoner er liten i forhold til denne detalj. Videre er det en fordel med så smale fuger som mulig og ved vegger med innvendig kledning med plater er det også en fordel med platen trukket inn på karmen. Når fugene utfores etter disse retningslinjer, kan dyttingen antakelig sloyfes.

Feltforsøkene med omramninger vil bli behandlet i en senere artikkel om vindusomramninger.

Lekkasje i vindusfalsen. Mens luftlekkasjer gjennom dyttfuger ikke har vært undersøkt nærmere av utenlandske forskere, enkelte antar til og med at fugene er tette, har lekkasjer gjennom vindusfalsene vært ofret ganske stor oppmerksomhet. Selv om man på grunnlag av utenlandske forsøk vet ganske meget om disse spørsmål, har NBI funnet det nødvendig med undersøkelser av norske vindustyper under våre klimaforhold. Forsøkene er for tiden i gang, og i skrivende stund foreligger ennå ikke noen bearbejdede resultater, men det kan kanskje være av interesse å skissere programmet for de forsøk som pågår. Spørsmålet om betydningen av strammekraften, dvs. den kraft som vinduslukkerne presser rammen mot karmen med, blir undersøkt i samme apparat som brukt ved forsøk med enkle dyttfuger. Apparatet er ombygget for dette formål. Ved et system av trinser, lodder og vektarmer skaffes de ønskede krefter, og angrepspunktene antall og plassering kan varieres. Vinduene er 1-fagsvinduer med karm-mål ca. 70 x 120 cm. Parallelt med



Innvendig belistning



Utvendig belistning

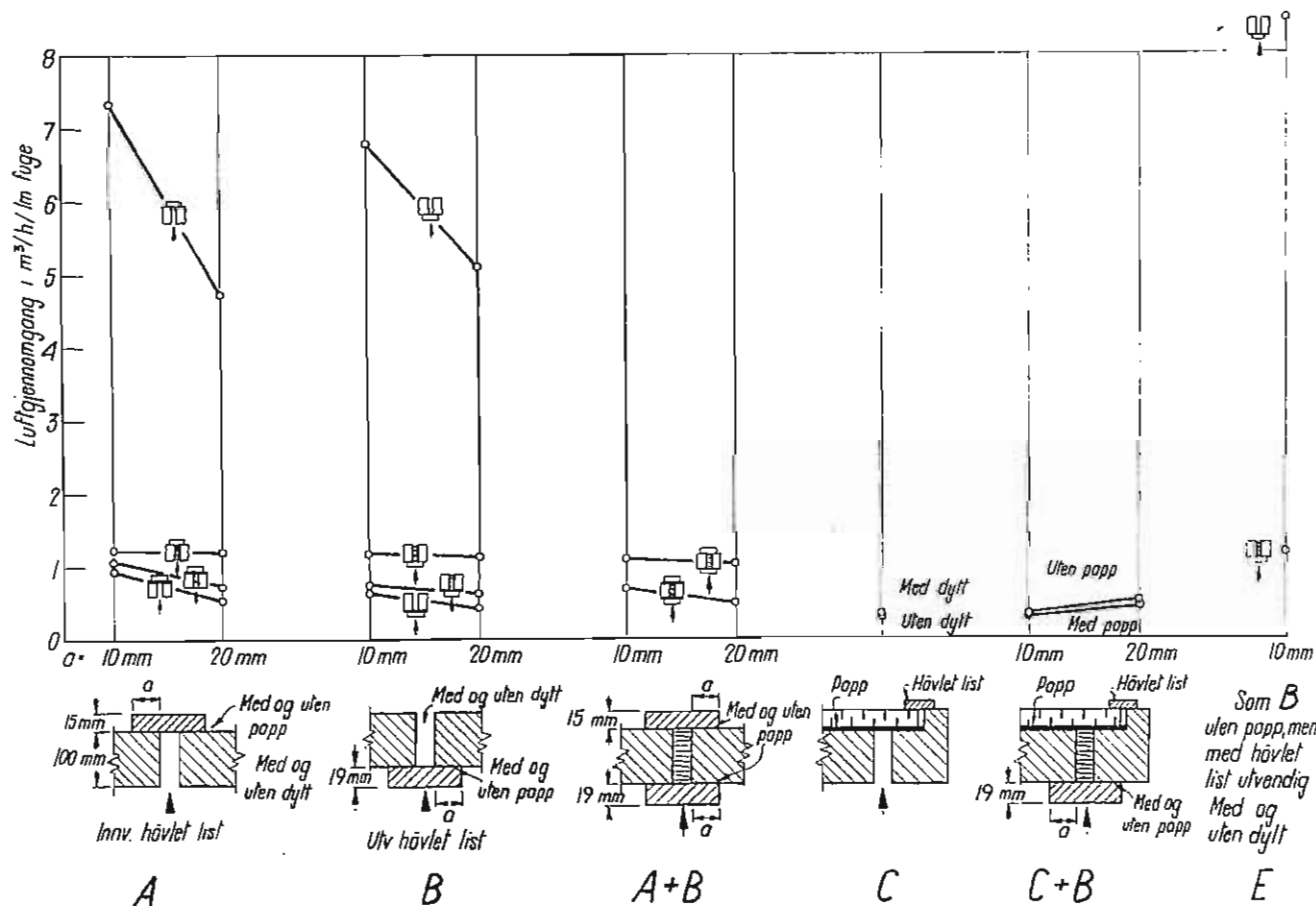
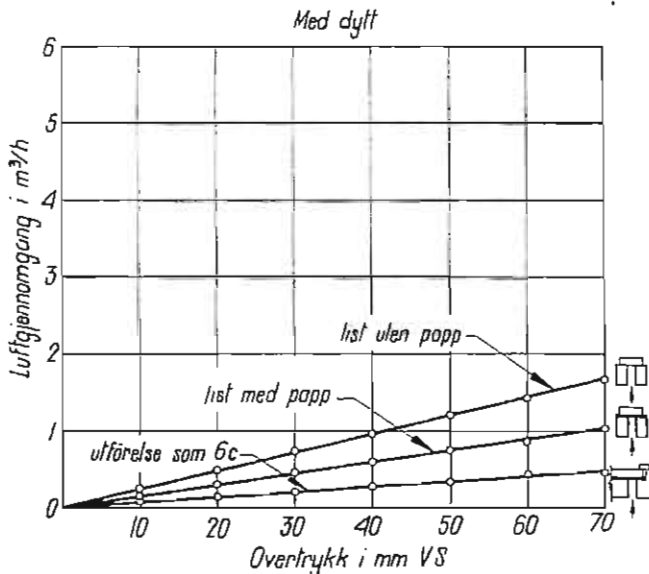
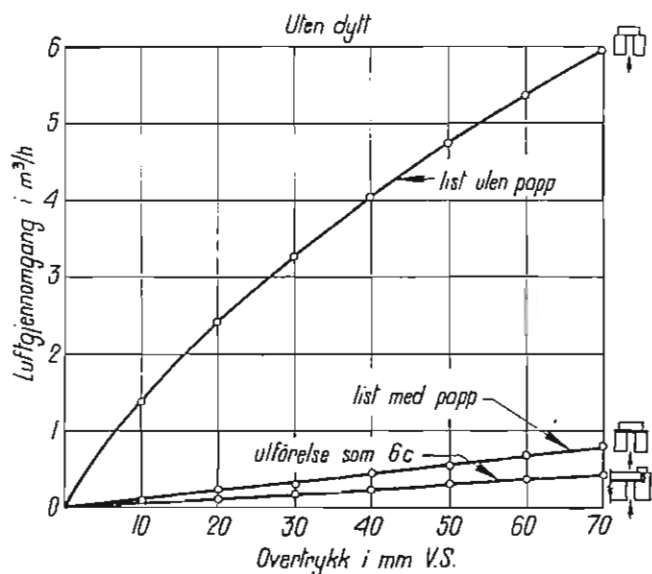
disse forsøk prøves ulike utforminger av anslaget. Det er gjort en forundersøkelse over de vanlige vinduslukkernes strammeevne i form av en teoretisk beregning, og denne viser at den kraft som de ulike typer kan tåle, varierer fra ca. 5 til ca. 30 kg. Det vil bli gjort forsøk med lukkere såvel på lukkesiden som på hengsel-siden av rammene.

2-fagsvinduer med karmål 120 x 120 cm. Disse prøves i det store lufttett-hetskapet hvor vinduene er montert i et lufttett veggfelt og med dyttefugen med kitt. I første omgang prøves de alminnelige typer etter Norsk Standard inkl. forslaget for svingvinduer, men senere er det meningen å kjøre spesialvinduer. Vinduene skal også prøves på tetthet mot slagregn. Etter overenskomst med

de øvrige nordiske land skal NBI også kjøre forsøk med vinduer for disse da vi er de eneste som har spesialapparaturl for dette.

Noe mer langsiktig program for forsøk med tetthet i vinduer er ikke lagt opp, da det alltid viser seg nødvendig å omarbeide eller legge opp nye program etter hvert som de løpende resultater foretigger.

Videre er det i gang prøver med



SUMMARY

In this reprint are collected various lectures presented in a course entitled «Small Framed Houses» held by the Norwegian Building Research Institute, in the winter 1955—56. The lectures appeared as articles in two professional periodicals.

- GRANUM, H. Timber as a Building Material p. 1
A general discussion of timber as a building material, with special consideration of the moisture problems.
- GRANUM, H. Building Paper p. 7
About the function, manufacture and properties of building paper; classification and characteristics of Norwegian building papers.
- JØRGEN, G. Ø. Sound Insulation in Dwellings p. 13
General introduction to the theories of sound insulation, with examples of how noise affects the occupants; information on sound-insulating walls and floors in practice.
- LUNDBY, S. E. Exterior Walls and Floors of Framed Houses p. 21
About the thermal-insulated surfaces of the house; the economic significance of good thermal insulation; Norwegian prices; some practical information on modern constructions.
- THUN, E. Paint for, and Painting of Framed Houses p. 31
General considerations, and information on materials and execution.
- VAARDAL-LUNDE, E. Standardization p. 38
A summary of building standardization hitherto in Norway; future perspectives.
- GRANUM, H. Future Perspectives for the Small Home Builder p. 43
Comments on the development in small home building, and what to expect in the future.
- MELLBYE, P. A. M. Prefabricated Framed Houses p. 49
General comments, with an evaluation of the advantages and drawbacks; some thoughts on the development of this building method.
- GRANUM, H. Condensation Problems p. 53
About condensation problems in general, with information on room temperatures and humidity, and other significant factors.

HANSEN, H. Building Boards	p. 63
Information on the different types of building boards used in Norway, primarily their properties.	
WIGEN, R. Window Casings — Tightness Against Wind and Driving Rain	p. 69
About window casings in framed houses in general; results of some studies made by the Norwegian Building Research Institute.	
HYLLAND, V. Safeguards Against Fire in the Building of Framed Houses	p. 77
On the motivation for our fire safeguard requirements; causes of fires; construction features.	
LUNDBY, S. E. Thermal Insulation	p. 81
General theory of thermal insulation.	
LUNDBY, S. E. Design of Windows	p. 84
A summary of the customary design for windows, and of some preliminary studies made by the Norwegian Building Research Institute.	
HANSEN, H. Insulation Materials	p. 89
About the different types of insulation materials.	
LUNDBY, S. E. Small Houses With and Without Basements . .	p. 94
Should there be a basement or not? A brief summary of the construction methods and various associated problems.	
GRANUM, H. Walls, Floors and Roofs of Framed Houses . .	p. 99
On the various designs of the structural members, especially for framed houses.	
WIGEN, R. Wind-tightness of Walls and Windows	p. 107
A summary of the studies made by the Norwegian Building Research Institute, the most important results being cited.	
