

KAT.

DANSK INGENIØRFORENING · BYGGERATIONALISERINGSUDVALGET

MONTAGEBYGGERI

PUBLIKATION NR. **8^A**

MONTAGEBYGGERI **8^A**

TILLÆG TIL FACADEELEMENTER

Tillæg til

FACADEELEMENTERs

Rationelle opbygning og virkemåde

Afsluttende forsøgsrapport

*Rational Design of Facing
Components and their Function*

ARBEJDSUDVALG 2 KØBENHAVN 1958

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG

LABORATORIET FOR BYGNINGSTEKNIK

I henhold til lov nr. 209 af 7. juni 1952 har boligministeriet af midlerne til teknisk-videnskabelig forsknings- og forsøgsvirksomhed stillet 194.000 kr. til rådighed for Dansk Ingeniørforening til brug for et udvalg vedrørende BYGGERIETS RATIONALISERING, især MONTAGEBYGGERI.

Denne publikation er en del af udvalgets arbejde i årene 1954-57.

Arbejdet har været fordelt på nedenstående udvalg:

Hovedudvalg

- Arbejdsudvalg 1. Montagebyggeriets nuværende stade.
- Arbejdsudvalg 2. Facadeelementers rationelle opbygning og virkemåde.
- Arbejdsudvalg 3. Statiske problemer i montagebyggeri.
- Arbejdsudvalg 4. Fuger, tolerancer og installationer.

Udvalgsmedlemmer:

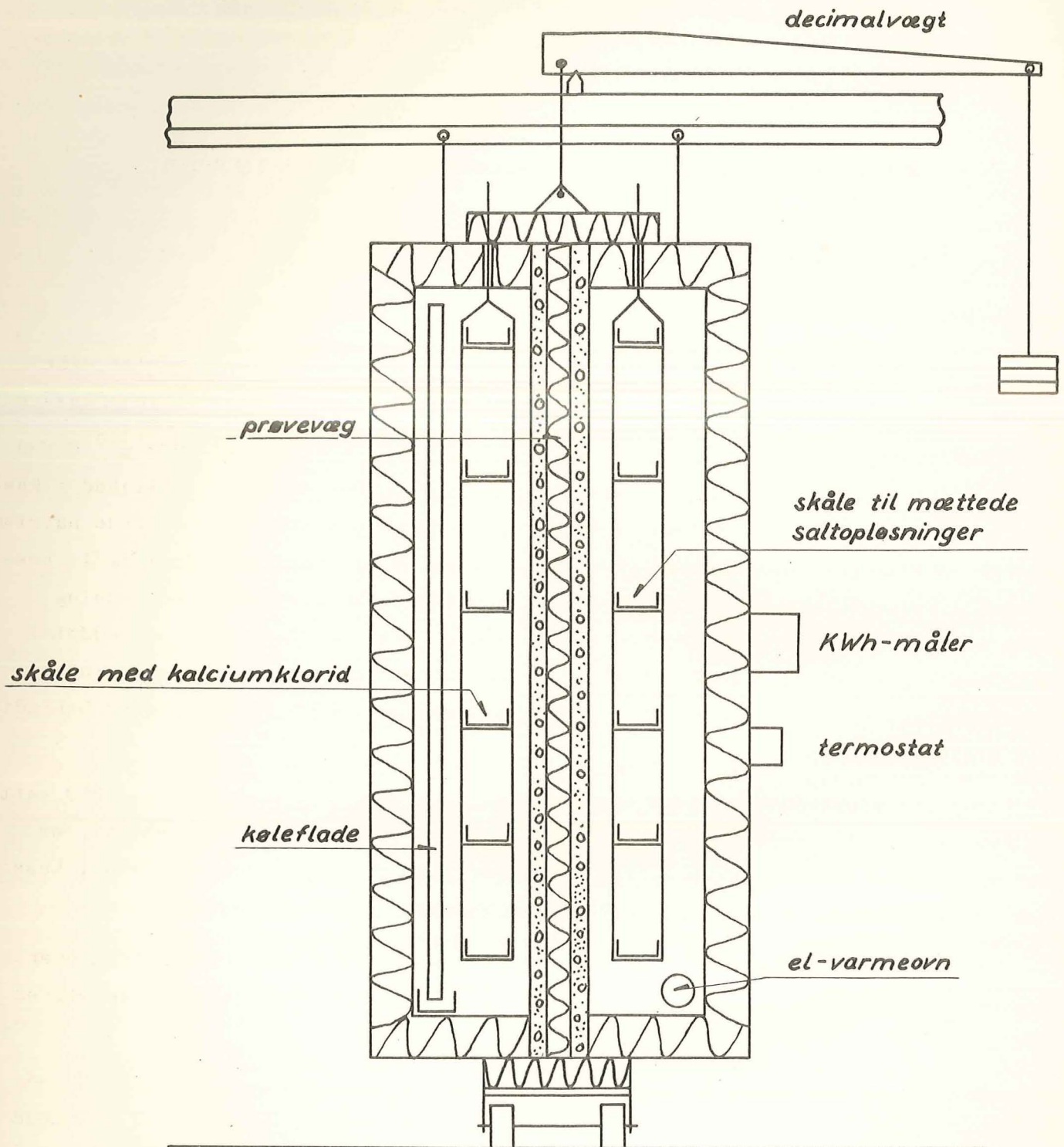
Medlem af udvalg:

Civilingeniør POVL R. ANDERSEN, formand for udvalg 4	Hovedudvalg, 2, 4
arkitekt PH. ARCTANDER, M.A.A.	Hovedudvalg, 1
underdirektør, civilingeniør J. CHRISTOFFERSEN	3
civilingeniør P. M. FREDERIKSEN	4
direktør, civilingeniør JOH. HARTMANN	1
arkitekt EDV. HEIBERG, M.A.A.	4
civilingeniør W. JØNSSON	3
civilingeniør JOHS. JØRGENSEN	1
civilingeniør C. C. KIRCHHEINER	2
professor P. KJÆRGAARD, M.A.A.	4
civilingeniør V. KORSGAARD	2
arkitekt ESKE KRISTENSEN, M.A.A.	Hovedudvalg, 1, 2
civilingeniør A. K. KROG	2
civilingeniør P. E. MALMSTRØM, formand for hovedudvalget	Hovedudvalg
civilingeniør, dr. phil. P. W. MARKE	2
civilingeniør E. PHAFF MØRCK	4
civilingeniør EW. OLSEN	4
civilingeniør E. C. PEDERSEN	Hovedudvalg, 1
professor, dr. techn. B. J. RAMBØLL, formand for udvalg 3	Hovedudvalg, 3, 4
civilingeniør B. HØJLUND RASMUSSEN	Hovedudvalg, 3
civilingeniør SØREN RASMUSSEN	Hovedudvalg, 3
civilingeniør W. R. SIMONSEN, formand for udvalg 1	Hovedudvalg, 1
civilingeniør H. C. E. TEISEN	4
ingeniør J. THORSEN, M. af I.	4
civilingeniør V. USSING, formand for udvalg 2	Hovedudvalg, 2, 3
arkitekt M. VOLTELEN, M.A.A.	4
civilingeniør J. N. M. WÆRUM	1
civilingeniør JOHS. F. MUNCH-PETERSEN, sekretær for	Hovedudvalg, 1, 2, 4

I udvalgenes arbejde har endvidere deltaget civilingeniørerne M. EGESKJOLD (2), JØRN LUND (2), H. O. SONNE ANDERSEN (3), K. NOMMESEN (3), FL. MØLLER (4) samt nogle polyteknikere ved løsning af specielle opgaver.

TILLÆG

AFSLUTTENDE FORSØGSRAPPORT



FORSØGSOPSTILLING

Fig. 1.

TILLÆG TIL RAPPORT NR. 8 ^{+))}

FACADEELEMENTERS RATIONELLE OPBYGNING OG VIRKEMÅDE

Afsluttende forsøgsrapport.

MÅLING AF FUGTANSAMLING OG VARMEMODSTAND I FACADEELEMENTER

af

docent, civilingeniør V. Korsgaard.

APPARATUR.

Princippet i det anvendte apparat fremgår af pag. 6.08. Vægelementet står på en varmeisoleret sokkel og er sammenspændt mellem to kraftigt isolerede kasser.

Kassen på vægelementets inderside holdes på en temperatur af 20 - 25° C ved hjælp af el-varmelegemer monteret forinden i kassen. Den relative fugtighed i kassen holdes på ca. 70 %, idet der i kassen er ophængt glasskåle med mattede natriumklorid opløsninger. Glasskålene er ophængte i stålwirer ført ud gennem tætte bøsninger i kassens loft, så den fordampede vandmængde kan bestemmes ved vejning uden at adskille apparatet. Kassen er indvendig foret med zink, der er loddet i alle samlinger, således at den fordampede vandmængde må være diffunderet ind i vægelementet. Kassen er opbygget i et vinkeljernstativ af 8 cm korkplader beklædt med bløde træfiberplader.

Energitilførslen til varmelegemerne kan reguleres i 5 trin fra 85 - 250 watt. Da temperaturen i rummet, hvor apparatet er opstillet, ligger ret konstant, er det muligt at indstille strømtilførslen på en fast værdi, så temperaturen i kassen kommer til at ligge nogenlunde konstant på en værdi mellem 20 og 25° C.

Energitilførslen måles af en justeret kwh-måler. Temperaturforskellen over kassens sider måles ved hjælp af kobber-konstantan termoelementer. Herved bliver det muligt at korrigere for varmetab bagud.

Kassen på vægelementets yderside holdes på en temperatur af ca. -10° C ved hjælp af en panelkøleflade, som dækker det meste af kassens bagvæg. For at undgå rimdannelser på kølefladen er der i kassen ophængt glasskåle med klorkalcium.

^{+))} Tillægget er udsendt som et selvstændigt hæfte. Endvidere vil det blive indhæftet i genoptryk af publikation nr. 8.

Luften i kassen cirkuleres af en langsomt roterende vinge. Kassen er opbygget på lignende måde som den varme kasse, dog er den kun isoleret med 4 cm kork, og den er ikke beklædt med zinkplader indvendig.

FORSØGSELEMENTER.

De facadeelementer, som er afprøvet i apparatet, er opbygget af yderst en 7,5 cm tyk armeret og vibreret betonplade og inderst enten en tilsvarende 2,5 cm tyk betonplade eller en 5 cm tyk armeret klinkerbetonplade. Imellem disse plader er der et isoleringslag af varierende opbygning. Enudførlig beskrivelse af pladernes fremstilling og sammensætning findes i bilag III til publikation nr. 8. Dimensionerne fremgår af pag. 6.17.

På betonelementernes udadvendende sider er påklæbet 8 Cu-constantan termoelementer. På de indadvendende sider er påklæbet 3 termoelementer (tal i parentes).

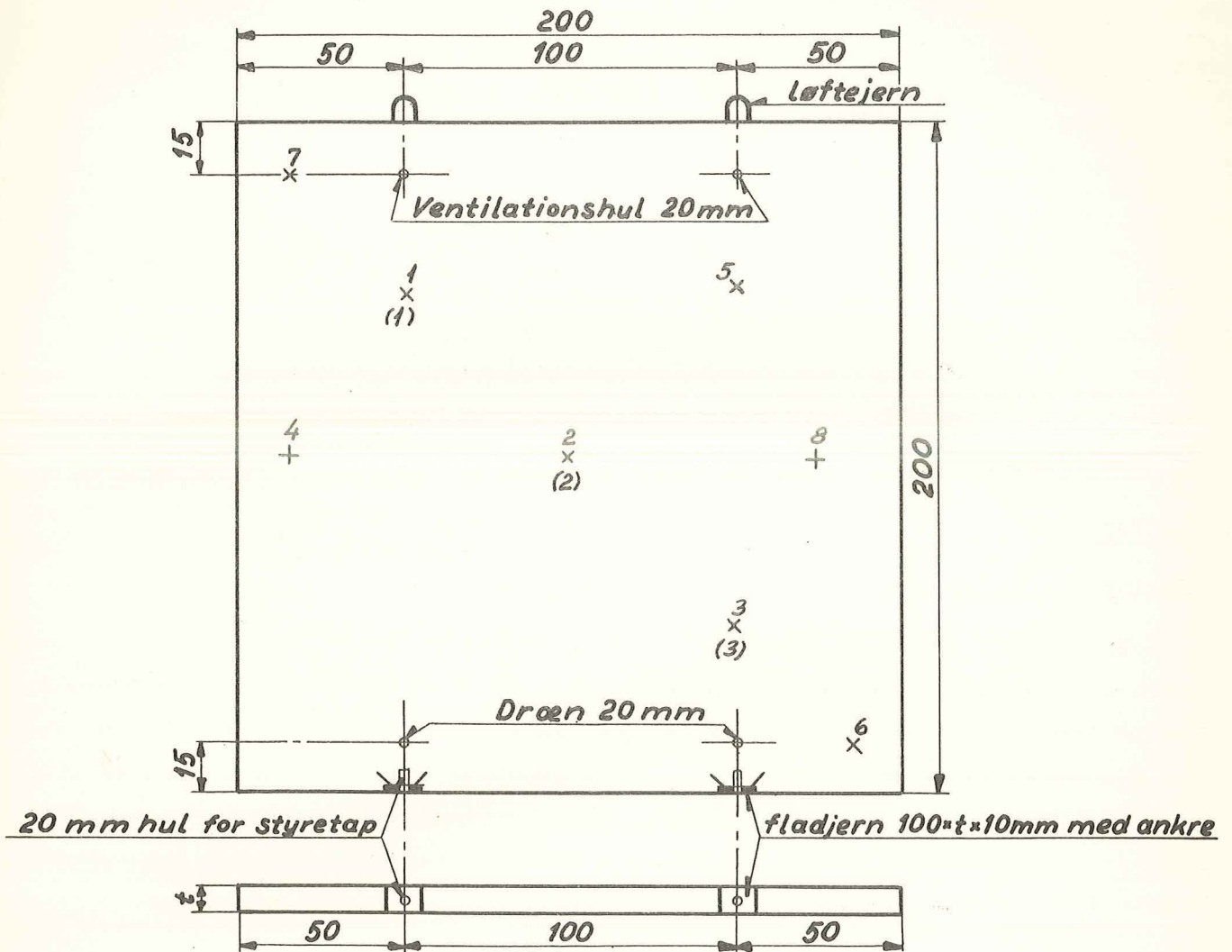
MÅLEMETODER.

a. Måling af fugttransport.

Formålet med disse målinger var i første række at få et begreb om størrelsesordenen af den fugtansamling, man kan risikere at få i facadeelementer af den undersøgte type under forhold, som må kaldes ekstreme for boligbyggeri. Temperaturen i den kolde kasse er valgt så lav, at fugtansamlinger vil ske i form af rim eller is. Herved har man fået mulighed for også visuelt at bedømme, hvor i konstruktionen fugtansamlingerne sker, og i hvilke mængder, f. eks. med henblik på risikoen for tilisning af eventuelle ventilationsspalter og -huller.

Idet den varme kasse regnes helt damptæt, må den fra skålene med mættet saltopløsning fordampede vandmængde, der bestemmes ved vejning, være diffunderet ind i forsøgselementet, idet elementets overfladetemperatur er højere end dugpunktet i den varme kasse.

Vanddampmængden, som diffunderer ind i elementet, vil enten aflejre sig som vand, is eller rim i de forskellige lag eller diffundere videre ind i den kolde kasse. Da den udvendige plade er lavet af meget tæt beton og tilmed ret tyk, er der grund til at forvente, at kun en lille del vil diffundere igennem pladen, hovedparten vil enten sætte sig som is eller rim på betonpladens inderside. Denne antagelse er blevet fuldt ud bekræftet af forsøgene. De i de enkelte lag aflejrede fugtmængder blev bestemt ved vejning af de elementerne umiddelbart før og efter hvert forsøg. Vejenøjagtigheden var 20 - 50 g.



Pladetykkelse t : 7,5 og 2,5 cm
 x Termoelementer

Betonplade til facadeelement
 Mål 1:20 Alle mål er cm 15-1-56

b. Måling af varmeisoleringssevne.

Med det benyttede apparatur har det ikke været muligt at foretage præcisionsmålinger af elementets varmemodstand, hvilket iøvrigt heller ikke var tilstræbt ved forsøgenes planlægning.

For et vægelement opbygget af planparallelle lag gælder, at den samlede modstand er summen af de enkelte lags modstand.

$$M = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + m_1$$

hvor e er lagets tykkelse og λ materialets varmeledningstal og m_1 modstanden for en eventuel luftspalte. for en væg gælder, at $\frac{1}{k} = M + m_i + m_u$, hvor k er væggenes transmissionstal og m_i og m_u er den indvendige henholdsvis den udvendige overgangsmodstand.

I den stationære tilstand har man

$$Q = k (t_i - t_u) \cdot F = \frac{1}{M} (t_A - t_B) \cdot F, \text{ hvoraf } M = (t_A - t_B) \frac{F}{Q}$$

$(t_A - t_B)$ er temperaturforskellen mellem vægelementets to overflader, F er arealet og Q den gennemstrømmende varmemængde.

Temperaturforskellen måles som nævnt ved hjælp af Cu-konstantan termoelementer med en nøjagtighed på $\pm 1\%$. Arealet er opmålt til $4,00 \text{ m}^2$. Varmemængden bestemmes ved måling af den tilførte el-energi korrigeret for varmetab bagud. Korrektionen andrager $1,35 \frac{\text{kcal}}{\text{OC h}}$ eller $10 - 15\%$ af den tilførte varmemængde. Selv om korrektionen kun kendes med en nøjagtighed på ca. 10% , bliver dens indflydelse på målingens nøjagtighed ubetydelig.

MÅLERESULTATER.

Der er gennemført målinger på otte forskellige udførelser af vægelementet.

Forsøg nr. 1. Vægelementets opbygning fra varm mod kold side.

2.5 cm vibreret betonplade.

5.0 cm glasuldmåtter i crepepapir sammentykket til 4 cm.

7.5 cm vibreret betonplade.

Ventilationshullerne i de to betonplader er lukkede.

Forsøg nr. 2. Vægelementets opbygning er som ved forsøg nr. 1, men ventilationshullerne i den kolde plade er åbne.

Forsøg nr. 3. Vægelementets opbygning fra varm mod kold side.

5.0 cm klinkerbetonplade (uden puds).

5,0 cm glasuldmåtter i crepepapir sammentrykket til 4 cm.

7,5 cm vibreret betonplade med åbne ventilationshuller.

Forsøg nr. 4. Vægelementets opbygning er som ved forsøg nr. 3, dog er der indskudt en 1 cm luftspalte mellem den 7,5 cm tykke betonplade og glasuldmåtten ved at indlægge et stormasket trådgitter med 1 cm afstandsklodser fra betonpladen.

Forsøg nr. 5. Vægelementets opbygning er som ved forsøg nr. 4, dog er der på den varme side af klinkerbetonpladen påklæbet et lag maskinpapir, der yder ret stor modstand mod luftgennemtrængning, men ikke mod dampdiffusion.

Forsøg nr. 6. Vægelementets opbygning er som ved forsøg nr. 5, dog er der også på klinkerbetonpladens kolde side påklæbet maskinpapir.

Forsøg nr. 7. Vægelementets opbygning er som ved forsøg nr. 2, dog er glasuldmåtten erstattet af 3,5 cm tykke karbamidskumplader.

Forsøg nr. 8. Vægelementets opbygning er som ved forsøg nr. 4, dog er klinkerbetonpladen erstattet af den 2,5 cm tykke vibrerede betonplade.

Forsøgsdata og måleresultater er opført i skemaet pag. 6.20.

Varmemodstanden for vægelementet fra overflade til overflade er beregnet efter D.I.F.s regler for beregning af varmetab fra bygninger.

Følgende værdier er brugt:

Vibreret beton	$\lambda = 1,4$
Klinkerbeton	$\lambda = 0,15$
Glasuldmåtter	$\lambda = 0,032$
1 cm luftspalte	$m = 0,10$
Klemt fuge	$m = 0,05$
Karbamidskumplader	$\lambda = 0,028$

I udvalgets publikation nr. 8 er på side 6.11 anført, at de målte $\frac{1}{m}$ -værdier har vist sig at være ca. 15 % større end de teoretisk beregnede. Dette skyldes, at der ved udregningen af de målte M-værdier er benyttet et effektivt forsøgsareal på $3,24 \text{ m}^2$, idet den varme og kolde kasse lapper 10 og 6 cm ind over forsøgsvæggen (se pag. 6.08). Imidlertid vil isotermerne forløbe parallelt med vægoverfladerne næsten helt ud til betonpladernes rand, dels fordi betonen leder godt, dels fordi varmestrømsmodstanden gennem glasuldmåtten er stor. Følgelig vil det effektive forsøgsareal praktisk taget være lig med betonpladernes areal, der er $4,00 \text{ m}^2$. De i tabellen opførte målte M-værdier er beregnet ud fra et effektivt forsøgsareal på $4,00 \text{ m}^2$, og overensstemmelsen med de teoretisk beregnede ses at være udmærket i forsøg 1, 2, 7 og 8. I forsøg 3, 4, 5 og 6 gør særlige forhold sig gældende,

Forsøg nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Varighed i døgn	21	31	20	17	21	18	24	20	
2	M beregnet $\frac{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}{kcal}$	1,44	1,44	1,73	1,79	1,79	1,79	1,43	1,49	
3	M målt $\frac{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}{kcal}$	1,41	1,49	1,48	1,46	1,67	1,63	1,45	1,53	
4	$(M_b - M_m) / M_m \%$	+2 %	÷3 %	+17 %	+23 %	+7 %	+10 %	÷1 %	+3 %	
5	t_A $^\circ C$	17,8	18,2	21,6	24,1	19,0	16,7	17,6	17,4	
6	t_B $^\circ C$	÷7,1	÷6,9	÷6,5	÷7,5	÷9,7	÷12,0	÷8,6	÷8,4	
7	$t_A - t_B$ $^\circ C$	24,9	25,1	28,1	31,6	28,7	28,7	26,2	25,8	
8	Vægtændring kg	7,5 cm betonplade	+1,08	+1,60	+7,30	+8,70	+6,50	+4,10	+1,40 ⁺	+1,80
9		2,5 cm betonplade	÷0,51	÷0,50	-	-	-	-	÷0,10	÷0,20
10		Klinkerbetonplade	-	-	÷1,70	÷1,20	÷1,00	÷0,30	-	-
11		Glasuldmåtte	+0,20	+0,10	0	0	0	0	-	0
12	Netto vægtforøgelse	kg	0,77	1,20	5,60	7,50	5,50	3,80	1,30	1,60
13	Vand fordampet	kg	1,24	1,16	5,48	7,55	5,29	3,70	0,47	0,55
14	Is aflejret i vægelement	kg	1,28	1,70	7,30	8,70	6,50	4,10	1,40	1,80
15	Is aflejret $\frac{g}{m^2 \cdot ^\circ C \cdot døgn}$	0,75	0,67	4,00	5,00	3,33	2,45	0,69	1,08	
16	Vand fordampet + vægttab af indvendig plade	kg	1,75	1,66	7,28	8,75	6,29	4,00	0,57	0,75
17	Damptrykforskel	mm Hg	8,8	9,0	11,6	14,2	10,2	9,0	9,9	8,8
18	Vanddamp diffusion $\frac{g \cdot cm}{m^2 \cdot h \cdot mm Hg}$ gennem indvendig plade	0,14	0,14	1,54	2,00	1,60	1,52	0,18	0,29	

+) incl. isoleringsplader.

som omtales nedenfor, som bevirker, at der er grund til at vente betydelige afvigelser. Også i disse forsøg er der regnet med et effektivt forsøgsareal på $4,00 \text{ m}^2$, selv om den tynde betonplade er erstattet af en noget dårligere varmeledende klinkerbetonplade.

Ved beregning af aflejret is og diffunderet vanddampmængde pr. m^2 væg (linie 15 og 18 i tabellen) er der regnet med et effektivt areal på $3,24 \text{ m}^2$, idet den yderste rand er malet med damptæt maling.

KOMMENTARER TIL DE ENKELTE FORSØG.

Forsøg 1 og 2 er næsten identiske, idet den eneste forskel mellem forsøgselementet i de to tilfælde er, at de fire ventilationshuller mod den kolde kasse er lukkede i forsøg 1, men åbne i forsøg 2. Virkningen heraf måtte på forhånd antages at blive beskeden, hvilket målingerne også har bekræftet. Dels er hullerne små, dels yder glasuldmåttens crepepapir modstand mod luftgennemstrømning.

Forskellen mellem de målte M-værdier kan forklares ved måleusikkerheden, som andrager ca. $\pm 5 \%$.

Torp og Græe ved Norges Landbrugsskole har målt luftstrømningstallet for glasuld til $37 \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{mm VS}}$ (1). Med en temperatur af den kolde plades inderside på $-7,6^\circ \text{C}$ og af den varme plade på $17,5^\circ \text{C}$ bliver der et naturligt drivtryk på $0,12 \text{ mm VS}$ til at cirkulere luften i glasuldmåtten. Dette drivtryk vil dog kun bevirke en opadgående luftstrøm på $0,023 \text{ m}^3/\text{h}$ i den varme halvdel af måtten og en tilsvarende nedadgående luftstrøm i den kolde halvdel. Den med luftstrømmen transporterede varmemængde vil kun forøge varmetabet med ca. $0,5 \%$ og kan således ikke eftervises med den foreliggende målenøjagtighed.

På den kolde betonplades inderside og i glasuldmåttens yderste lag er der i forsøgsperioden aflejret henholdsvis $1,28 \text{ kg}$ og $1,70 \text{ kg}$ rim. For forsøg 1 svarer det til $0,75 \text{ g/m}^2 \text{ døgn } ^\circ\text{C}$ og for forsøg 2 til $0,67 \text{ g/m}^2 \text{ døgn } ^\circ\text{C}$, altså næsten det samme, hvilket var at vente. Da den kolde betonplade var tyk ($7,5 \text{ cm}$) og af meget tæt beton, og da partialtrykforskellen over den er lille, vil den mængde vanddamp, som diffunderer igennem den og ind i den kolde kasse, være forsvindende, således at forsøgselementets netto vægtforøgelse må være lig med den vanddampmængde, som er diffunderet ind i vægelementet fra den varme kasse. Forudsat at forsøgselementets rand har været damptæt afdækket, hvilket har været tilstræbt, skulle forsøgselementets netto vægtforøgelse (linie 12 i tabellen) være lig med vægtformind-

(1) Asbjørn Torp og Trygve Græe: Konveksjonsstrømninger i isolasjonsmaterialer, Bygg 1956, nr. 8.

skelsen af skålene med den mattede kogsaltop-
løsning (linie 13). I forsøg 1, 7 og 8 stem-
mer dette ikke, idet vejningerne her har væ-
ret behæftet med fejl hidrørende fra frik-
tion mellem kæderne, hvori skålene er op-
hængt og gennemføringsbøsningerne i den
varme kasses loft. Årsagen er nedbøjningen
af loftet i kassen, der som nævnt foran i
hovedsagen er opbygget af korkplader og
bløde træfiberplader, som i tidens løb har
sat sig en del. Kassen er fremstillet i 1948.

I tabellens linie 17 er opført damptryk-
forskellen over den indvendige betonplade og
isoleringen. I linie 18 er opført den gennem
den indvendige betonplade diffunderede vand-
dampmængde i $g \cdot cm/m^2 \cdot h \cdot mm \text{ Hg}$. For den
vibrerede jernbetonplade er fundet 0,14 -
0,29. Suenson angiver 0,112 - 0,33 (2).

For klinkerbetonpladen (+ isolering) er fundet 1,52 - 2,00, hvilket er betyde-
lig mindre, end man på forhånd måtte antage. Carl Munters angiver således for
skumbeton 2,7 - 6,3 (2).

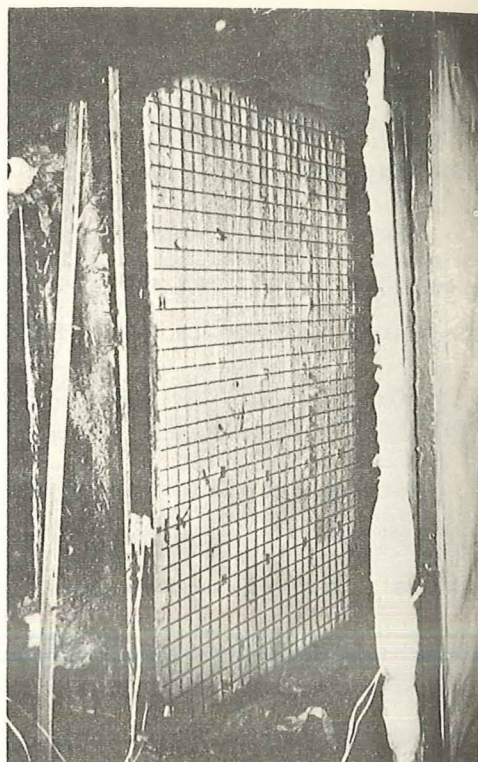
I forsøg 3 - 6 er den 2,5 cm tykke vibrerede betonplade erstattet af en 5 cm
tyk klinkerbetonplade uden puds. Formålet hermed var at få så "utæt" en indvendig
beklædning som tænkelig i praksis for derved at se, hvor meget is der i ekstreme
tilfælde kan accumuleres i en væg.

I forsøg 3 viser det sig da også, at rimdannelsen bliver 5 å 6 gange så stor
som i forsøg 1 og 2 eller $4,00 \frac{g}{m^2 \text{ døgn } ^\circ C}$ (se foto).

Den målte M-værdi er 17 % mindre end den beregnede, hvilket antagelig skyl-
des, at varm luft strømmer ind gennem den øverste halvdel af klinkerbetonpladen
og ind i glasuldmåtten (crepepapir er ikke særligt lufttæt), hvor den afkøles og
synker ned og strømmer tilbage til den varme kasse gennem den nederste halvdel af
klinkerbetonpladen.

I forsøg 4 benyttedes også klinkerbetonpladen, men for om muligt at forøge
ventilationen til den kolde kasse, holdtes der en 1 cm bred luftspalte mellem be-

(2) Se tabellen i afsnit A, pag. 5.27.



tonpladen og glasuldmatten. Forsøget viste imidlertid, at rimaflejringen blev større i stedet for mindre, $4,05 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ døgn } ^\circ\text{C}}$, idet såvel hele den øverste halvdel af luftspalten som de øverste ventilationshuller fyldtes med løs rim.

Forklaringen herpå er uden tvivl, at den ovenfor omtalte luftstrømning gennem klinkerbetonpladen forøges, idet luften nu synker ned gennem spalten, hvor modstanden er mindre end i glasuldmatten. På sin vej ned gennem spalten aflejrer luften rim, efterhånden som den afkøles. Denne teori stemmer overens med, at de målte M-værdier i forsøgsperiodens delperioder er jævnt voksende, efterhånden som luftspalten sættes til med rim og i middel er M lidt større end i forsøg 3.

For at få denne teori nærmere bekræftet blev forsøg 5 udført, hvor klinkerbetonpladens varme side er forsynet med et lag maskinpapir, der er tæt overfor luftgennemstrømning, men ikke for vanddampdiffusion. Såfremt teorien er rigtig, måtte det forventes, dels at rimmængden blev mindre, dels at M blev større og ikke ændrede sig under forsøget. Begge dele skete, og teorien blev således bekræftet.

I forsøg 6 blev der yderligere indlagt et lag maskinpapir mellem glasuldmatten og klinkerbetonpladen. Herved ændredes som ventet M-værdien ikke, men der skete en mindre nedsættelse af rimdannelsen.

Forsøg 7 svarer til forsøg 1 med den forskel, at glasuldmatten er erstattet af 3,5 cm tykke karbamidskumplader. Den målte M-værdi afviger kun 1 % fra den beregnede.

Forsøg 8 svarer til forsøg 2 med den forskel, at der mellem den kolde betonplade og glasuldmatten er en 1 cm bred luftspalte. Luftspalten kunne formodes at blive ventileret med kold luft, som vil strømme ind gennem de to nederste ventilationshuller og blive opvarmet i luftspalten og strømme ud igen i den kolde kasse gennem de to øverste huller efter at have optaget nogen vanddamp, således at rimdannelsen skulle blive mindre sammenlignet med forsøg 1 og 2. Opvarmningen og dermed udtørringen kan dog kun blive ubetydelig, idet indersiden af den kolde betonplade kun er ca. $0,8^\circ \text{C}$ varmere end luften i den kolde kasse. Den aflejrede rimmængde er imidlertid målt at være ca. 40 % større end i forsøg 1 og 2. Dette kan næppe have været tilfældet, men må skyldes en regulær fejl ved vejningen af den kolde betonplade.

Den målte M-værdi afviger kun 3 % fra den beregnede.

KONKLUSION.

Da de udførte forsøg er få og i høj grad har haft præg af sonderinger, er det meget begrænset, hvilke konklusioner der kan drages heraf. Formentlig vil det dog være tilladeligt at hævde følgende:

1. For sandwichvægelementer, hvor de ydre begrænsningsflader er lufttætte, stemmer de efter D.I.F.s regler beregnede k -værdier nogenlunde overens med de målte.

2. For sandwichvægelementer, hvor den ydre plade er tæt, kan den på yderpladens inderside aflejrede rimmængde (eventuelt kondensvand) blive så stor, selv om den indvendige plade er fremstillet af tæt beton, at der bør etableres drænhuller til bortledning af smeltevandet.

3. For sandwichvægelementer med en tæt ydre plade, vil få og små ventilationshuller ikke nedsætte fugtaflejringer mærkbart, når der kun er tale om termisk betingede luftstrømninger igennem en eventuel luftspalte. Hvorvidt vinden vil have en mærkbar indflydelse er ikke undersøgt.

4. For sandwichvægelementer kan en luftspalte mellem den tætte udvendige plade og isoleringslaget og drænhuller muligvis udelades, når isolationsmaterialet er i stand til uden væsentlig forringelse af λ -værdien at opsuge den gennem den indre plade i vinterhalvåret diffunderede vanddamp, idet udtørring vil finde sted i sommerhalvåret.

FREMTIDIGE FORSØG.

Med den foreliggende rapport betragtes udvalgets forsøgsarbejde som afsluttet. I udvalget var der imidlertid enighed om, at en fortsættelse og eventuel udvidelse af de her påbegyndte forsøg i høj grad ville være ønskelig, såfremt der skulle vise sig mulighed herfor. Udvalget har derfor stillet et beløb til rådighed hertil. En sådan mulighed synes nu at foreligge, idet der også fra andre sider er stillet midler til rådighed til opbygning af et laboratorium med det nødvendige apparatur til afprøvning af vægelementer m.v. overfor klimapåvirkninger.

UDVALGETS KOMMENTAR TIL FORSØGSRAPPORTEN.

De undersøgte facadeelementer er blevet udsat for extreme påvirkninger i perioder på 17 til 31 døgn, hvilket vel så nogenlunde svarer til, hvad der her i landet vil kunne forekomme i en vinterperiode.

Det vil derfor være rimeligt at antage, at de ved forsøgene dannede ismængder overstiger, hvad man i konstruktioner af de undersøgte typer maksimalt vil komme ud for.

Ud fra dette kendskab kan det være ganske interessant at udføre nogle ganske grove beregninger til nærmere belysning af hvilke krav en pludselig optøning stiller til konstruktionen samt af mulighederne for tilstrækkelig ventilation af facadeelementerne. Dette kan f. eks. gøres som vist i det følgende:

FORHOLD VED AFSMELTNING.

Hvilke vandmængder skal drænhullerne kunne borttransportere under forudsætning af solbestråling på en sydvendt facade, efter at denne igennem længere tid har været udsat for påvirkninger svarende til forsøget ?

Ifølge P. W. Marke: "Strålingsforhold i det fri", Ingeniøren, 14. november 1953, kan solvarmen på en lodret sydvendt flade sættes til ca. $320 \text{ cal/m}^2 \cdot \text{h}$. Idet isens smeltevarme er 80 cal/kg , vil et lag af is på 1 kg/m^2 i hvert fald ikke kunne smelte hurtigere end på $60 \cdot \frac{80}{320} = 15$ minutter.

Dette svarer - med 3 m's etagehøjde - til en afsmeltningsintensitet på 0,2 l vand/minut pr. m af facaden.

Ved forsøgene aflejredes 0,5 á 2,0 kg is pr. m^2 , hvilket - med ovennævnte grove beregningsmåde - vil sige at afsmeltningen ville kunne ske i løbet af fra 7,5 til 30 minutter.

Det synes altså ikke at være helt små vandmængder, der kan blive tale om, og det må være af betydning, at drænhullerne får en sådan udformning og placering, at de kan transportere vandet så hurtigt bort samt, at de ikke forbliver tilfrosne længere end hulrummet, da dette vil medføre opstuvning i det indre af elementet.

VENTILATIONSÅBNINGER.

Hvor meget skal ventilationsåbningerne - der ved forsøgene var uden virkning - forøges, for at man kan vente, at den termiske cirkulation gennem disse kan holde konstruktionen tør ?

Har yderluften en temperatur på -10°C og en relativ fugtighed $\varphi = 90\%$ svarende til $1,93\text{ g vanddamp/m}^3$, da vil den, efter at være kommet ind i hulrummet og være blevet opvarmet til ca -8°C ved fuld mætning indeholde $2,54\text{ g vand pr. m}^3$, altså have optaget $0,61\text{ g/m}^3$.

For at fjerne $1\text{ g vand pr. m}^2\text{ pr. time}$ kræves der altså et luftskifte på $\frac{1}{0,61} = 1,64\text{ m}^3/\text{m}^2\text{ pr. time}$. Dette svarer for et 3 m højt element med 1 cm luftspalte bag forpladen samt med 1 cm brede, gennemgående ventilationsåbninger foroven og forneden til en strømningshastighed i spalten på $\frac{3 \cdot 1,64}{0,01 \cdot 3600} = 0,14\text{ m/sec}$.

I forsøgene kondenseredes $1\text{ á }5\text{ g vand pr. m}^2\text{ pr. time}$, hvilket med spalter som ovenfor nævnt ville kræve en strømningshastighed på fra $0,14$ til $0,7\text{ m/sec}$ i spalterne.

Den termiske opdrift - der under ovennævnte forudsætninger er ca. $0,03\text{ kg/m}^3$ svarende til $0,1\text{ mm VS}$ på 3 m 's højde - vil muligvis kunne give en strømningshastighed af omtrent denne størrelsesorden.

Disse betragtninger kan dog ikke gøre krav på nogen særlig nøjagtighed og om forudsætningerne gælder det samme. Det er således uvist, i hvilken grad den cirkulerende luft blot vil forårsage, at der transporteres fugtighed fra isoleringen i den nederste del af elementet til isdannelse på indersiden af den kolde yderplade i den øverste del af elementet, hvorved der kan være fare for at cirkulationen efterhånden stoppes.

De her nævnte vigtige problemer med hensyn til afsmeltning og ventilation anser udvalget for at være egnede til nærmere belysning gennem fremtidige forsøgsrækker.

PLANLAGTE PUBLIKATIONER
I MONTAGEBYGGERI-SERIEN

omhandler følgende emner:

- Udvalg 1. *Montagebyggeriet idag. (Publ. nr. 9).*
- Udvalg 2. *Kuldebroer. (Publ. nr. 2).*
Fugttransport i ydervægge. (Publ. nr. 7).
*Facadeelementers rationelle opbygning og
virkemåde. (Publ. nr. 8).*
(Publ. nr. 8 inkluderer publ. nr. 2, 7 og tillæg 8A).
- Udvalg 3. *Skiver opbygget af elementer. (Publ. nr. 1).*
*Bæreevne af tværbelastede,
indstøbte bolte.*
*Koncentrerede belastninger på
bjælker. (Publ. nr. 5).*
- Udvalg 4. *Fuger. (Publ. nr. 4).*
*Samling af elementer,
specielt betonelementer.*
Byggeriets nøjagtighed. (Publ. nr. 6).
*Statistik, målinger fra praksis,
betonelementer, forme, råbygningen.*
Rørarbejdets rationalisering. (Publ. nr. 10).
El-installationer. (Publ. nr. 11).
Modulordningen. (Publ. nr. 3).