

KLIMAETS INNVIRKNING PÅ VELISOLERTE TEGLSTEINSVEGGER

Erfaringer fra prøvehus og
laboratorieforsøk

Av Mads Gedde Myrre



OSLO 1959

Særtrykk av TEGL, nr. 2, 1959

1.0 Innledning.

Inntil for relativt kort tid siden ble teglstein til en viss grad betraktet som et byggemateriale av nærmest historisk interesse, som absolutt ikke hadde noe å gjøre i dagens byggevirksomhet med dens krav til byggematerialene, ikke minst når det gjelder varmeisolasjon. De høyisolerende materialer som nå er kommet på markedet er imidlertid også tatt i bruk i forskjellige teglsteinskonstruksjoner, og dette har åpnet nye muligheter for anvendelse av teglstein.

En slik konstruksjon er f. eks. engelsk hulmur, hvor hulrommet mellom de to teglsteinsvangene er fylt med mineralull eller et annet høyisolerende materiale. Veggkonstruksjonen engelsk hulmur er ikke ny, den har her i Norge vært kjent og brukt siden 1928, men innføringen av tilleggisolasjonen har endret veggens kvalitet slik at den står på høyde med de beste av de veggtyper som er aktuelle i dag.

Tilleggisolasjonen har imidlertid også ført med seg en fullstendig endring av teglsteinens oppgaver. Den skal i første rekke danne værhud og tildels være bærende ledd i konstruksjonen, mens isolasjonsmaterialet har overtatt oppgaven som varmeisolerende faktor.

Denne endrede oppgaven for teglsteinmurverket gjør at en må stille andre og tildels større krav til stein, mørtel, og kvalitet av arbeid, ikke minst av hensyn til klimapåkjenningene.

Innføring av isolasjon i hulrommet innebærer en fare for fukt og muggdannelse i isolasjonsmaterialet, og vi kan også få fukttransport fra ytre til indre vange gjennom isolasjonen. Med de fleste av de isolasjonsmaterialer som er aktuelle i dag er imidlertid ikke dette noe problem. Farligere er det at isolasjonen medfører en forrykking av temperaturfallet over veggene med mindre varmetransport og dermed lavere temperaturer i de ytre veggskikt. Dette gir mindre mulighet for uttørring innenfra, og større fare for kondens, rimdannelse og frostsprengning.

Problemer med skader på bygningskonstruksjoner på grunn av klimapåkjenninger er ikke spesielle for vårt land og heller ikke for vår tid. På grunnlag av ofte dyrekjøpte erfaringer har en i de fleste land kommet fram til konstruksjoner som til en viss grad passer for klimaet på stedet hvor konstruksjonen skal brukes. I de senere år er det imidlertid kommet så meget nytt på markedet, nyheter som ofte er brukt kritikkfritt på steder hvor de ikke passer, med skader som et kostbart resultat av forsøket. En rekke land har derfor nå i gang et omfattende forskningsarbeid for å forbedre gamle, og prøve nye konstruksjoner.

For å komme nærmere inn på en del av problemene i forbindelse med varmetransport og fuktvandring i velisolerte teglsteinsvegger, ble det i 1955 bygget et prøvehus for slike konstruksjoner ved N. T. H. Prøvehuset ble bygget etter initiativ av de norske teglverkene landssammenslutning og professor Hans Granum ved N. T. H. og ble finansiert av NBI og Teglverkene sammen med A/S Rockwool, Elektrokjemisk A/S, A/S Glassvatt og Paus & Paus A/S. De sistnevnte har her skutt inn et beløp i forhold til antallet av de prøvevegger de er med på i huset. Målingene i huset er drevet av forfatteren som hovedoppgave i et lisensiatstudium i nært samarbeid med NBI, som har

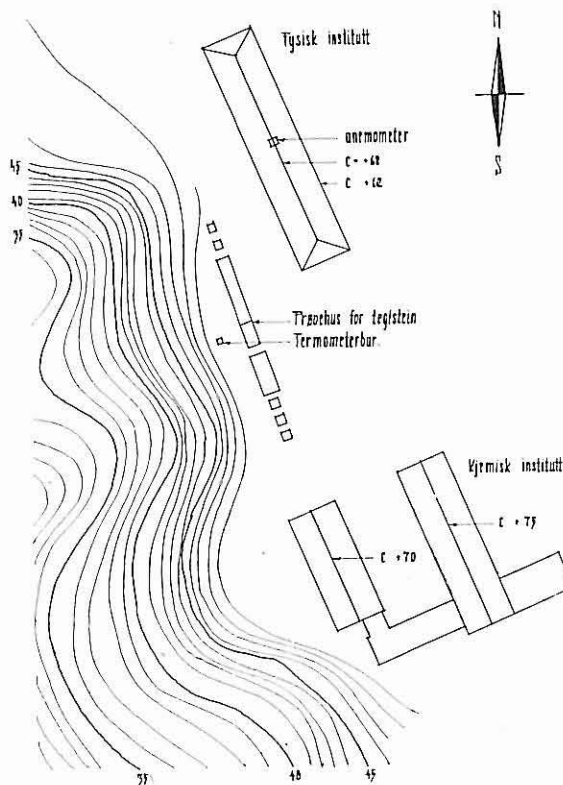


Fig. 1. Situasjonsplan.

hatt administrasjonen av husets bygging og drift og også har stilt den nødvendige laboratoriehjelp og det som trengtes av måleinstrumenter til disposisjon for forsøkene. Dette utstyr er konstruert og utviklet av NBI.

Det er i prøvehuset i første rekke drevet måling av varmetransporten gjennom de ulike veggtypene som prøvehuset består av, men det er også tatt en del prøver av stein og isolasjon for å få et begrep om

fuktighet i disse. For å supplere målingene i prøvehuset, ble det våren 58 satt i gang en serie forsøk med kunstig slagregn på teglsteinsvegger. Disse forsøkene ble utført i NBI's laboratorium i Trondheim.

Konstruksjon av prøvehuset.

Prøvehuset, som er en lang, smal bygning i én etasje, ligger på vestre side av Høgskoleplatået ca. 20 m vest for en 3 etasjer høy bygning. Som det går fram av fig. 1, er det bygget i forlengelsen av et prøvehus for betonghulstein, og orientert i retningen nord-syd. Det er helt flatt rundt prøvehusene, og disse ligger praktisk talt helt uskjermet mot syd, vest og nord som er framherskende vindretninger i samband med regn. Mot øst ligger husene delvis i ly av de bakenforliggende bygninger. Den vestre vegg er derfor i enkelte perio-

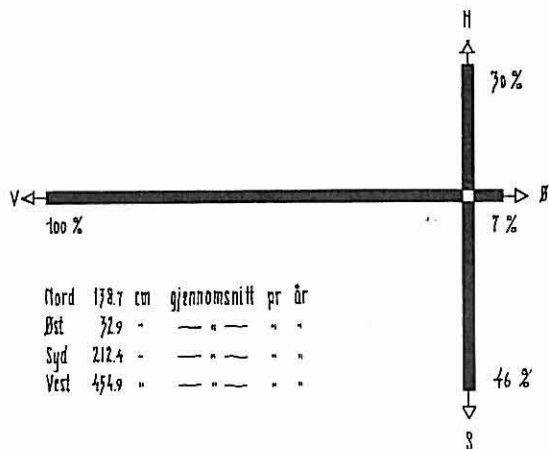


Fig. 2. Slagregnmengder i prosent av slagregn fra vest. Forsøkshuset ved NTH 1940-50.

der blitt utsatt for et meget intenst slagregn, nesten som i utsatte kyststrøk, mens påkjenningen på den østre vegg mer tilsvarende påkjenningene på en vegg i innlandsklima. Dette har vi forsøkt å dra nytte av



Fig. 3. Prøvehuset sett fra vest.

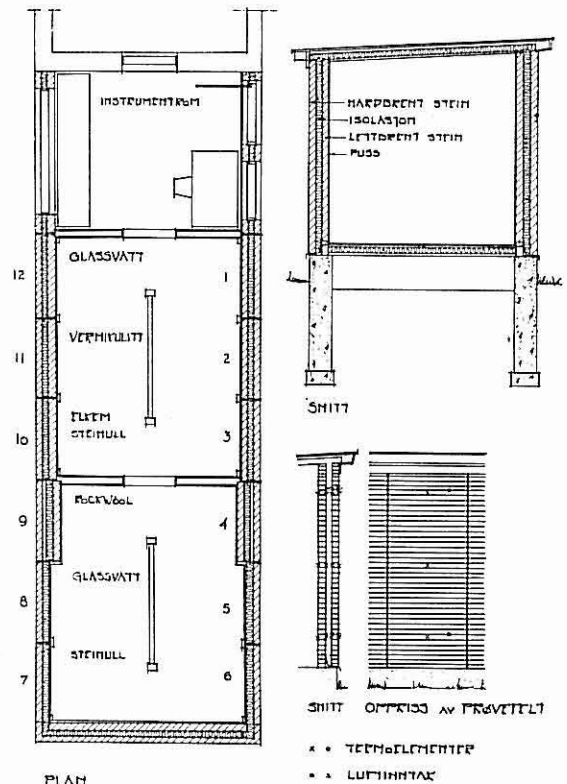


Fig. 4. Plan av prøvehuset.

ved å bygge helt like prøvefelter på østre og vestre langvegg i prøvehuset slik at en ved sammenlikning kan få en viss innsikt i virkningen av de forskjellige klimafaktorer som sol, vind og slagregn. På fig. 2 er vist slagregnet i et normalt år — slik det fordeler seg på de fire himmelretninger. Vi ser at største delen av slagregnet kommer i sektoren syd-vest.

Fig. 3 viser prøvehuset sett fra vest. I forbindelse med huset er det bygget et lite instrumentrom hvor en kan få utført det meste av det daglige kontrollarbeidet uten å gå inn i prøverommene.

Selve prøvehuset består som fig. 4 viser, av 12 prøvefelt, 6 av disse på den østre og 6 helt tilsvarende på den vestre langside, to og to like felt står rett overfor hverandre i prøvehuset og skulle således bli utsatt for meget nær det samme romklima. Feltene på vestsiden vil som tidligere nevnt, bli utsatt for meget harde klimapåkjenninger, mens de østvendte står mer i ly for vind og slagregn.

Feltene har en bredde på 120 cm, og total høyde 305 cm på vestvegg og 290 cm på østvegg. Gulv, tak og gavlvegg er bygget i velisolerte konstruksjoner med samme varmetekniske egenskaper som prøvefeltene.

Prøvehuset er med en trevegg delt opp i to mindre rom med 6 prøvefelt i hvert. Oppdelingen er gjort for å gjøre det lettere å holde jevn temperatur i forsøksrommene, og har også gitt mulighet for å holde forskjellig klima i de to rom.

Veggene i det første rommet er alle bygget i engelsk hulmur. I alle veggene er hulrommet nøyaktig 10 cm, og det er helt fylt med henholdsvis Glassvatt, Vermikulitt og Elkem steinull.

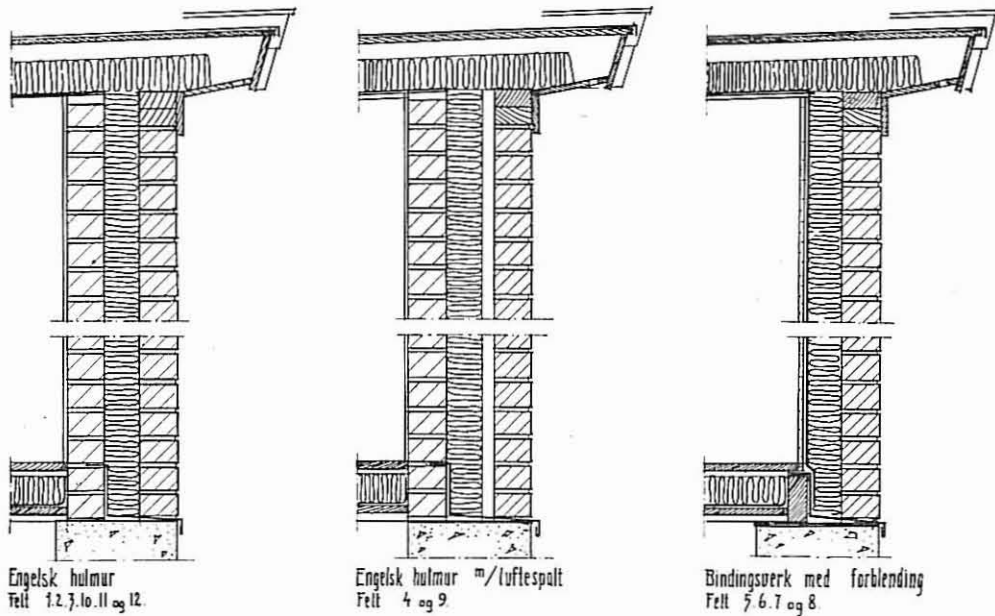


Fig. 5. Snitt av de ulike veggtyper i prøvehuset. I bunn av samtlige felt er lagt beslag som går fra indre side av isolasjonen ut under nederste stein i ytre vange.

I det neste rom er de to første veggene i engelsk hulmur, men her er hulrommet 13 cm. Det er i disse brukt 10 cm Rockwool matter festet med spesialbindere slik at det er et 3 cm luftrom mellom ytre vange og isolasjon.

På de siste 4 feltene er bare ytre vange i teglstein. Innenfor vangen kommer bindingsverk med mineralullmatter, 1 lag diffusjonstett papp og 13 mm gipsflate. Som isolasjon er i de to første feltene 10 cm Glassvatt veggfelt, mens de to siste er fylt med 10 cm Rockwool og Elkem steinull. Fig. 5.

Steinen som er brukt, er i samtlige ytre vanger hardbrent 16-hullstein, mens det til indre vanger er brukt mellombrent stein av samme type. Mørtel og muring er den samme for alle felt. I den første måleperioden var alle felter spekket utvendig, men i den andre målesesongen ble Vermikulittfeltet på vestvegg pusset.

Av hensyn til dreneringen er det i samtlige felt lagt inn beslag i bunn. Beslagene er av sink og smurt med asfalt. I den første målesesongen var samtlige ståfuger i nederste steinskift satt helt åpne for å skaffe avløp for eventuelt vann som ville trenge inn gjennom veggens ytre vange og som ventilasjonsåpninger for utlufting av hulrommet. Som det går fram av fig. 7 er pappen som ligger over himlingen bare ført fram til indre vange, og luften i hulrommet står således i forbindelse med ytterluften. For å skaffe nærmere kjennskap til innflytelsen fra dreneringsåpningen, ble de fleste av disse tettet igjen da andre målesesong tok til. På halvparten av veggflaten ble samtlige ståfuger tettet, mens det for de øvrige ble spart igjen en åpen ståfuge i nederste steinskift.

Varmestrømsmålinger.

Hensikten med forsøkene i prøvehuset for teglstein var å undersøke varmegjennomgang og andre forhold som ventilering og fuktvandring i velisolerte teglsteinskonstruksjoner. Hovedvekten ved forsøkene ble lagt på varmestrømsmålinger. Til dette ble det brukt

termoelektriske varmestrømsmålere som ble konstruert og bygget ved NBI's laboratorium.

Prinsippet for målingene er vist på fig. 6. En plate av en viss tykkelse festes til veggen som skal måles, og vil da oppføre seg som en del av veggen. Har vi et temperaturfall fra indre til ytre veggside, vil vi få en viss del av dette temperaturfallet over platen, og dette vil være direkte proporsjonalt med varmestrømmen gjennom platen og dermed gjennom veggen. Kjennet vi derfor temperaturfallet over platen ved en bestemt varmestrøm, kan vi beregne varmestrømmen ved å måle temperaturfallet over platen.

For å finne veggens varmegjennomgangstall (k-verdi), må en måle temperaturfallet over veggen, idet vi har

$$k = \frac{Q}{t} \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

der k = varmegjennomgangstallet

Q = varmestrøm kcal/m² h

t = temperaturfallet °C fra indre til ytre luft.

Metoden er bare nøyaktig ved måling under stasjonære forhold. Det vil derfor ikke være helt korrekt å benytte denne målemetoden til måling av varmegjennomgangen i vegger utsatt for naturlig klima. Målingene har imidlertid vært utført over så lange tidsrom at de beregnede middelveidier vil ligge meget nær opp til de virkelige.

Varmestrømsmålerne (fig. 6) er bygget av 3.5 mm hard, oljeherdet trefiberplate. I hver måler er lagt inn en termoserie med 165 seriekoplete kopper-konstantan termoelementer for å måle temperaturdifferansen over plater. I hver ende av termoserien er det et hoveduttak, men som figuren viser, er termoserien lagt slik at det er mulig å måle varmestrømmen for hver 4 cm av platen.

For å hindre overledning mot vegg, er trådene lagt i 0.5 mm dype spor i platen som etterpå er fylt med sparkelmasse. Målerne er tilslutt innsatt med plastlakk for at de skal være fuktbestandige.

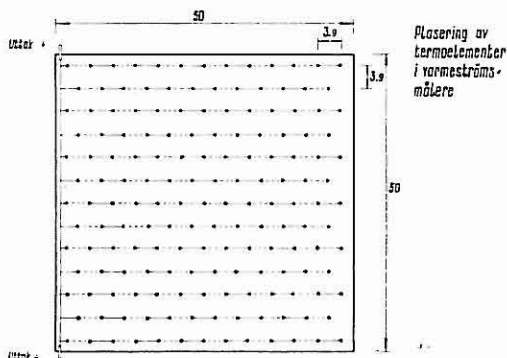
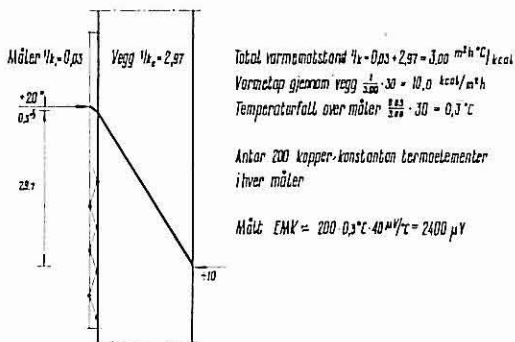


Fig. 6. Øverst er vist prinsippet for varmestromsmålerne. Temperaturfallet over måleren er avhengig av det totale temperaturfall og av varmemotstanden i måler og vegg. Ved å bruke målere som er kalibrert på forhånd for en kjent varmestrom, kan vi finne varmestrommen gjennom platen, d.v.s. gjennom vegg, ved å måle temperaturfallet over målerens tykkelse. Dette gjøres ved at det legges en serie termoelementer på måleren. Nederst er vist hvordan termoelementene er plassert i varmestromsmålerne.

Målerne har en måleflate på 50 x 50 cm. Det er brukt 5 målere på hvert felt, og en har på den måten oppnådd å måle varmestømmene i de forskjellige vegg-høyder. Rundt målerne er lagt en beskyttelsesring av samme materiale som måleren, for å sikre en jevn varmestrom gjennom hele måleflaten.

Samtlige varmestromsmålere ble registrert kontinuerlig under hele måleperiodene av et elektronisk potensiometer. Potensiometeret har 12 målepunkter, men kunne i første måleperiode ta 40 målepunkter ved hjelp av en foranbygget velger. Vi måtte da seriekoble de to øverste målerne og likeså de tre nederste på hvert felt for å få registrert alle målerne på en gang. Det viste seg i løpet av vinteren ønskelig å få et nærmere kjennskap til fordelingen av varmestrommen i de forskjellige høyder, og velgeren ble derfor bygget om slik at den nå tar 120 punkter. I siste måleperiode kunne derfor alle målerne registreres enkeltvis.

Klimadata.

For beregning og vurdering av veggens varmetap, trenger en, foruten varmestrommen, også en del klimadata for ytre og indre klima.

Forsøksrommene er elektrisk oppvarmet, og tempe-

raturen ble holdt så nær konstant som mulig ved hjelp av en termostat. Innetemperaturene ble registrert kontinuerlig ved hjelp av et motstandstermometer i hvert rom, og dessuten ble temperaturen hver dag avlest på et kvikksølvtermometer. Disse termometrene ble justert før målingene tok til og tjente foruten den daglige kontroll, også som korleksjon av de registrerte temperaturer.

Utetemperaturen ble også registrert med et motstandstermometer. Motstandstermometeret var plassert i et termometerbur av Meteorologisk institutts modell, hvor det dessuten var termometre for lufttemperatur, maksimums- og minimumstemperaturer og en hygrogaf for avlesning av relativ luftfuktighet. Disse ble lest av 1-2 ganger daglig, og da ble det samtidig gjort noteringer om skydekkegrad, snødekke, vindretning og styrke. Vindstyrken ble dessuten registrert kontinuerlig på et anemometer plassert på taket av en bygning like bak prøvhuset. Verdiene som blir registrert her, 15-20 m over bakken, er sikkert ikke identiske med vindforholdene ved prøvhuset, og er derfor bare brukt som støtte ved vurdering av resultatene.

På fig. 7 er vist ukemiddelverdiene av utetemperaturer i de 2 målesesongene. Temperaturen er registrert kontinuerlig og avlest en gang pr. time. Som kontroll og korleksjon av de registrerte verdiene er brukt de daglige avlesninger av kvikksølvtermometrene i termometerburet. Gjennomsnittstemperaturen i den første måleperioden var som vi ser -0.4°C , dvs. at vi hadde en relativt mild vinter, særlig sett i motsetning til neste måleperiode som hadde en gjennomsnittstemperatur helt ned i -2.6°C . Vi hadde i den perioden 4 uker med gjennomsnittstemperatur for uken under -10°C .

Slagregn.

I tillegg til registrering av temperaturer, foretas det også daglig avlesninger av nedbør. Til dette har vi en slagregnmåler som er plassert på taket av et gammelt forsøks-hus. Måleren har åpninger mot de 4 himmelretninger for å ta slagregnet, og en åpning for å ta den vertikale nedbør. Dessuten er det en egen måler plassert på en av de vestvendte vegger.

Fig. 8 viser ukessummer av slagregn på en vestvendt vegg i de to målesesonger. Den første vinteren var det som det går fram av figuren, meget nedbør, og

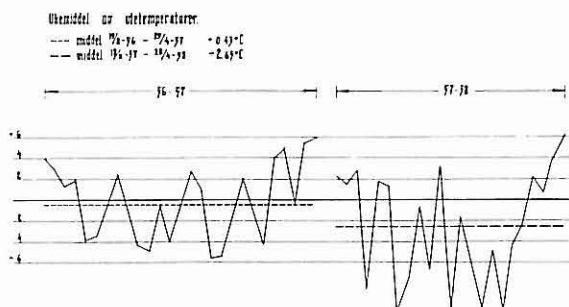


Fig. 7. Ukemiddel av utetemperaturer. Ukeverdiene er aritmetiske middel av 24 verdier pr. døgn.

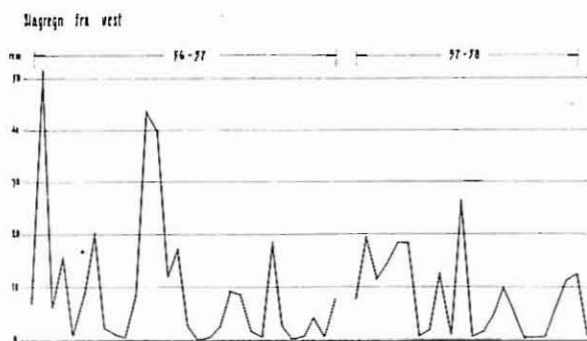


Fig. 8. Slagregn fra vest. Sum av nedbør pr. uke.

dette i tillegg til at vinteren var mild, noe som gjorde at det meste av nedbøren kom som regn, førte til at veggene var utsatt for en meget kraftig slagregnpåkjønning. Som følge av dette sto den ytre teglsteinsvengen i samtlige vestvendte veggfelt våt praktisk talt hele målesesongen. Fuktigheten i veggene tørket ut i løpet av sommeren -57. Den andre måleperioden var som det går fram av fig. 7, relativt kald, og som følge av dette kom en stor del av nedbøren i form av snø. Det var dessuten relativt lite nedbør sett i forhold til den foregående målesesong. Uttak av fuktighetsprøver viste av veggene gjennom hele målesesongen var nesten helt tørre. De klimatiske påkjønningene på veggene var relativt små.

Måleresultater.

Et av de viktigste spørsmålene når det gjelder velisolerte hulmurkonstruksjoner i tegl, er innflytelsen fra dreneringsåpningene i veggene. For å få nærmere kjennskap til denne innflytelsen ble som nevnt tidligere, samtlige ståfuger i nederste steinskift satt åpen i den første målesesongen. I andre målesesongen ble disse fugene tettet igjen med unntak av en fuge i feltene 2, 3, 6, 7, 10 og 11. Når vi ser på fig. 9 som viser den midlere varmegjennomgang for veggfeltene målt i de to målesesongene, ser vi at de målte verdiene i denne målesesong (1957-58) ligger en del lavere enn de verdier som er målt i første (1956-57). Dette tyder på at tettingen av ventilasjonsåpningene har hatt en viss innflytelse på varmegjennomgangen gjennom veggene. Innflytelsen er imidlertid ikke så stor som forskjellen tyder på, idet en del av det mindre varmetap i andre målesesong sikkert skyldes de gunstigere klimaforhold (kald og tørr vinter) som vi hadde denne sesongen.

Sammenlikner vi de øst- og vestvendte felt, ser vi at det har vært litt større varmegjennomgang gjennom feltene på vestveggen enn gjennom tilsvarende østvendte felt. Forskjellen er imidlertid svært liten bortsett fra feltene 2 og 11, som begge var fylt med Vermikulitt. Årsaken til at vi her har en så markert forskjell, er at Vermikulitten under de store slagregnperioder i første målesesong ble helt gjennomfuktet. Som følge av nedfuktingen hadde isolasjonen sunket sammen til omkring halvparten av det opprinnelige volum. Den øverste del av veggene virket derfor som vanlig engelsk hulmur

uten isolasjon i hulrommet, mens isolasjonen i nederste del av hulrommet hadde fått sin isolasjonsevne så sterkt nedsatt på grunn av fuktigheten og sammenpressingen at denne del av veggene bare var ubetydelig bedre enn den delen som var uten isolasjon. Da den første målesesongen var avsluttet, ble det skiftet inn ny isolasjon i dette feltet, og veggene ble pusset utvendig. Som det går fram av figuren, var Vermikulittfeltet i annen målesesong betydelig bedre. Dette skyldes dels den bedre regnkappen (puss) og dels de gunstigere klimaforhold. Tross dette hadde imidlertid også denne gangen Vermikulitten sunket en del sammen (ca. 15-20 %). Samtidig med at det ble tatt prøver av Vermikulittfeltet for å konstatere årsaken til den store varmegjennomgang i første måleperiode, ble det tatt prøver av isolasjonen i de andre felt. Dette er også gjort ved senere anledninger. Det viser seg at steinullen, selv om den blir utsatt for direkte vann fra veggene, bare tar til seg fukt i et ytterste sjikt på 4-5 mm, ellers er mattene helt tørre. Når det gjelder glassvatten, er det en viss fare for at vann kan følge enkelte glassfibre inn i og gjennom isolasjonen, men også her er vannmengdene meget små.

Variasjonen i veggens varmegjennomgangstall gjennom året er på fig. 10 vist for 6 veggfelt, ett øst- og ett vestvendt felt av hver type. Hovedtendensen gjennom året er at vi har en viss stigning i varmegjennomgangen fra høsten og fram til nyttår. Dette skyldes delvis avtagende virkning fra solstrålingen og delvis økning av vanninnholdet i veggene på grunn av slagregn. Fra slutten av januar begynner solstrålingen igjen å gjøre

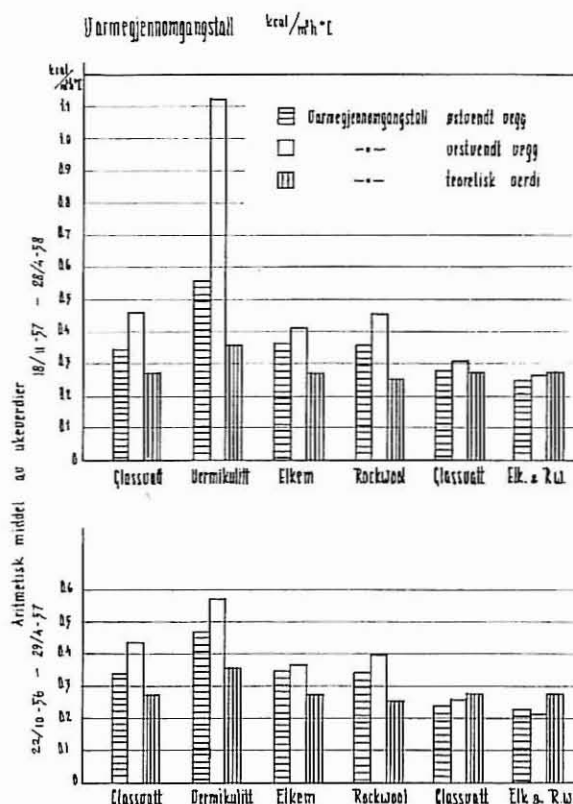


Fig. 9. Varmegjennomgangstall kcal/m² h °C. Aritmetisk middel av ukeverdier. Veggene er beregnet med det isolasjonsmateriale som er fylt i hulrommet.

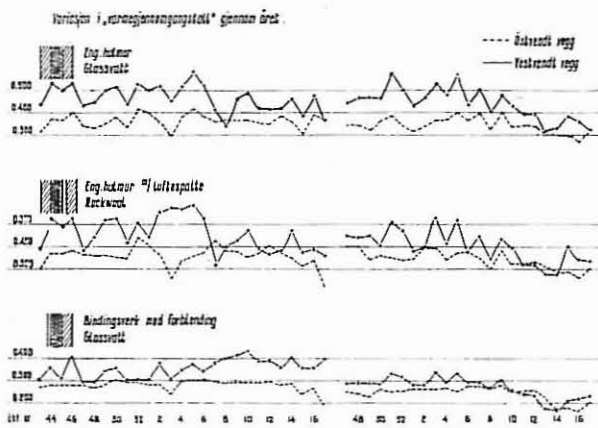


Fig. 10. Variasjon i varmegjennomgangstall gjennom året.

seg meget sterkt gjeldende, og vi ser dette i en sterk synkning i varmegjennomgangstallet utover våren.

Sprangene i varmegjennomgangstall fra uke til uke kan til en viss grad skyldes en nedkjøling på grunn av kaldluft gjennom ventilasjonsåpningene inne på isolasjonen, spesielt gjelder dette første målesesong. Hovedårsaken ligger imidlertid i selve den måte som er brukt for å beregne de ukentlige varmegjennomgangstall. De ukentlige varmegjennomgangstall er beregnet på grunnlag av den varmemengde Q som er gått gjennom den indre veggflate uten at det er innført noen korreksjon for veggens varmeakkumulerende evne. Dette vil si at hvis veggens middeltemperatur er mindre ved ukens begynnelse enn ved ukens slutt, vil Q_i være større enn Q_y , hvor Q_y betegner en tilsvarende varmemengde gjennom y trø veggflate. Veggen vil da ha akkumulert en varmemengde $Q_i - Q_y$. På grunn av at en ikke kjenner fuktighetsinnholdet i veggen, er det ikke mu-

lig å innføre noen nøyaktig korreksjon for den akkumulerte varmemengde, og svingningene i de beregnede ukentlige verdier av varmegjennomgangstallene er derfor større enn de vil være i virkeligheten. Fra målesesongens begynnelse til dens avslutning vil imidlertid en eventuell forskjell i akkumulert varme bety meget lite for det beregnede årsmiddel av varmegjennomgangstallet, spesielt fordi forskjellen i akkumulert varme i veggen vil være meget liten, da utetemperaturen ved sesongens begynnelse og slutt vil være meget nær den samme.

Det ble under oppførelsen av prøvehuset lagt inn termoelementer i de forskjellige veggskikt i flere høyder. Det har ikke vært mulig å registrere disse termoelementene kontinuerlig, men temperaturen er i løpet av måleperiodene lest av en rekke ganger under vekslende klimatiske forhold. På grunnlag av disse temperaturene og varmemotstanden i veggene, har jeg regnet ut varmeledningstallet for de forskjellige isolasjonsmaterialer. Dette er vist på figur 11. For samtlige beregnede verdier ligger varmeledningstallet for et isolasjonsmateriale brukt i en vestvendt vegg en del høyere enn varmeledningstallet for samme materiale brukt i samme konstruksjon på østveggen. Denne økningen skyldes dels at isolasjonen er litt nedfuktet av slagregn, men skyldes også at vinden som for det meste kommer fra vest, nedsetter isolasjonsevnen i materialene. Figuren gir et meget godt inntrykk av den sterke reduksjonen av isolasjonsevnen mot bunnen av hulrommet. Ned til omkring 50-60 cm fra gulvet ligger varmeledningsevnen for de forskjellige materialer lavere eller like ved den verdi en bruker ved teoretiske beregninger av varmemotstanden. Mot bunn av hulrom øker varmeledningsevnen til det 3- eller 4-dobbelte av denne verdien. Denne fordelingen har vi når det er stille vær uten vind. Dersom det blåser, skjer det en viss utjev-

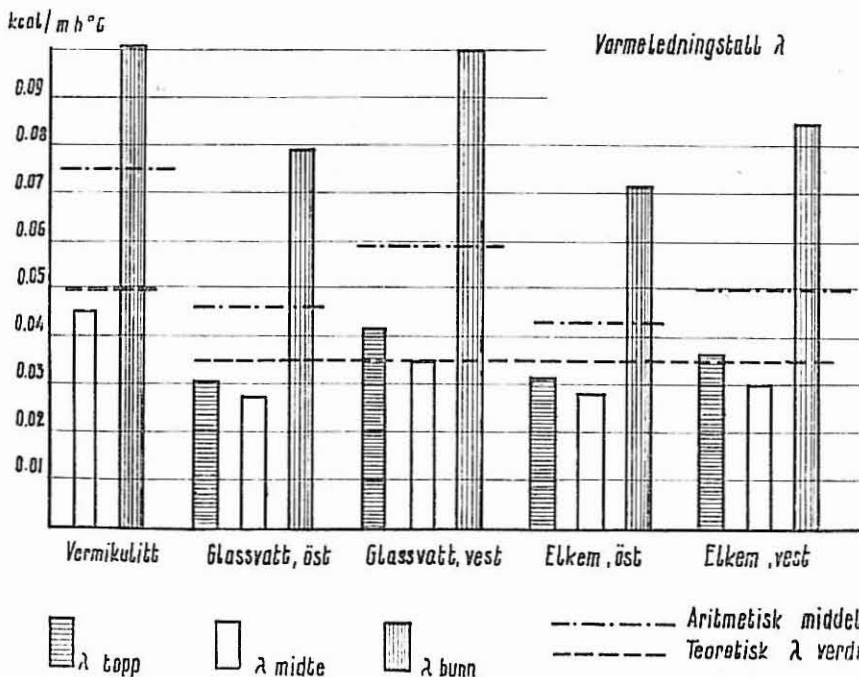


Fig. 11. Varmeledningstall for de forskjellige isolasjonsmaterialene som er brukt i prøveveggene.

ning, men den midlere varmeledningsevnen vil ligge høyere i perioder med vind enn når det er stille.

Et bilde av varmestrommen gjennom hver enkelt varmestromsmålert viser omtrent det samme. Det er på fig. 12 bare tatt med målinger fra siste målesesong og bare med vegger hvor samtlige ståfuger nede er tettet. Den reduserte varmestands i isolasjonsmaterialene på grunn av direkte kald luft er derfor redusert en del nede. Men som vi ser, har vi øverst i hulrommet en tendens til et øket varmetap. Dette skyldes sikkert at hulrommene står åpne opp mot frisk luft. At vi på tross av at de nederste ståfugene er tette har en så stor økning i varmetapet mot bunn, må skyldes innflytelsen fra den kuldebroen vi har der indre vange kommer ned mot grunnmur. Vi ser det tydelig av at det er en markert forskjell fra feltene i engelsk hulmur til bindingsverksfeltet med forblending.

Forsøk med kunstig slagregn.

For å supplere målingene i prøvehuset, ble det i vår satt igang en del forsøk med kunstig slagregn på vegger bygget av teglstein. Det er tidligere utført en god del slike forsøk, men det har i første rekke vært prøver med slagregn på veggpaneler.

Når det gjelder hulmurkonstruksjoner, er det så mange problemer som knytter seg nettopp til hulrommet at vi i dette tilfelle fant det riktigst å arbeide med hele veggkonstruksjoner.

Apparaturen som ble brukt, er uteksperimentert ved Norges byggforskningsinstituttets laboratorium av arkitekt Wigen og brukes til å fremstille kunstig slagregn. Det er ved apparatet muligheter for å variere dråpe-retning, slagregnmengde og overtrykk innen meget

vide grenser. Det er tidligere kjørt en rekke forsøk i apparatet med hele veggkonstruksjoner, fortrinnsvis da konstruksjoner i tre. Forsøkene som er gjort med murte konstruksjoner, innskrenker seg til prøving av veggpaneler.

Apparatet som er brukt ved forsøkene er vist på fig. 13. Konstruksjonen som skal prøves, plasseres foran apparatet og festes ved hjelp av skrutvinger. Rundt åpningen er lagt en pakning slik at tilslutningen mellom prøvevegg og skap blir nær luft- og vanntett. Fra viften i skapet blir det sendt en kraftig luftstrøm ut gjennom de dyseformete utløpsåpningene som opprettholder et konstant overtrykk inne i skapet. Overtrykket kan reguleres ved hjelp av ventiler festet i slagregnapparatet. Luftstrømmen fra dysene treffer vanndråpene som faller fra rennen ovenfor, spalter dem og sender dem med stor kraft mot prøveveggen. Under forsøkene vandrer hele systemet med vannrenne og dyser opp og ned langs veggen slik at ethvert punkt på veggflaten blir påkjent på tilnærmet samme måte.

Apparatet kan også kjøres med dyser og vannrenne stående stille. Dersom overflaten på prøveveggen ikke er for sugende, vil regnvannet da danne en sammenhengende film som strømmer nedover veggen. Erfaringsmessig gir dette en hardere påkjennning på veggkonstruksjonen enn når blåserne vandrer. Ved vanlig kjøring svarer den påsprøytede vannmengde til ca. 9 l/m² h, og overtrykket i skapet varieres fra 0 — 70 mm VS. Det vil si fra stille til sterk storm.

Forsøkene som ble utført, gikk ut på å undersøke slagregngjennomgangen i hulmurkonstruksjoner med varierende behandling på yttersiden og med varierende lufteåpninger. Prøveveggene besto av 2 vanger i samme

Fordeling av varmestrom over høyden.

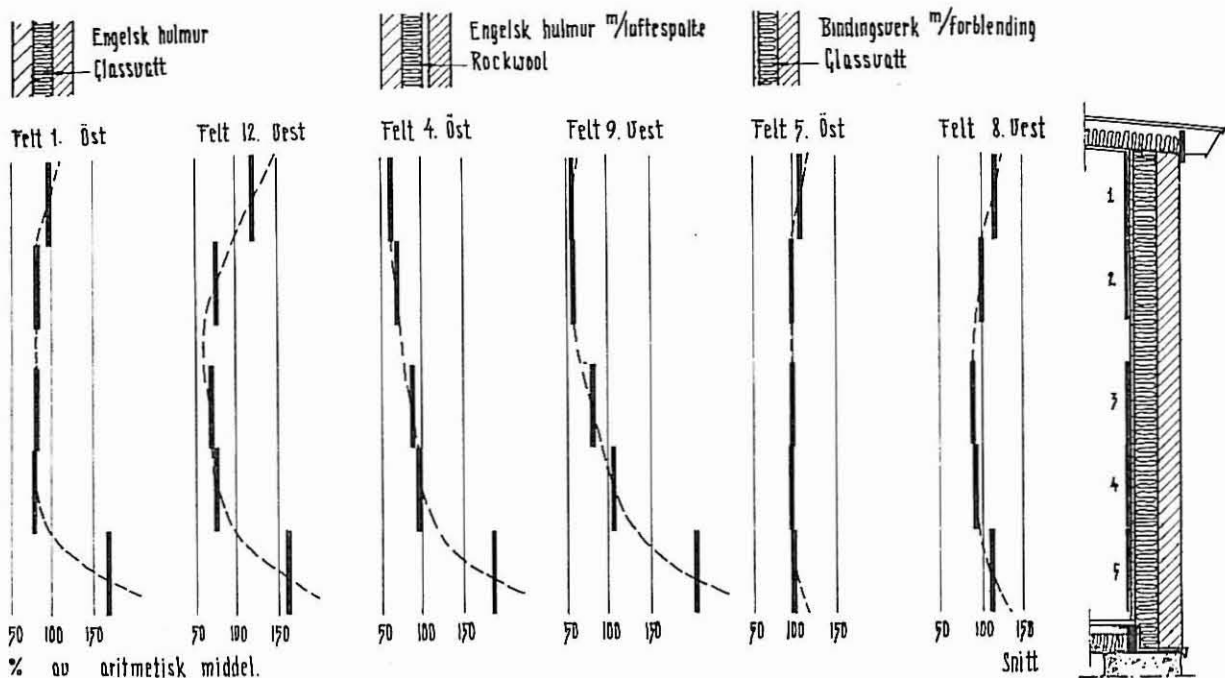


Fig. 12. Fordeling av varmestrom over høyden.

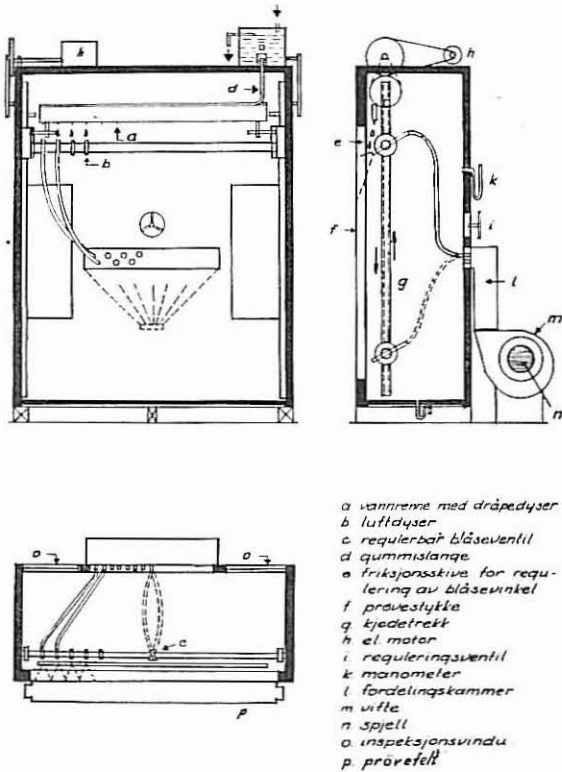


Fig. 13. Systemskisse av det slagregnapparat som ble brukt til forsøk med kunstig slagregn på teglsteinsvegger.

høyde som slagregnskapets åpning og med en bredde på 75 cm. Den ytre vangen ble satt helt inn til slagregnskapet og festet til dette, mens den indre vangen ble satt slik at en fikk et hulrom på 10 cm mellom ytre og indre vange. Mellom de to vanger ble det lagt inn avstandsklosser, og utenpå vangesidene ble det spent plastduk som ble limt fast. En oppnådde på denne måten å få en meget nær riktig trykkfordeling gjennom veggen. Målingene ble utført på relativt få vegger og over korte tidsrom, så det er vanskelig å trekke helt sikre slutninger. Undersøkelsene tydet imidlertid på at trykkfallet over det påkjente skikt av veggen (ytre vange) spiller meget stor rolle for vanngjennomgangen. Forsøkene viste at en ved å utstyre den ytre vange med lufthulrom minsket trykkfallet over vangen, og en fikk da en reduksjon i vanngjennomgangen.

Konklusjoner.

Varmeisolasjonsevnen i yttervegger er avhengig av en rekke forskjellige faktorer, både når det gjelder materialegenskaper og klimapåkjenninger. Det er derfor vanskelig å trekke sikre slutninger bare på grunnlag av disse relativt korte undersøkelsene. Forsøkene har imidlertid gitt en del resultater som det kan være verdt å peke på her.

Det har i den senere tid vært diskutert meget hvilke fordeler og mangler en har ved en ventilering av hulrommet i velisolerte teglsteinskonstruksjoner. Når en ser på de målinger vi har utført i 2 måleperioder hvor vi i den ene måleperiode målte på vegger med en kraf-

tig ventilering mens vi i den andre perioden målte på vegger hvor ventileringen var redusert til et minimum, ser det ut til at ventileringen til en viss grad reduserer varmemotstanden i isolasjonsmaterialene. På den annen side viste de slagregnundersøkelsene vi foretok våren 58, at en ventilering selv med en meget liten luftspalte virket til å utjevne trykkdifferansen over ytre ramme, og vi fikk da redusert vanngjennomgangen gjennom denne. Står veggen i et slagregnpåkjent strøk, tror jeg derfor at en kan si at en bør sørge for en viss ventilering av hulrommet. Denne ventilering vil både bidra til en redusert vanngjennomgang og vil dessuten tjene som dreneringsavløp dersom åpningene legges i det nederste steinskift. En praktisk måte å gjøre dette på er å sette f. eks. hver 3. ståfuge i nederste steinskift åpen. Forutsetningen for å oppnå en effektiv drenering er da en meget omhyggelig oppmuring slik at en unngår spillmørtel i bunn av hulrom.

Når det gjelder spørsmålet om et luftrom mellom isolasjonsmaterialet og ytre vange, vil dette avhenge av klimaet og av isolasjonsmaterialets egenskaper. Målingene i prøvehuset viste at luftspalten ikke bedrer varmeisolasjonen for veggen i den grad de teoretiske beregninger gir uttrykk for. På grunn av konveksjonsstrømninger er den varmeisolerende effekt av luftrommet meget liten. Hulmuren med luftspalte er når det gjelder varmeisolasjonsevnen, meget nær likeverdig med en vanlig hulmur. Det skulle derfor ikke være noen grunn til å bruke en slik spalte, uten i tilfeller hvor det er fare for at det kan trenge fukt gjennom ytre vange og hvor en har et isolasjonsmateriale som ikke tåler fukt. Velger en å bruke hulmur uten luftrom mellom isolasjon og ytre vange, bør en være meget nøye med valg av isolasjonsmateriale. Det har tidligere vært nevnt at Vermikulitt etter en slagregnperiode hadde tatt opp store mengder fuktighet, så dette og materialer med liknende egenskaper bør derfor bare brukes i tørre strøk. Mineralullmattene hadde ved samme prøvetaking bare tatt til seg ubetydelige mengder vann, men selv disse små vannmengdene var store nok til at de virket inn på mattens isolasjonsevne. Denne nedsettelsen av isolasjonsevnen er midlertid av forbigående art fordi mattene tørket opp mellom slagregnperiodene. Den er derfor ikke så farlig. Det som imidlertid betyr mest er hvorvidt materialene er i stand til å motstå påkjenninger ved avvekslende fukting og uttørking. En betingelse for å kunne bruke et isolasjonsmateriale i hulmur i slagregnstrøk uten at en bruker luftrom foran isolasjonen, er at denne ikke tar skade av gjentakende fukting og uttørking, frysing og tining. Når det gjelder de tre mineralulltypene som er prøvet i prøvehuset, ser det ut til at disse tåler påkjenninger meget godt. Etter 3 år i prøvevegg utsatt for et meget hardt klima, var det ved uttak av mattene ikke mulig å oppdage noen siging eller ødeleggelse av mattene på annen måte.

Ser vi på de tre konstruksjonstypene, finner vi at de to hulmurkonstruksjonene med og uten luftrom foran isolasjonen som nevnt oppfører seg helt likt når det gjelder varmegjennomgang. Dette gjelder også den kuldebro vi har i bunnen av muren. Slik veggene er kon-

struert i prøvehuset, der gulvbjelkene ligger på grunnmuren i samme høyde som isolasjonen, se *fig. 4*, har bindingsverksveggen en avgjort fordel framfor hulmurkonstruksjonen. For å bedre denne siste bør grunnmuren trappes av slik at isolasjonen og ytre vange blir ført ned 2 eller 3 steinskift lavere enn bjelkelaget og indre vange. Dette vil til en viss grad svekke innflytelsen fra kuldebroen.

Sammenlikner vi de forskjellige isolasjonsmaterialene etter hvordan de oppfører seg i prøveveggene, ser vi at det er en betydelig forskjell mellom Vermikulitt og de forskjellige mineralull, mens mineralullmattene stort sett oppfører seg på samme måte. Det har vært nevnt tidligere at Vermikulitt tok opp vann, og at den sank

sammen. Dette isolasjonsmaterialet bør derfor ikke brukes på steder hvor det kan bli utsatt for fuktighet, og en bør, hvor materialet brukes, sørge for at en har muligheter for en etterfylling av isolasjonen.

Når det gjelder mineralullmattene viste forsøkene at det ved Glassvatt er en viss fare for at det kan trenge vann langs enkelte glassfibre gjennom isolasjonen og inn på bakmuren. For begge de prøvede steinullproduktene, Rockwool og Elkem steinull, begrenset fuktigheten seg til et tynt skikt nærmest ytre vange. Det var for alle mineralullmattene bare ubetydelige mengder fukt som var tatt opp, og det er etter 3 år hvor mattene har vært utsatt for en meget hard klimapåkjønning, ikke mulig å se noen ødeleggelse på mattene.

Særtrykk (som regel format A 4):

6. Jordhus. 1952, 11 s., kr. 2,—.
7. GRANUM, Hans og GEIRBO, Einar. Vinduers tilpassing til bindingsverkets modul-system i trehus. 1953, 3 s., kr. 1,—.
8. TVEIT, A. Måling av varmegjennomgangstall for vegger og bjelkelag i trehus ved hjelp av termoelektriske varmestrømsmålere. 1953, 6 s., kr. 1,50.
10. GRANUM, Hans. Lette treveggers vindtetthet. 1954, 8 s., kr. 1,50.
11. REYMERT, Jan F. Produktiviteten i byggingindustrien. 1954, 9 s., kr. 1,50.
13. BIRKELAND, Øivind. Lettbetong. 1954, 8 s., kr. 1,50.
14. GRANUM, Hans. Spiker — vårt viktigste festemiddel i trebygg. 1954, 7 s., kr. 1,50.
16. GRANUM, Hans. Erfaringer med noen prøvhus i lette trekonstruksjoner på Vestlandet. 1955, 8 s., kr. 1,50.
17. HANSEN, Henry. Sandens korngradering og mørtelfasthet. 1955, 15 s., kr. 1,50.
19. Småhus av tre. (Fra NBI's vinterkurs 1955/56.) 1956, 115 s., kr. 15,—.
21. SCHJØDT, Rolf. Sikring mot stormskader. 1957, 8 s., (gratis).
23. AARFLOT, Allan. Norges byggforskningsinstitutt. 1957, 4 s., (gratis).
24. JØRGEN, Gunnar Ø. Hus i hardt klima. 1957, 15 s., kr. 3,—.
25. SCHJØDT, Rolf. Knekning av vegger av uarmert betong. 1958, 5 s., kr. 2,—.
27. SCHJØDT, Rolf. Om relaksasjonsmetoden og en anvendelse av denne for beregning av kuldebroer. 1958, 8 s., kr. 2,—.
28. HANSEN, Henry. Nedbøying av trebjelkelag. 1958, 10 s., kr. 2,—.
29. RØSRUD, Tore. Plastrør i sanitærinstallasjoner. 1958, 6 s., kr. 2,—.
30. Nyere metoder i betongbyggeri. (Fra NBI's kurs i mai, 1957.) 1958, 117 s., kr. 20,—.
31. HAGEN, Hallvard og HAGENSLI, Trygve. Energiforbruket til husoppvarming i Norge. 1958, 9 s., kr. 2,—.
32. RØSRUD, Tore. Kvalitetsprøving og montering av vann- og avløpsledninger i plast. 1959, 8 s., kr. 2,—.
33. SCHJØDT, Rolf. Fasthetskrav til undergulv og gulvbelegg. 1958, 2 s., kr. 2,—.
34. LUNDBY, Sven Erik. Vindusproblemer i nytt lys. 1958, 8 s., kr. 2,—.

Anvisninger (som regel format A 5):

3. SVENDSEN, Sven D. Puss i norsk klima. 1954, 152 s., kr. 16,— (heftet kr. 13,—).
4. GEIRBO, Einar. Dekkeforskaling. 1955, 64 s., kr. 8,—.
5. ABC. Forkortet desimalklassifikasjon for byggefaget. 1956, 64 s., kr. 20,—.
6. Valg av dørmål. 1957, 9 s., (gratis).
8. GRANUM, Hans og LUNDBY, Sven Erik. Trehus. 1958, 255 s., kr. 24,—.

Utenfor seriene:

«BYGGMASKINER 1957», 336 s., innb. kr. 18,—.

BYGGDETALJBLAD. 1958—. En serie løsblad med tegninger og beskrivelser for utførelse av vanlige husbyggingdetaljer. To utsendinger pr. år. Løssalg kr. 1,50—4,— pr. stk. Abonnement ca. kr. 55,— pr. år. Permer kr. 19,— pluss porto. Bestillinger bare direkte til NBI.

Reprints (size, mostly A 4):

6. Earth houses. 1952. 11 p., N.kr. 2,—.
7. GRANUM, Hans and GEIRBO, Einar. The economical advantage of windows suitable for the modular system of framework in wooden houses. 1953, 3 p., N.kr. 1,—.
8. TVEIT, A. Measuring thermal transmittance in walls and flooring of frame houses, utilizing thermo-electric heat flow gauges. 1953, 6 p., N.kr. 1,50.
10. GRANUM, Hans. Air-tightness of modern frame walls. 1954. 8 p., N.kr. 1,50.
11. REYMERT, Jan F. Productivity in the building industry. 1954. 9 p., N.kr. 1,50.
13. BIRKELAND, Øivind. Lightweight concrete. 1954. 8 p., N. kr. 1,50.
14. GRANUM, Hans. Nails: our most important timber connector. 1954, 7 p., N. kr. 1,50.
16. GRANUM, Hans. Experiences with some light-frame, experimental houses in Western Norway. 1955, 8 p., N. kr. 1,50.
17. HANSEN, Henry. Sand gradation and the strength of mortars. 1955, 15 p., N. kr. 1,50.
19. Small wooden houses. (From NBRI's Winter Course 1955/56.) 1956, 115 p., N. kr. 15,—.
21. SCHJØDT, Rolf. Safeguards against storm damage. 1957, 8 p., (free).
23. AARFLOT, Allan. Norwegian Building Research Institute. 1957, 4 p., (free).
24. JØRGEN, Gunnar Ø. Houses in severe climate. 1957, 15 p., N. kr. 3,—.
25. SCHJØDT, Rolf. Buckling of un-reinforced concrete walls and columns. 1958, 5 p., N. kr. 2,—.
27. SCHJØDT, Rolf. On the relaxation method and its application in heat distribution problems. 1958, 8 p., N. kr. 2,—.
28. HANSEN, Henry. Deflection characteristics of wood-joist floors. 1958, 10 p., N. kr. 2,—.
29. RØSRUD, Tore. The use of plast tubes in sanitary installations. 1958, 6 p., N. kr. 2,—.
30. New methods in concrete building construction. (From NBRI's course in May, 1957.) 1958, 117 p., N. kr. 20,—.
31. HAGEN, Hallvard and HAGENSLI, Trygve. Energy consumption for heating of houses in Norway. 1958, 9 p., N. kr. 2,—.
32. RØSRUD, Tore. Quality testing and installation of plastic water and sewage pipes. 1959, 8 p., N. kr. 2,—.
33. SCHJØDT, Rolf. Strength requirements in flooring and sub-flooring. 1958, 2 p., N. kr. 2,—.
34. LUNDBY, Sven Erik. New viewpoints for design of windows. 1958, 8 p., N. kr. 2,—.

Directions (size, mostly A 5):

3. SVENDSEN, Sven D. Plaster in Norwegian climate. 1954, 152 p., N.kr. 16,—.
4. GEIRBO, Einar. Form-work for concrete slabs. 1955, 64 p., N. kr. 8,—.
5. ABC. Abridged Building Classification. 1956. 64 p., N. kr. 20,—.
6. Choose standard door sizes. 1957, 9 p., (free).
8. GRANUM, Hans and LUNDBY, Sven Erik. Frame houses. 1958, 255 p., N. kr. 24,—.

Special publication:

«BUILDING MACHINES 1957», 336 p., bound N. kr. 18,—.

ARCHITECTURAL DATA SHEETS. 1958—. A loose-leaf series with illustrated data for constructional details in house-building. Two issues per year. Single sheets N.kr. 1,50—4,—. Annual subscription roughly N.kr. 55,—. Cover N.kr. 19,— plus postage. Order direct to NBRI only.