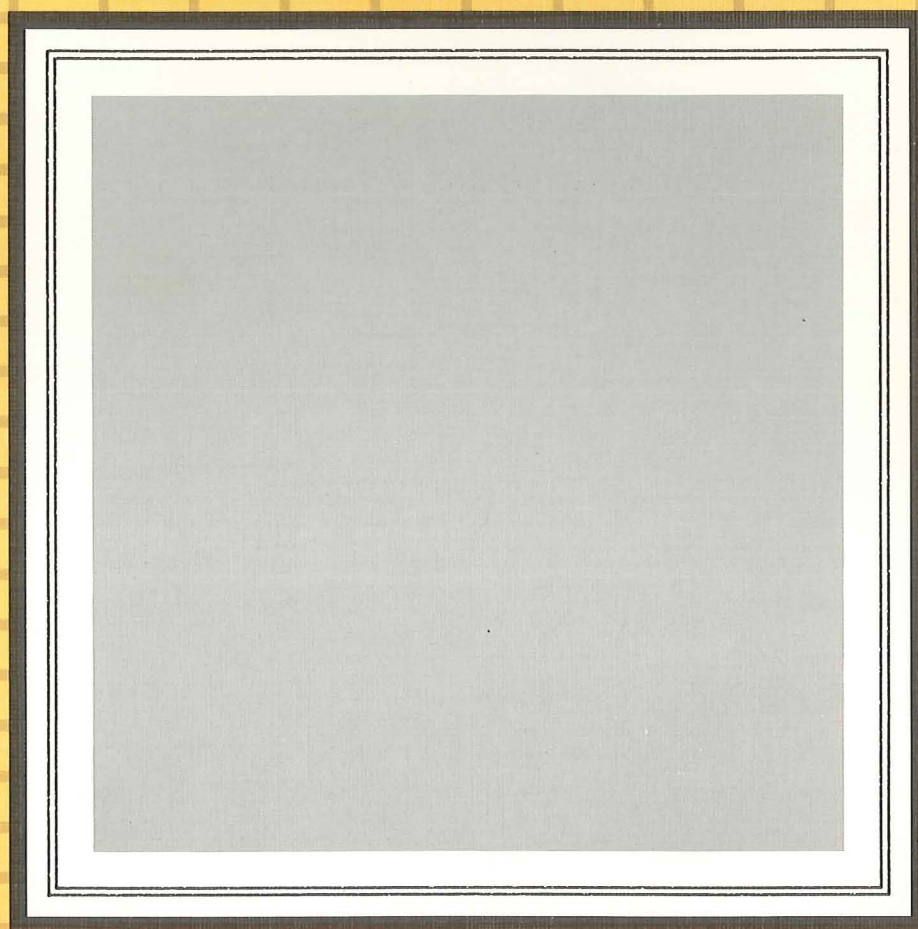


SBI - publik.

1-trinsfuger og 2-lagsfuger omkring trævinduer i teglstensmure



SBI-RAPPORT 209 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1990



SBI - publ.

1-trinsfuger og 2-lagsfuger omkring trævinduer i teglstensmure

ALICE KJÆR

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
8.7.90

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

EX. B
31 JULI 1992

000 76 P



SBI-RAPPORT 209 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1990

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

EX-3
08 MAJ 1990

SBI-rapporter er beretninger om afsluttede forskningsprojekter og afsluttede faser i fasedelte projekter samt beretninger fra visse konferencer og symposier.

SBI-publikationer. Statens Byggeforskningsinstituts publikationer findes i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning, Landbrugsbyggeri og Beton. Salg sker gennem boghandelen eller direkte fra SBI. Instituttets årsberetning og publikationsliste er gratis og kan rekvireres fra SBI.

SBI-abonnement. Instituttets publikationer kan også fås ved at tegne et abonnement. Det sikrer samtidig løbende orientering om alle nye udgivelser. Information om abonnementernes omfang og vilkår fås hos SBI.

Indhold

	side
Forord	5
Baggrund og formål	6
Sammenfatning og konklusion	8
Valg af fugeløsninger	11
Valg af fugematerialer	12
Laboratorieopstilling	16
Fremgangsmåde ved forsøgene	19
Udførte forsøg	20
Resultater: Fugtmålinger i mineraluld	24
1-trinsfuge	24
2-lagsfuge	25
Resultater: Fugtmålinger i karmtræ	28
Summary and Conclusion	30
Litteratur	33
Bilag 1: EDB-beregnete forsøgsresultater	34
Bilag 2: Principper for samlinger mellem komponenter i facader	43

ISBN 87-563-0758-6.

ISSN 0573-9985.

Pris: Kr. 94,25 inkl. 22 pct. moms.

Oplag: 800.

Tryk: Bjørvig Offset, Hvidovre.

Renskrivning: Mona L. Jantzen.

Tegning: Børge Holmen.

Omslag: Henning Holmsted.

Statens Byggeforskningsinstitut:

Postboks 119, 2970 Hørsholm. Telefon 42865533.

Eftertryk i uddrag er tilladt, men kun med kildeangivelsen:

SBI-rapport 209: 1-trinsfuger og 2-lagsfuger omkring trævinduer i teglstensmure. 1990.

Forord

Regntæthed af fuger imellem ydervægskomponenter har altid været genstand for stor opmærksomhed, da svigt på dette område gennem årene har givet anledning til betydelige udbedringsomkostninger og store gener for beboerne. Derfor har SBI også publiceret adskillige anvisninger og rapporter, hvor disse problemer er belyst, og der er givet forslag til velfungerende fugeløsninger.

I denne forbindelse har SBI klart fremhævet de såkaldte 2-trinsfuger som den teoretisk set bedste løsning og som den fuge, der var mindst kritisk med hensyn til arbejdsudførelsen. SBI har imidlertid også erkendt, at de såkaldte 1-trinsfuger samt 2-lagsfuger burde kunne anvendes, såfremt fugeudformningen var korrekt, fugematerialet af god kvalitet (også god ældningsbestandighed) og arbejdsudførelsen i orden.

Især i teglstensmure synes de to sidstnævnte fugetyper at kunne anvendes med godt resultat, da mindre vandlækager burde kunne opsuges kapillært og fjernes i murværket, uden at vand trænger igennem til fugens inderside, og uden at trækarme opfugtes i utilladelig grad.

Hvorvidt dette synspunkt er korrekt er søgt vurderet i en forsøgsrække i SBI's slagregnsprøvestand med henblik på at skaffe det fornødne grundlag for en opdatering af SBI's informationsmateriale på fugeområdet.

Forsøgsprogrammet er opstillet i samarbejde mellem Fugebranchens Oplysningsråd (FSO) samt SBI. Projektet har også modtaget økonomisk støtte af FSO.

Statens Byggeforskningsinstitut

Afdelingen for bygningsfysik, marts 1990

Georg Christensen

 Baggrund og formål

SBI har tidligere gennemført en række undersøgelser af regntæthed af fugen imellem en teglstensvæg og et trævindue. Disse undersøgelser er beskrevet i SBI-rapport 151: "Laboratorieforsøg med samlinger mellem vinduer og højisolerede hulmure", [1].

Heri indgik først og fremmest forskellige typer 2-trinsfuger, medens 1-trinsfuger samt 2-lagsfuger omkring trævinduer ikke blev afprøvet og vurderet - 2-lagsfuger er en speciel udformning af en 1-trinsfuge, hvor der er anbragt fugemasse også ved væggens inderside. I rapporten er der ud fra teoretiske synspunkter givet udtryk for betænkelighed ved funktionen hos 1-trinsfuger.

Lang erfaring og talrige forsøg har vist, at 2-trinsfugen er den absolut mest sikre, fordi den adskiller de 2 funktioner: tæthed mod regn og tæthed mod luft. En beskadigelse af fugens yderste del vil ikke have nogen indflydelse på fugens funktion.

En mere detaljeret forklaring af principperne for udformning af facadefuger er angivet i bilag 2.

Efter publicering af SBI-rapport 151 har Fugebranchens Samarbejds- og Oplysningsråd (FSO) bedt SBI gennemføre en ny serie undersøgelser, fordi det i nogle tilfælde - især ved renovering - kan være umuligt at anvende 2-trinsfuger. I disse undersøgelser skulle indgå 1-trinsfuger og 2-lagsfuger med henblik på at få bekræftet eller afkræftet de teoretisk betingede betæneligheder ved disse fugetyper. Dette er en opgave, som SBI igennem nogen tid havde haft planer om at iværksætte, hvorfor det blev anset for belejligt, at branchen ytrede interesse for et sådant projekt.

I et samarbejde med branchen blev det formuleret, at formålet med laboratorieundersøgelserne skulle være at undersøge vind- og regntæthed af 1-trinsfuger og 2-lagsfuger, hvor de uundgåelige fugeslip ved karm- og murværk skulle simuleres med henblik på vurdering af mulige konsekvenser.

Undersøgelsen skulle belyse, hvor meget vand der under givne omstændigheder kan trænge ind i fugerne, og hvor hurtigt eventuelt indtrængende vand, bl.a. på grund af murværkets kapillarsugende evne, forsvinder under givne forsøgsomstændigheder. Det skal bemærkes, at de træfugtigheder, som blev målt i karmtræet i undersøgelsen, ikke svarer til de træfugtigheder, der vil opstå ved langtidspåvirkning fra det virkelige klima med mange langvarige og kraftige regnperioder. Her henvises der til SBI-rapport 176: "Laboratorieforsøg med fuger omkring trævinduer", [5]. De i nærværende rapport angivne fugtmålinger i henholdsvis fugestopningsmateriale og trækarme kan derfor kun anvendes som en indikation af om - og i hvilke mængder - slagregn vil trænge ind i fugerne i praksis.

 Sammenfatning og konklusion

Udover at rapportere en selvstændig forsøgsrække, skal denne rapport ses som en fortsættelse af SBI-rapport 151: "Laboratorieforsøg med samlinger mellem vinduer og højisolerede hulmure". Undersøgelse af tæthed mod regn og vind.

Forsøgene skulle bedømme 3 forhold:

- Fugens evne til at klare regnpåvirkning, dels ud fra hvor meget vand der blev optaget i isoleringsmaterialet,
- og dels ud fra hvor hurtigt det forsvandt igen.
- Fugtindhold i karmtræet.

Opstilling og fremgangsmåde

I laboratoriet blev der opbygget en teglmur med dimensionerne 30M x 30M, med et vindueshul på 12M x 12M, hvori der blev indsat et vakuumimprægneret trævindue 1/4 sten bag facadeplan. Under vinduet blev der anbragt en skifersålbænk.

Der blev udført ialt 16 regntæthedsforsøg. De 14 med 1-trinsfuge og de 2 med 2-lagsfuge.

Efterhånden som forsøgsrækken skred frem, blev fugetætningen gjort mere og mere utæt fra almindeligt fugeslip til huller og revner fikseret op til 2 mm åbning mod regnsiden.

2-lagsfugen blev afprøvet som de 2 sidste i forsøgsrækken. Den omstændighed gjorde, at fugen var udsat for forsøgenes mest ekstreme påvirkninger. Man udskiftede nemlig ikke den udvendige fuge. Den forblev beskadiget (slip og revner) på det niveau, som i det sidste forsøg i rækken med 1-trinsfugen (nr.14) (se side 23). Under forsøgene var 2-lagsfugens inderste lag, i fugens bund ind mod rumsiden, helt tæt.

Den samme omstændighed gjorde også, at målingerne af fugtindholdet i karmtræet blev foretaget på det tidspunkt, hvor vinduet var mest fugtigt, som følge af de tidligere gennemførte forsøg.

Igennem hele forsøgsrækken blev der anvendt en polyurethanfugemasse på grund af dennes velegnethed til at simulere beskadigelser på.

Resultater vedrørende 1-trinsfuger

De foreliggende forsøgsresultater viser:

1. Når fugemassen blot har sluppet vedhæftningen til en fugeflade (fugeslip), enten mur eller karmtræ, uden at der findes egentlige revner eller huller i fugemassen, har det ikke været muligt at konstatere nogen væsentlig vandindtrængning i fugen. Dette uanset om det drejede sig om en lodret eller vandret fuge og uanset længde af fugeslip.
2. Hvor der tillige sættes kiler i fugeslipet, for at fiksere det som egentlige revner, ophobes vand i isoleringsmaterialet (mineralulden). Går revnen helt igennem fugen, det vil sige både gennem fugemasse og mineraluld, trænger der vand ind til den indvendige side, og der ophobes mindre mængder i isoleringsmaterialet. Der trænger mere vand ind i vandrette fuger end i lodrette.
3. Murværkets kapillarsugende evne får i løbet af få dage efter eksponering fugtindholdet i mineralulden ned på et acceptabelt niveau. Fugten forsvinder hurtigere, hvis revnen er gennemgående til indvendig side. Dette er dog af andre grunde ikke ønskeligt.

Resultater vedrørende 2-lagsfuger

De foreliggende forsøgsresultater viser:

1. Det indtrængende vand i isoleringsmaterialet ophober sig lettere end ved 1-trinsfuger, og det har vanskeligere ved at forsvinde igen.
2. Bruges et isoleringsmateriale der ikke er i stand til at opsuge så meget vand, fjernes vandet hurtigere fra fugen. Uanset type af mineraluld er vandet i det store hele væk efter 6 dage uden vandpåvirkning.

3. Der er målt stort fugtindhold i karmtræet helt op til 22% (til sammenligning kan nævnes, at hvor 1-trinsfugen var benyttet, var det højst målte fugtindhold 12%). De høje fugtigheder blev alle målt på karmtræets udvendige side.

Forsøgene har ikke styrket den generelle antagelse, at det kunne være risikabelt at anvende 1-trinsfuger og 2-lagsfuger omkring døre og vinduer i muret byggeri opført af teglsten.

Det synes sandsynligt, at begge fugetyper kan anvendes uden risiko for skadelig vandindtrængning og råd af karmtræ ved vinduesudskiftninger i ældre byggeri og ved indsætning af døre og vinduer i nyt byggeri.

Skønt der blev konstateret relative høje fugtindhold i 2-lagsfugens karmtræ, er det sjældent i praksis, at der optræder rådkader på sådanne trækarme i teglydervægge. Det skyldes sandsynligvis, at der normalt, uanset valg af fugetype, benyttes vakuumimprægneret træ.

For både 1-trinsfuger og 2-lagsfuger anbefales det derfor at anvende vakuumimprægneret karmtræ.

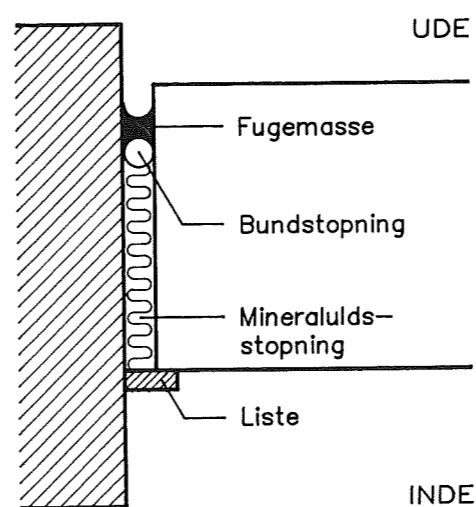
Det skal til slut betones, at resultater og konklusioner af denne undersøgelse kun refererer til ydervægge af teglsten, som har specielle kapillarsugende egenskaber. Resultater og konklusioner kan derfor ikke overføres til ydervægge af andre materialer som for eksempel beton.

Valg af fugeløsninger

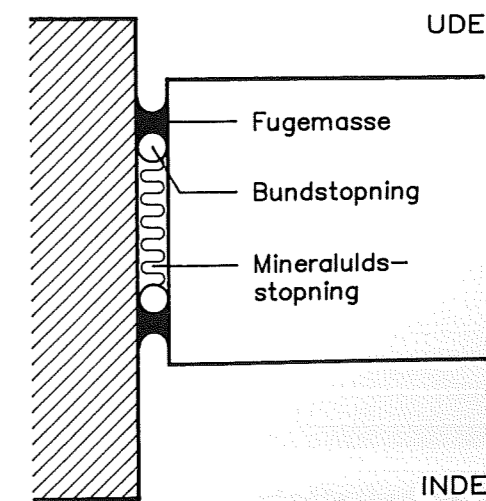
Det er tidligere fra SBI's side fremført, at 1-trins eller 1-trinslignende fugeløsninger med fugemasse så vidt muligt burde undgås. Erfaringer fra muret teglbyggeri igennem flere år har dog ikke vist fugtskader, hvor 1-trinsfuger har været anvendt omkring døre og vinduer.

Det blev derfor besluttet at undersøge fugeløsninger omkring et vindue indsat i teglstensmur med to forskellige fugeløsninger, som er meget brugt i praksis. Den ene (se figur 1) er en traditionel 1-trinsfuge. I den anden fugeløsning er den indvendige liste erstattet med en fugemasse, hvorved der opnås en 2-lagstætning, den såkaldte 2-lagsfuge, se figur 2.

Undersøgelsen skulle vise, om der trængte vand ind i eller igennem disse fuger, når de blev påvirket med slagregn, samtidig med at fugemassen i den yderste del af fugen blev udsat for beskadigelser i stigende grad. I denne forbindelse gik de simulerede beskadigelser fra mindre fugeslip over flænger og revner til egentlige huller i fugematerialet.



Figur 1. 1-trinsfuge



Figur 2. 2-lagsfuge.

Valg af fugematerialer

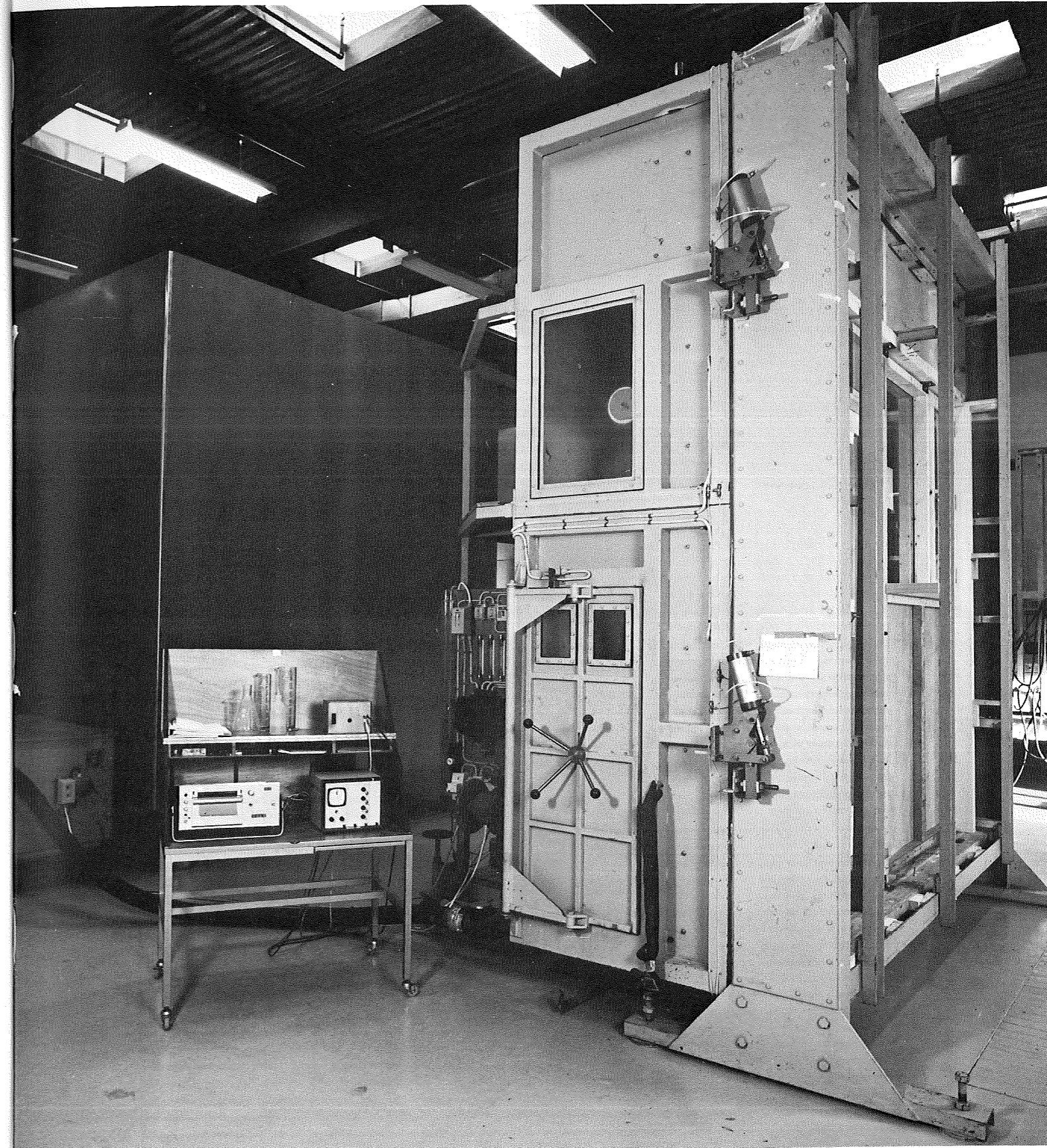
Efter samråd med FSO blev der til hele forsøgsrækken valgt en elastisk polyurethanfugemasse, som gav mulighed for at simulere forholdsvis veldefinerede beskadigelser af fugematerialet.

Det blev overvejet også at anvende en fugemasse af Syntomeric-typen, men dette blev dog opgivet, da det ikke er muligt at skabe en veldefineret beskadigelse (revne) i dette materiale, fordi det i høj grad har plastiske egenskaber. Anvendelse af en sådan fugemasse ville under de givne forsøgsomstændigheder ikke antages at kunne føre til relevante resultater.

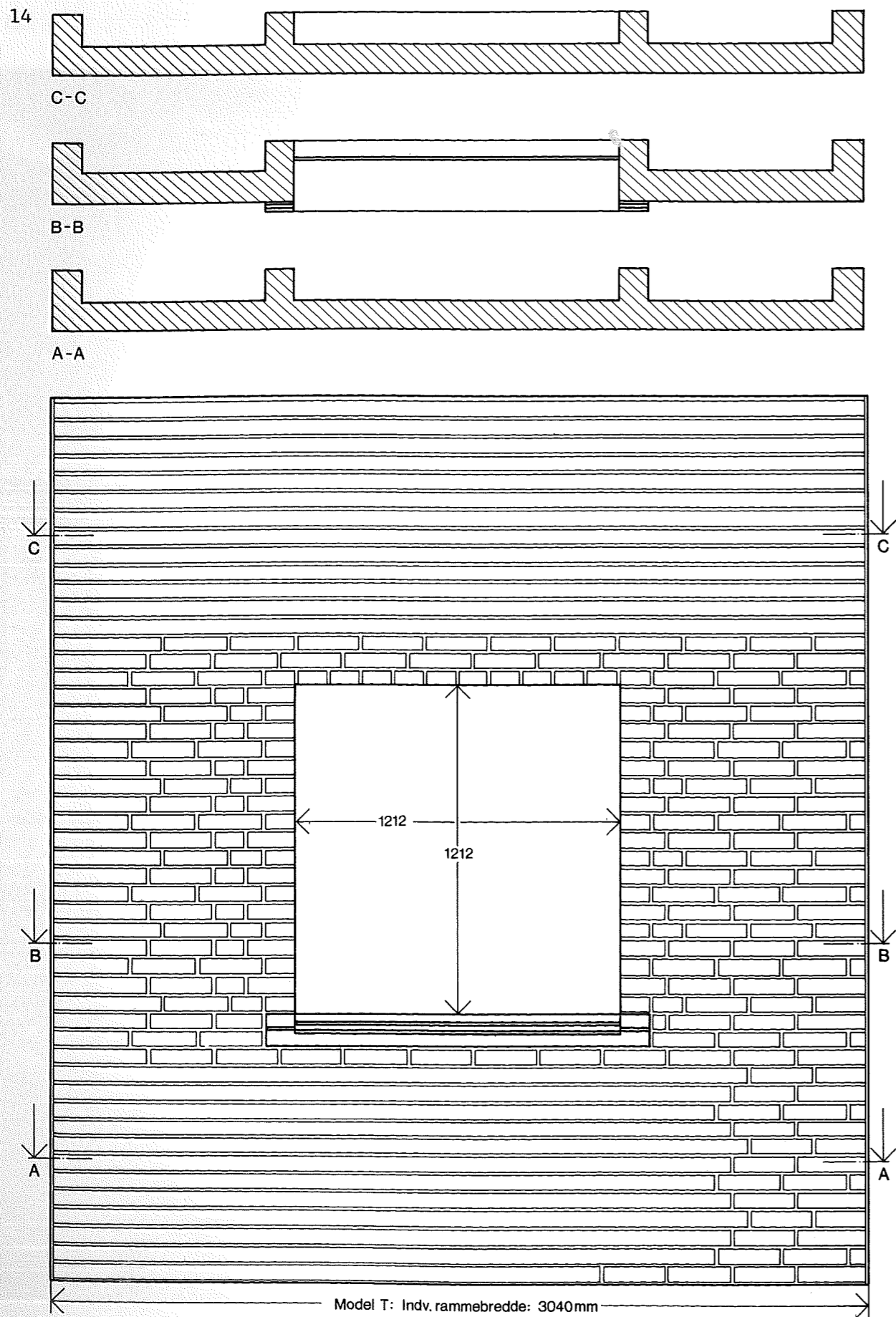
Ved 2-lagsfugen, hvor det indvendige fugemasselag ikke skulle slippe fugeladerne, blev der ligeledes anvendt en elastisk polyurethanfugemasse.

Ved alle forsøg med 1-trinsfugen blev der stoppet med mineraluld (rumvægt 200 kg/m^3), og en træliste, som ikke kunne forventes at give lufttæthed, blev fastgjort indvendig.

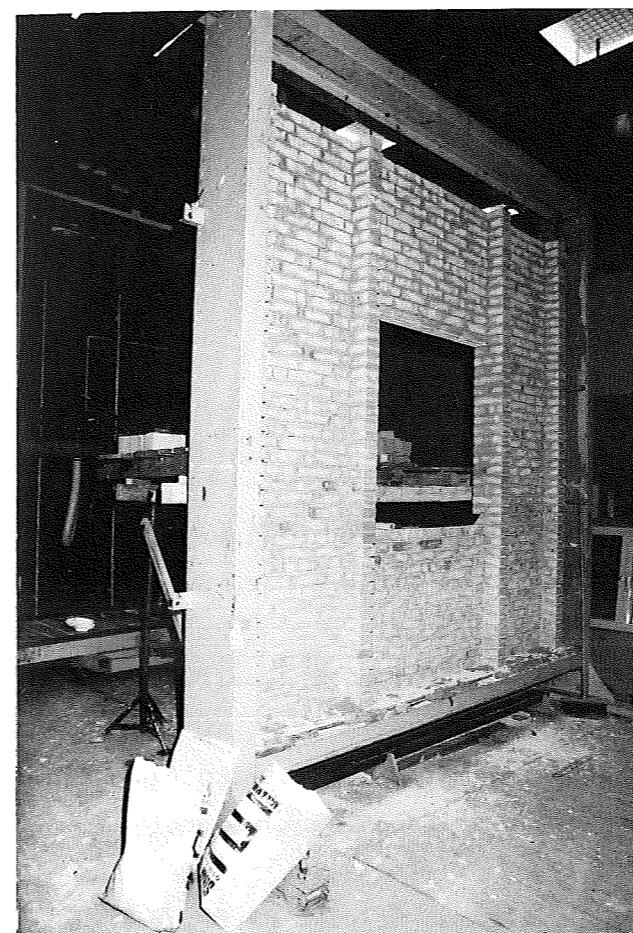
Ved de to forsøg der blev udført med 2-lagsfugen, blev der stoppet med to forskellige typer mineraluld.



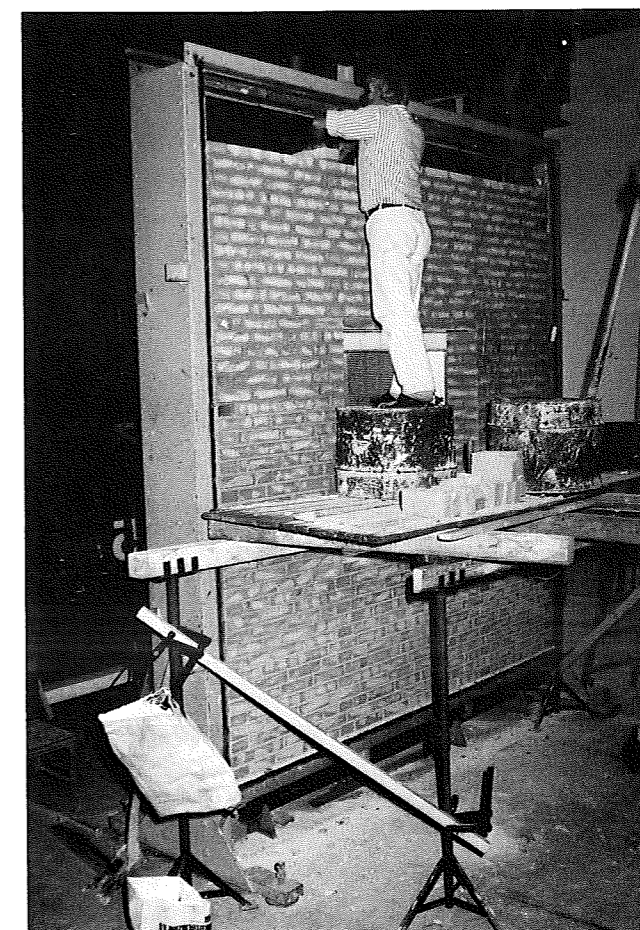
Figur 3. SBI-forsøgsapparatet anvendt til prøvning af vindtæthed og slagregntæthed af ydervægge, vinduer og døre.



Figur 4. Opstalt af teglstensmur benyttet til samtlige slagregnsforsøg.
Mål 1:20.



Figur 5. Inderside af teglstensmur under opbygning.



Figur 6. Yderside af teglstensmur under opbygning.



Figur 7. Muren omkring vinduet blev på den udvendige side afdækket med fast-tapet plastfolie inden forsøgene.

 Laboratorieopstilling

Til forsøgene blev anvendt SBI-slagregnsapparat, som er vist på figur 3. I forsøgsrammen, som anvendes til indbygning af de ydervægselementer, der skal påvirkes af slagregn, blev der opbygget en teglstensmur 30M x 30M med et vindueshul på 12M x 12M. Der blev anvendt almindelige teglsten i normalformat og fuget med en kalkcementmørtel.

Teglstensmuren bestod af en 108 mm (1/2 sten) tyk mur med forstærkningsribber, hvor der i vinduesfalsen blev indbygget en skifersålbænk. Opstalt samt vandrette snit er vist i figur 4.

Muren under opbygning i prøvningsapparatets stålramme er vist på figur 5 og 6.

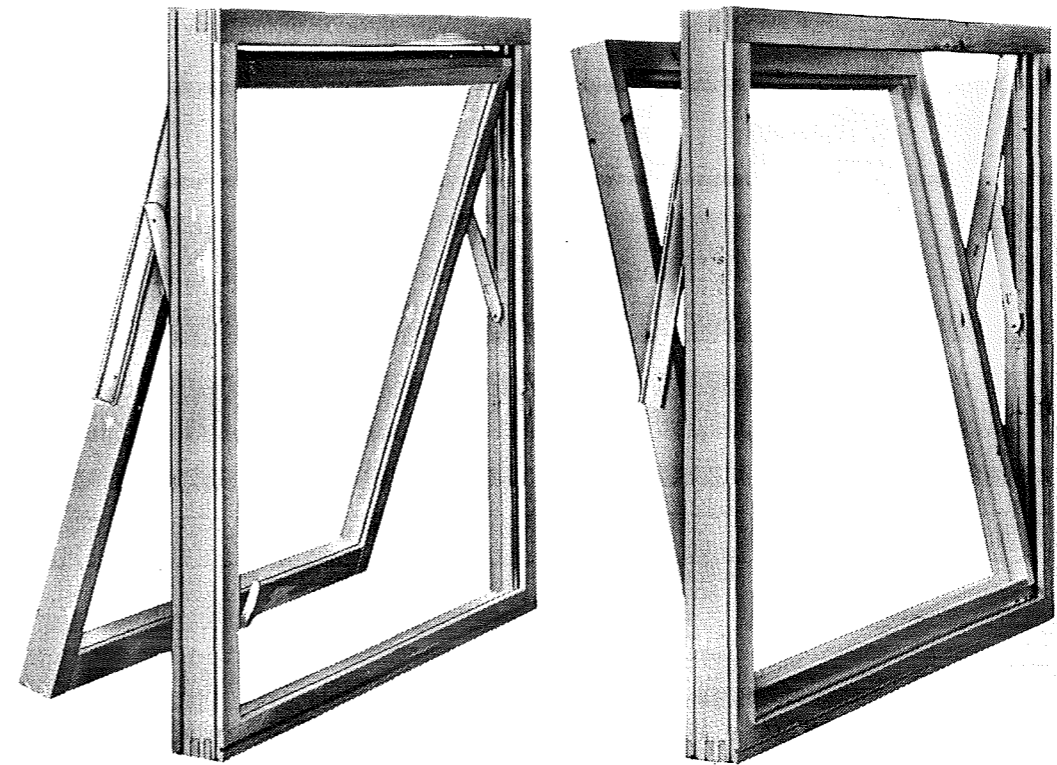
Det malede trævindue blev placeret 1/4 sten tilbage trukket fra facadeplanet.

For at undgå indflydelse af luftlækager i selve muren blev denne under forsøgene afdækket med en 0,15 mm plastfolie på den udvendige side. Folien blev tapet fast til muren nær fugen som vist på figur 7.

Det anvendte trævindue med tophængt vinduesramme forsynet med en 2-lags isoleringsrude er vist på figur 8. Vinduet var DVK-mærket (Dansk Vindues Kontrol), hvilket bl.a. medfører, at trækarm og vinduesramme er vakuumimpregneret. Det har dimensionerne 12M x 12M. Figur 9 viser vinduet indbygget i forsøgsvæggen.

Et vindue af lignende type er tidligere blevet afprøvet af SBI og blev med hensyn til lufttæthed klassificeret som udmærket, mens det med hensyn til slagregntæthed blev klassificeret som godt. Vinduet ansås derfor velegnet til undersøgelsen, da det næppe i sig selv ville indvirke på forsøgsresultaterne.

Den færdige mur med vindue set indefra er vist på figur 10, og detaljer ved skifersålbænk ses på figur 11.



Figur 8. Det anvendte vindue.



Figur 9. Vindue indbygget i forsøgsvæg.



Figur 10. Mur med vindue set indefra. Stålprofilen langs vinduet er anbragt for at forhindre, at væggen vælter som følge af vindtryk.



Figur 11. Detalje ved skifersålbænk, der viser korrekt indbygning i omgivende murværk.

 Fremgangsmåde ved forsøgene

Ved forsøgene blev den udvendige fugetætning med eller uden fugeslip, revner, huller el. lign. påført slagregn som beskrevet i SBI-ydeevnebeskrivelse 2: "Vinduer", [2]. Denne fremgangsmåde er mere detaljeret beskrevet i SBI-notat 26, [3].

Vinduet og fugen omkring dette udsættes for en påvirkning af såvel slagregn som nedsilende vand. Slagregnen er pr. time 8 l/m^2 og den silende regn, som tilføres på væggen øverst er pr. time $100 \text{ l/pr. løbende meter}$. Der anvendes pulserende tryk, som giver 3 sekunders vindstød hvert 6. sekund. Der begyndes uden luftovertryk i 10 minutter, derefter forhøjes lufttrykket trinvis til hhv. 200 Pa, 300 Pa, 500 Pa og 700 Pa. Hvert tryk holdes i 10 min. På grund af pulsationerne svinger trykket i forsøgsapparatet imellem 0 og de angivne overtryk.

Efter nogle timers forløb foretages en ny regneksponeering. Denne gang eksponeres der i en time med samme vandmængder som sidst, men med et pulserende overtryk på 700 Pa i hele tidsrummet.

Det blev ved visuel inspektion konstateret, at vandet fordelte sig jævnt over væggen, og at der blev dannet en vandfilm over alle fuger.

Umiddelbart efter forsøget blev der udtaget prøver af mineraluldsmaterialet henholdsvis ved hjørner og midt på fugerne.

Prøverne blev anbragt i glas, tørret i varmeskab ved $110 \text{ }^\circ\text{C}$, vejret, og vandindholdet beregnet i procent i mineraluldens tørvægt. Indeholdt prøverne større vandmængder, blev nye prøver udtaget dagen efter og vandindholdet beregnet for at vurdere den hastighed, hvormed vandet forsvinder fra fugerne.

Var vandindholdet i prøverne stadig ikke reduceret væsentligt, blev prøveudtagningen gentaget den næste dag, hvorefter vandindholdet igen blev beregnet.

 Udførte forsøg

Der blev ialt udført 16 forsøg. Forsøgsomstændighederne er angivet i omstående tabel 1. Der er her angivet, om der er fugeslip, og hvor lange disse er. Endvidere er det angivet hvilke revner, der er fikseret i en given størrelse ved hjælp af kiler af fyrretræ. De havde en længde på 80 mm, en bredde på 40 mm, og tykkelsen gik fra 0 til 5 mm i kilerens længderetning. (Se i øvrigt foto, figur 16).

Efter det tredje forsøg væltede muren ved et uheld på grund af et utilsigtet overtryk i slagregnskassen, og en ny blev bygget op, hvorefter forsøgs-serien blev startet forfra.

Ved forsøgene blev skaderne (fugeslip, revner) i fugerne stadig øget. Skader, der allerede var påført fugemassen, blev således aldrig søgt udbedret. For den lodrette fuges vedkommende blev fugeslippene etableret mellem fugemasse og mur, og i fugen over vinduet mellem fugemasse og karm. På figur 12 er vist, hvordan kilerne er anbragt i fugerne ved forsøg 11. På figur 13 ses et nærbillede af fuge over vindue med kiler isat.

Fra forsøg 13 blev der tillige skåret huller i fugemassen ud for de allerede eksisterende fugeslip. Dette ses på figur 14 (den lodrette fuge) og figur 15 (det nederste hjørne). På figur 16 ses en kile anbragt i et fugeslip, hvor der i umiddelbar nærhed er skåret hul, som det er tilfældet ved de sidste tre forsøg, forsøg 14-16.



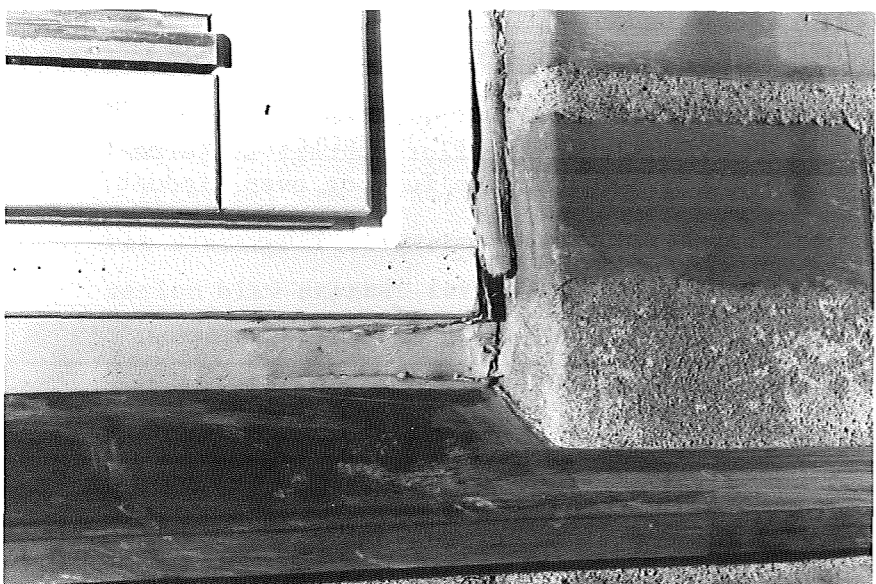
Figur 12. Kiler anbragt i fjerne-
ste lodrette fuge og over vinduet.



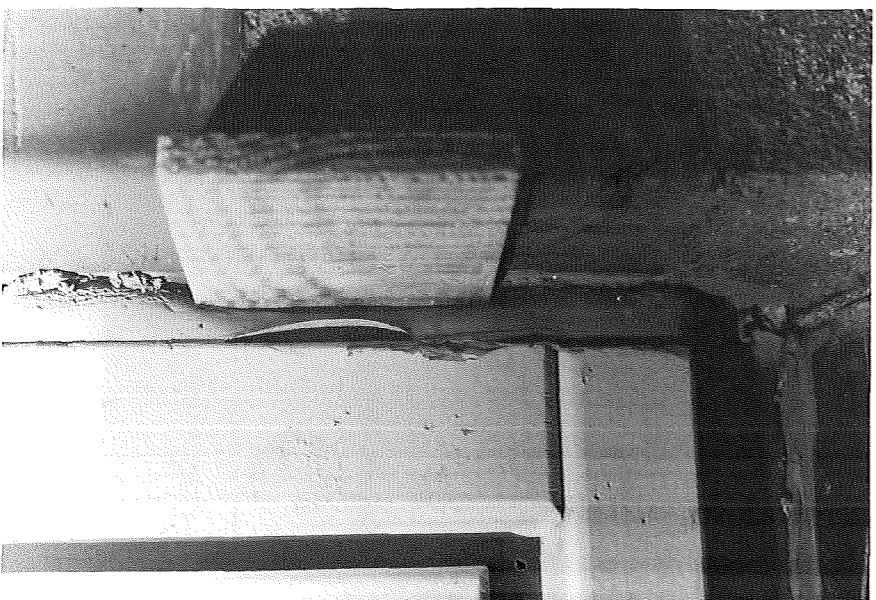
Figur 13. Nærbillede af fuge med kiler over vinduet.



Figur 14. Flænger og huller i fugemasse.



Figur 15. Nærbillede med fugeslip ved sålbank. Endvidere flænger og huller.



Figur 16. Øverste hjørne med fugeslip, flænger og huller, hvor kiler er anbragt i fugeslipet.

Tabel 1. Oversigt over udførte forsøg.

Forsøg	Dato	Fugemassetilstand (set udefra)	Tætningstype
1	14.10	Ubeskadiget	1-trinsfuge
2	17.10	Fugeslip etableret i nederste venstre hjørne 10-15 cm (både lodret og vandret)	-
3	21.10	Som ved forsøg 2	-
Mur væltet ved uheld og ny opbygget			
4	3.12	Ubeskadiget	1-trinsfuge
5	4.12	Som ved forsøg 2	-
6	15.12	Et ca. 12 cm langt fugeslip midt på venstre lodrette fuge	-
7	13.1	Et fugeslip, der forbinder de to andre fugeslip	-
8	20.1	Tre fugeslip på hver 10-15 cm i fuge over vindue	-
9	27.1	Kiler sat i øverste fugeslip. Ca. 1 mm bred revne ud mod regnsiden	-
10	5.2	Fugeslip fikseret med kile til en revne på 1 mm - helt igennem fuge	-
11	10.og 13.2	Fugeslip gjort større med kilerne - helt igennem fuge	-
12	18.2	Samme fugeslip, men de går ikke igennem til ydersiden	-
13	3.3	Der skæres desuden huller udfor fugeslip - ingen kiler	-
14	10.3	Med kiler ca. 2 mm - ikke helt igennem	-
15	18.3	Som 14 med fugemasse mod rum, isolering af mineraluld, type 1	2-lagsfuge
16	1.4	Som 14 med fugemasse mod rum, isolering af mineraluld af type 2.	-

 Resultater: Fugtmålinger i mineraluld

1-trinsfuge

I de første otte forsøg - tre inden muren væltede og fem efter at en ny mur var bygget op - blev der kun målt små vandmængder i mineralulden.

Ved de første otte forsøg var der kun skåret i fugemassen, enten således at fugemassen på en vis strækning havde sluppet en af sine hæfteflader eller således, at der var en flænge midt i fugemassen.

Fugtmålinger umiddelbart efter et forsøgs afslutning viser, at der i mineraluld normalt ikke er fugtindhold på over 2 vægtprocent. Efter et døgn forløb viser prøver udtaget nær samme sted som tidligere højst et halvt så stort fugtindhold, dvs. under 1%.

I forsøg 9 og 10 er der sat kiler ind i de 4 fugeslip i den øverste fuge. De bliver fastholdt i revner på ca. 1 mm's bredde helt igennem fugemassen. I forsøg 10 går revnerne helt igennem fugen, altså også igennem isoleringsmaterialet, således at der under forsøget trænger vand igennem fugen, i modsætning til forsøg 9, hvor det meste af vandet optages af isoleringsmaterialet i fugen. Ved forsøg 9 ophobes 13,4% fugt i fuge over vindue, mens der ved forsøg 10, hvor vandet trænger igennem til inderside, kun ophobes 5,5%.

Ved forsøg 11 sættes kiler både i fugeslip ved fuge over vindue og ved fugeslip i venstre lodrette fuge (set fra indvendig side). Kilerne blev sat ind fra ydersiden, således at revnerne åbner ud mod regnsiden. Umiddelbart efter forsøgets afslutning målttes 18,2% fugt i mineralulden i fuge over vindue og 12% fugt i den lodrette fuge. Dagen efter indeholdt mineralulden i fuge over vinduet kun 1,3% fugt og den lodrette 0,5%. En gentagelse af forsøg 11 viste 21% fugt i mineralulden i fugen over vindue og 8% i den lodrette. Efter et døgn fandtes fugtindhold på henholdsvis 2,7% og 0,7% - hvilket viser en rimelig god reproducerbarhed.

Ved forsøg 12 blev revnerne gjort ca. 2 mm bredere med kilerne, men de førtes ikke helt igennem. Vandet kunne derfor ikke uhindret trænge igennem til indersiden.

Fugtindholdet i fugen over vinduet var umiddelbart efter forsøget ved revnerne og til højre for disse 55% og 35%. Ved revnerne i venstre fuge var fugtindholdet ca. 8%. Efter 24 timer var fugtindholdet i fugen over vinduet 7% og alle andre steder under 1%.

Ved forsøg 13 blev der skåret huller ud for fugeslippene, men der blev ikke sat kiler ind. Ved dette forsøg målttes kun fugtindhold større end 2% i fugen over vindue. Dette fugtindhold var ca. 26%. Dagen efter var det faldet til ca. 22%. Efter endnu et døgn forløb var det på 2,7%.

Ved forsøg 14 blev der sat kiler i fugeslippene, der ved hjælp af kilerne blev fikseret til revnevidder på ca. 2 mm.

Efter forsøget fandtes 30% fugt i mineralulden ved revnerne på fugen over vindue, og et fugtindhold på 13% ved revnerne på den venstre lodrette fuge. Alle andre steder fandtes meget små fugtmængder, som ikke overskred 1,1%. Dagen efter fandtes ved revnerne fugtindhold i mineraluld på henholdsvis 26% og 2,2% fugt og efter endnu to dage henholdsvis 8% og 1% fugt.

2-lagsfugea. Fugtindhold i mineraluld, type 1, rumvægt 50 kg/m³

Efter at fugen var stoppet med mineraluld, blev der udført en indvendig tætning med en elastisk fugemasse. Der blev ikke rørt ved den udvendige fuge, der stod som i det forrige forsøg med slippene fikseret til ca. 2 mm.

Efter forsøget (forsøg 15) fandtes 300% fugt ved revnerne i fugemassen over vinduet. Ved revnerne ved venstre lodrette fuge fandtes 127% fugt. Til højre for fugeslippene i øverste fuge og i højre hjørne fandtes 11% fugt. På øvrige steder fandtes kun små fugtmængder, ikke over 1,3%.

Fugtfordelingen i mineralulden lige efter forsøget og henholdsvis 1, 2 og 5 dage efter fremgår af nedenstående tabel:

Tabel 2. Fugtfordeling i mineraluld, type 1 ved 2-lagsfuge.

Udtaget (tid) Sted	Umiddelbart	1 dag efter	2 dage efter	5 dage efter
Ved revner i fuge over vindue	300%	60%	40%	14%
Til højre for revne i fuge over vindue	11%	7%		
I højre hjørne over vindue	11%	5%		
Ved revner i venstre lodrette fuge	127%	15%	9%	5%

Efter fem dages forløb blev resten af mineralulden fjernet fra fugen og tørret. Den indeholdt i gennemsnit 1,5% fugt (i alt ca. 2 g vand).

Mineraluld af den pågældende type, der ikke har været brugt til forsøg, indeholdt til sammenligning 0,7% fugt.

b. Fugtindhold i mineraluld, type 2, rumvægt 100 kg/m³

Fugen stoppedes med mineraluld af samme type, der var anvendt ved 1-trinsfugen, og den elastiske udvendige fugetætning blev retableret. Forsøget er således udført under samme omstændigheder som i forsøg 14 med 1-trinsfugen.

Efter vandpåsprøjtning i forsøg 16 fandtes en fugtfordeling som beskrevet i nedenstående skema:

Tabel 3. Fugtfordeling i mineraluld, type 2 ved 2-lagsfuge.

Udtaget (tid) Sted	Umiddelbart	1 dag efter	2 dage efter	3 dage efter	6 dage efter
Ved revner i fuge over vindue	20%	22%	10%	1%	0,7%
Til højre for revne i fuge over vindue	2%	1%	1%	-	-
I øverste højre hjørne	4%	-	-	-	-
Ved revner i venstre lodrette fuge	5%	2%	-	-	-

Seks dage efter forsøgsrækkens afslutning blev den resterende mineraluld udtaget og tørret. Den viste sig at have et fugtindhold på 0,5% (i alt ca. 1 g vand).

Ved levering indeholder mineraluld af denne type kun meget små mængder fugt, under 0,1%.

Der blev foretaget et orienterende forsøg ved at lægge henholdsvis mineraluld, type 1 og mineraluld, type 2 i vand i nogle timer, vride det, og derefter tørre og veje det (gentaget 3 gange).

For mineraluld, type 1 fandtes fugtindhold mellem 285% og 380%.

For mineraluld, type 2 fandtes fugtindhold mellem 37% og 84%.

De store intervaller skyldtes, at mineralulden gentagne gange blev gjort våd og vredet igen inden vejningen.

Forskellen i målte fugtindhold på de to mineraluldstyper skyldes blandt andet, at tørrumvægten af mineraluld type 2 er dobbelt så stor som for mineraluld type 1.

 Resultater: Fugtmålinger i karmtræ

Fugtindholdet i vinduets karmtræ blev regelmæssigt målt under forsøgene. Der blev målt med en Delmhorst fugtmåler med tilhørende hammer med 2 isolerede søm, der slås ind i det træ, der ønskes undersøgt.

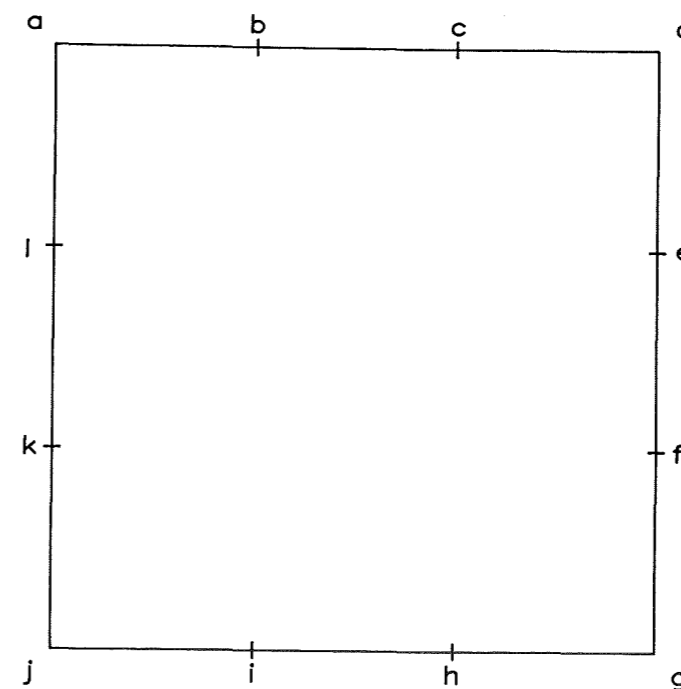
Der målt kun, når forsøgene havde været afbrudt i nogen tid, for at en ligevægt kunne nå at indstille sig.

Så længe der blev anvendt 1-trinsfuge, målt der fugtprocenter i træet mellem 6 og 12.

Ved forsøg med 2-lagsfugen blev der målt fugtindhold i karmtræ både i vinduets yder- og inderside i forskellige målepunkter. Den første fugtmåling blev foretaget 12 dage efter vandpåsprøjtning. Efter det andet forsøg med 2-lagsfugen blev der målt 21 dage efter vandpåsprøjtning og 7 dage efter, at forsøgsopstillingen var skilt ad. Målepunkterne fremgår af nedenstående figur og resultaterne af tabel 4.

Forsøgsrækken skal først og fremmest belyse tætheden af fuger tætnet med fugemasse, og eksponeringen er derfor foregået over kort tid ca. 1 time ad gangen, men ved meget hård regn- og vindbelastning. Der er således ikke undersøgt, hvorledes lange regnperioder påvirker træfugtigheden.

Trævinduets yderside har dog igennem ca. 6 måneder været placeret i en forsøgskasse, hvor temperaturen var ca. 20 °C og den relative fugtighed meget nær 100%. Teoretisk kunne der være fare for råd i trækomponenter, men i undersøgelser der har været mere målrettet mod rådproblemet (refereret i SBI-rapport 176: "Laboratorieforsøg med fuger omkring trævinduer", [5]), har det ikke kunnet påvises, at der i muret byggeri er væsentlig fare for råd i trækomponenter, hverken på grund af vanddampdiffusion eller på grund af indtrængende vand i fugerne.



Figur 17. Oversigt over målepunkter set fra udvendig side.

Tabel 4. Fugtprocenten i trækarme i de forskellige målepunkter efter forsøg med 2-lagsfuger.

<u>Efter forsøg 1</u>	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Udv. side	20	20	20	20	18	18	18	13	13	18	16	17
Indv. side	10	10	12	11	12	13	10	8	6	9	10	9
<u>Efter forsøg 2</u>												
Udv. side	20	20	22	20	18	18	18	12	12	18	17	17
Indv. side	14	14	15	16	12	14	10	8	7	6	7	6

 Summary and Conclusion

In addition to reporting an independent test programme this report may be seen as a continuation of SBI-report 151: "Laboratory testing of joints between windows and highly insulated cavity walls. Investigations of tightness against rain and wind".

The purpose of the test programme was to investigate the following:

1. The ability of the joint to withstand driving rain. This is evaluated based on the amount of moisture absorbed in the insulation material in the joint. Further it has been studied how fast intruding water would disappear from the insulation material in the joint.
2. The moisture content in the wooden window frame.

Test set-up and testing

In the laboratory a brick wall with the dimension 30 M x 30 M was built in the frame for the driving rain testing apparatus. An opening 12 M x 12 M was left in the wall and a vacuum-impregnated wooden window was inserted 1/4 of a brick behind the facing of the wall. Under the window a slate window sill was mounted.

In total 16 tests with driving rain were carried out. 14 of these with a one-stage joint and 2 with a specially designed one-stage joint, here named a two-layer joint. (This consists of a one-stage joint where a sealant is placed at the exterior as well as at the interior side of the joint).

As the testing programme advanced from test one to sixteen the tightening of the outer joint was made more and more pervious ranging from a simple loss of adherence of the sealant to holes and cracks with a fixed width of two millimeters.

The two-layer joint was tested in the two last tests in the programme. This means that this type of joint was exposed to the most extreme conditions because the exterior sealant layer was left as it was after test

number fourteen. It thus stayed damaged (loss of adherence and cracks) at the same level as when the last test with the one-stage joint was carried out (see page 23). During testing of the two-layer joint the interior sealant was completely airtight.

This way of conducting the testing also implies that the measurements of the moisture content in the wooden frame were carried out when the wooden window to a certain degree was moist as a result of the previous tests.

For all tests a polyurethan sealant was used due to the ability of this type of sealant to remain in a fixed position when loss of adherence or cracks in the joint were introduced.

Results from testing of one-stage joints

The test results show the following:

1. When the sealant has lost its adherence to an adjoined surface - this could either be to the brick wall or to the wooden frame - and if no real cracks in the sealant are introduced, it has not been possible to detect any water intrusion into the insulation material in the joint. This applies for horizontal joints as well as for vertical joints and does not depend on the length over which the loss of adherence was introduced.
2. If cracks by means of wedges are fixed in a fairly open position water will, however, accumulate in the insulation material (mineral wool) used in the joint. If a crack goes through the sealant as well as through the mineral wool water will penetrate to the interior and smaller amounts of water will accumulate in the insulation material. More water penetrates the horizontal than the vertical joints.
3. The capillary action in the bricks entails that the moisture content in the mineral wool in the joint comes down to an acceptable level in a few days. The moisture will disappear more rapidly if the crack goes right through from the exterior to the interior. However, this situation is for other reasons not acceptable.

Results from testing of two-layer joints

The test results show the following:

1. More water is accumulated in the insulation material in the joint (mineral wool) than in the similar one-stage joint, and does not disappear as rapidly again.

2. If the insulating material used in the joint does not absorb water rapidly the water disappears from the joint more rapidly. Regardless of the type of mineral wool used in the joint the water has by and large disappeared six days after the joint has been exposed to driving rain.
3. The moisture content in the wooden frame goes up to 22%. In comparison the corresponding moisture content for the one-stage joint was at the most 12%. The moisture content was in all cases measured on the exterior of the wooden frame.

The testing programme has not confirmed the general assumption that a risk would be connected with the use of one-stage and two-layer joints around windows and doors in outer walls made of brick.

It seems reasonable to expect that both types of joints may be used without risk of water penetration and a following attack of rot in the wooden frames. This applies equally well for both replacements in existing buildings and for new buildings as long as the outer walls are made of bricks.

Even though high moisture contents were observed in the wooden frame, when a two-layer joint was used damages due to rot are hardly seen in practice in wooden windows and doors in brick walls. Presumably the reason for this is that regardless of the type of joint used it has been normal practice for a great number of years to use vacuum-impregnated wood for windows and outer doors. Consequently it is recommended for both types of joints to use vacuum-impregnated wooden frames.

Finally it must be underlined, that results and conclusions from this testing programme are only applicable for outer walls made of bricks which have good properties regarding capillary action. Results and conclusions may for this reason not be transformed to outer walls made of other materials such as, for example concrete.

Litteratur

- [1] Laboratorieforsøg med samlinger mellem vinduer og højisolerede hultmure. Undersøgelse af tæthed mod regn og vind. Alice Kjær, SBI-Rapport 151, Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1983.
- [2] Vinduer. SBI-ydeevnebeskrivelse 2. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1973.
- [3] Vinduers lufttæthed, regntæthed og stivhedsforhold. Alice Kjær, SBI-notat 26, Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1973.
- [4] Fugemasser og facadefuger. Anthon Brandt og Alice Kjær, SBI-anvisning 108, 2. udgave. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1983.
- [5] Laboratorieforsøg med fuger omkring trævinduer. Udvendigt anbragte fugemassers indflydelse på fugtindhold i karmtræ. Uwe Lohse, SBI-rapport 176, Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1986.

 BILAG 1: EDB-beregnete forsøgsresultater

Forsøg nr. 1 Prøvningsdato: 14.10.1985

Tætning: 1-trin Fugemasse: ubeskadiget

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste højre hjørne	0.2
2	højre side forneden	0.2
3	øverste fuge, midtfor	0.2
5	venstre side, forneden	0.3
6	nederste fuge, midtfor	0.1
7	nederste venstre hjørne	0.4

Forsøg nr. 2 Prøvningsdato: 17.10.1985

Tætning: 1-trin Fugemasse: fugeslip i nederste venstre hjørne
 10-15 cm

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
2	nederste venstre hjørne	0.5
6	venstre side midtpå	-0.2
7	højre øverste hjørne	0.8

Forsøg nr. 3 Prøvningsdato: 28.10.1985

Tætning: 1-trin Fugemasse: Som ved forsøg 2

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
2	nederste venstre hjørne	2.6
3	venstre side midtpå	0.2
3	højre øverste hjørne	0.8

Forsøg nr. 4 Prøvningsdato: 3.12.1985

Tætning: 1-trin Fugemasse: ubeskadiget

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste hjørner	0.4
2	venstre nederste hjørne	0.4
3	øverste fuge, midtpå	0.4
5	lodrette sider, midtpå	0.3
6	nederste fuge, midtpå	0.3
7	nederste højre hjørne	0.6

Forsøg nr. 5 Prøvningsdato: 4.12.1985

Tætning: 1-trin Fugemasse: Som ved forsøg 2

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste højre hjørne	0.7
2	venstre nederste hjørne	3.4
3	øverste fuge, midtpå	2.4
5	venstre lodrette side, midtpå	0.7
6	nederste fuge midtpå	0.4
7	nederste højre hjørne	1.1

Forsøg nr. 6

Prøvningsdato: 15.12.85

Tætning: 1-trin

Fugemasse: som ved forsøg 2 + 2 skifter langt fugeslip midt på v. lodrette fuge

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste hjørner	0.6
2	venstre nederste hjørne	0.7
3	højre side, midtpå	1.2
5	venstre side ved fugeslip	0.9
6	nederste fuge midtpå	1.2
7	højre nederste hjørne	2.4

Forsøg nr. 6A

Prøveudtagning: 1 døgn efter

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	højre øverste hjørne	0.4
2	højre nederste hjørne	0.9
3	venstre nederste hjørne	0.6
5	venstre side midtpå	0.4
6	nederste fuge midtpå	0.4
7	øverste fuge midtpå	0.2

Forsøg nr. 7

Prøvningsdato: 14.1.1986

Tætning: 1-trin

Fugemasse: et fugeslip, der forbinder de 2 andre fugeslip

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste højre hjørne	0.5
2	nederste højre hjørne	0.7
3	nederste venstre hjørne	0.7
5	venstre side midtpå	1.1
6	nederste fuge midtpå	0.9
7	øverste fuge midtpå	0.5

Forsøg nr. 8

Prøvningsdato: 20.1.1986

Tætning: 1-trin

Fugemasse: som før + 3 fugeslip à 10-15 cm i øverste fuge

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste venstre hjørne	0.8
2	nederste venstre hjørne	0.3
3	øverste venstre hjørne	0.3
5	venstre side midtpå	-0.1
6	nederste fuge midtpå	0.2
7	øverste fuge midtpå	0.1

Forsøg nr. 9

Prøvningsdato: 27.1.1986

Tætning: 1-trin

Fugemasse: Kile sat i øverste fugeslip ca. 1 mm bred revne ud mod regnsiden

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste del af venstre fuge	0.6
2	højre øverste hjørne	0.5
3	venstre nederste hjørne	0.5
5	venstre side midtpå ved fugeslip	0.2
6	nederste fuge midtpå	0.3
7	øverste fuge ved revner	13.4

Forsøg nr. 10

Prøvningsdato: 5.2.1986

Tætning: 1-trin

Fugemasse: Slip fikseret til 1 mm revne - helt igennem fuge

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge med siden af revner	2.1
2	højre øverste hjørne	0.6
3	venstre nederste hjørne	0.6
5	venstre side ved revner	0.7
6	nederste fuge midtpå	0.2
7	øverste fuge ved revner	5.5

Forsøg nr. 11 Prøvningsdato: 10.2.1986
 Tætning: 1-trin Fugemasse: fugeslip gjort større med kilerne helt igennem fuge

Prøveudtagning: 10.2 og 11.2.86

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge ved revner	18.2
3	venstre side ved revner	12.0
6	højre fuge lodret	1.8
7	nederste fuge midtpå	1.1
2	midtpå forneden	0.6

Forsøg nr. 11A

Prøveudtagning: 1 døgn efter

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
2	øverste fuge ved revner	1.3
5	venstre side ved revner	0.5

Forsøg nr. 11 - gentaget Prøvningsdato 13.2

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge ved revner	21.2
3	øverste fuge til højre for revner	6.0
5	venstre side ved revner	8.2
6	midtpå forneden	0.6
2	øverste hjørne	0.5

Forsøg nr. 12 Prøvningsdato: 18.2.86

Tætning: 1-trin Fugemasse: samme fugeslip som ved forsøg 11, , men de går ikke igennem til yderside

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge til højre for revner	35.0
2	øverste fuge ved revner	54.8
3	højre øverste hjørne	3.2
5	venstre side ved revner	8.3
6	nederste fuge midtpå	4.2

Forsøg nr. 12A

Prøveudtagning: 1 døgn efter

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge til højre for revne	6.5
2	øverste fuge ved revner	7.6
3	højre øverste hjørne	0.8
5	venstre side ved revner	0.9
6	nederste fuge midtpå	0.1

Forsøg nr. 13

Prøvningsdato: 3.3.86

Tætning: 1-trin

Huller skæres ved fugeslip - ingen kiler

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge til højre for fugeslip	1.9
2	øverste fuge ved fugeslip	25.7
3	øverste højre hjørne	0.6
5	venstre side ved fugeslip	1.8
6	midt på nederste fuge	0.3

Forsøg nr. 13A

Prøveudtagning: 1 døgn efter

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge til højre for fugeslip	1.4
2	øverste fuge ved fugeslip	21.9
3	øverste højre hjørne	0.3
5	venstre side ved fugeslip	0.8
6	midt på nederste fuge	0.3

Forsøg nr. 14

Prøvningsdato: 10.3.86

Tætning: 1-trin

Fugemasse: med kiler ca. 2 mm - ikke helt igennem

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge til højre for fugeslip	0.4
2	øverste fuge ved fugeslip	30.0
3	øverste højre hjørne	1.1
5	venstre side ved slip	13.1
6	midt på nederste fuge	0.4

Forsøg nr. 15

Prøvningsdato: 18.3.86

Tætning: 2-lags

Fugemasse: som 14 med inderfuge, isolering: mineral-
uld, type 1

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge til højre for fugeslip	10.5
2	øverste fuge ved fugeslip	300.2
3	øverste højre hjørne	11.1
5	venstre side ved fugeslip	126.7
6	midt nederste fuge	1.3

Forsøg nr. 15 A

Prøveudtagning: 1 døgn efter

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge til højre for fugeslip	7.3
2	øverste fuge ved fugeslip	60.3
3	øverste højre hjørne	5.5
5	venstre side ved fugeslip	15.3
6	midt på nederste fuge	1.0

Forsøg nr. 15B

Prøveudtagning 2 døgn efter

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge til højre for fugeslip	0.0
2	øverste fuge ved fugeslip	40.1
3	øverste højre hjørne	0.0
5	venstre side ved fugeslip	9.4

Forsøg nr. 15C

Prøveudtagning 5 dage efter

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
2	øverste fuge ved fugeslip	13.6
5	venstre side ved fugeslip	5.2

Forsøg nr. 16

Prøvningsdato: 1.4.86

Tætning: 2-lag

Fugemasse: som 14 med inderfuge, isolering: mineral-
uld, type 2

Prøveudtagning: umiddelbart

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge til højre for fugeslip	1.5
2	øverste fuge ved fugeslip	20.4
3	øverste højre hjørne	3.9
5	venstre side ved fugeslip	5.2
6	midt på nederste fuge	0.2

Forsøg nr. 16A

Prøveudtagning: 1 døgn efter

Glas		
Nr.	Lokalitet	Fugtprocent
1	øverste fuge til højre for fugeslip	0.9
2	øverste fuge ved fugeslip	22.1
3	venstre side ved fugeslip	1.5

Forsøg nr. 16B

Prøveudtagning: 2 døgn efter

Glas		Fugtprocent
nr.	Lokalitet	
1	øverste fuge til højre for fugeslip	0.7
2	øverste fuge ved fugeslip	9.5
3	venstre side ved fugeslip	0.0

 BILAG 2: Principper for samlinger mellem komponenter i facader

Der er en række principielt forskellige muligheder for udformning af samlinger mellem komponenter i facader, fx såkaldte 2-lagsfuger (nævnt i rapporten), labyrintfuger (anvendt eksperimentelt ved det britiske byggeforskningsinstitut) samt såkaldte 1-trinstætninger og 2-trinstætninger.

Ved indbygning af vinduer i højisolerede ydervægge vil valget mellem de to sidstnævnte muligheder være af særlig betydning.

1-trinstætning

Ved anvendelse af en 1-trinstætning søges der opnået tæthed mod vind og regn i et enkelt plan, sædvanligvis nær facadeplanet, og ofte ved anvendelse af et enkelt materiale.

Ved 1-trinstætning sker det totale trykfald som følge af vindtryk i reglen over fugematerialet, og hvis tætheden ikke er absolut, vil luft og vand passere tætningen under vindtryk udefra.

Der må derfor stilles meget store krav til materialer og komponenter, der påtænkes anvendt til 1-trinstætninger. Materialet skal i sig selv være tæt overfor påvirkninger fra vind og regn, og det samme gælder for dets samlingsflader med vindue og væg. Yderligere skal materialet være i stand til at optage bevægelserne mellem de tilstødende komponenter, uden at tætheden ned sættes. Endelig skal materialet kunne bevare sine egenskaber i meget lang tid, selv om det udsættes for vejrligets påvirkninger, herunder ultraviolet bestråling.

En traditionel udførelse af 1-trinstætning har været mørtelfugen omkring vinduer indbygget i murværk. Denne løsning har næppe levet op til de hovedkrav, der er nævnt ovenfor, men har alligevel fungeret rimeligt tilfredsstillende, fordi indtrængende vand hurtigt har kunnet diffundere ud igen enten gennem fugemørtelen eller gennem det tilstødende murværk.

I visse tilfælde har anvendelsen af oliemalede lysningspaneler nok også haft en vis vindtætnende virkning, således at kun en del af trykfaldet er sket over mørtelfugen, dvs. den traditionelle løsning har delvis virket som en 2-trinstætning.

I de senere år er mange 1-trinstætninger omkring vinduer blevet udført med fugemasse. Heller ikke fugemasser - selv de bedste - kan leve op til de krav, der må stilles til materialerne i en 1-trinstætning. Der er yderligere det problem ved 1-trinstætninger udført med fugemasse, at disse er diffusions-tætte. Det vand, der vil trænge ind i fugen, fx når adhæsionen mellem fugematerialet og de tilstødende komponenter svigter, kan derfor kun ledes bort gennem disse tilstødende komponenter.

Murværk kan i et vist omfang optage og bortlede indtrængende vand, men det kan vægge af fx beton ikke i samme udstrækning. 1-trinstætning med fugemasse bør derfor aldrig anvendes ved vinduer af træ indbygget i facader af beton.

Et særligt problem ved alle 1-trinstætninger er, at tæthed mod vind kun kan opnås, såfremt tætningen ligger i samme plan vinduet rundt. 1-trinstætning forbyder derfor anvendelsen af det udmærkede princip, at bundfugen ved et vindue trækkes tilbage fra det plan, sidefugerne ligger i. Formålet med denne tilbagerykning - som nemt kan anvendes ved 2-trinstætninger - er at skabe nogle dræningsåbninger, som tillader at indtrængende vand bortledes mod vinduets og facadens yderside.

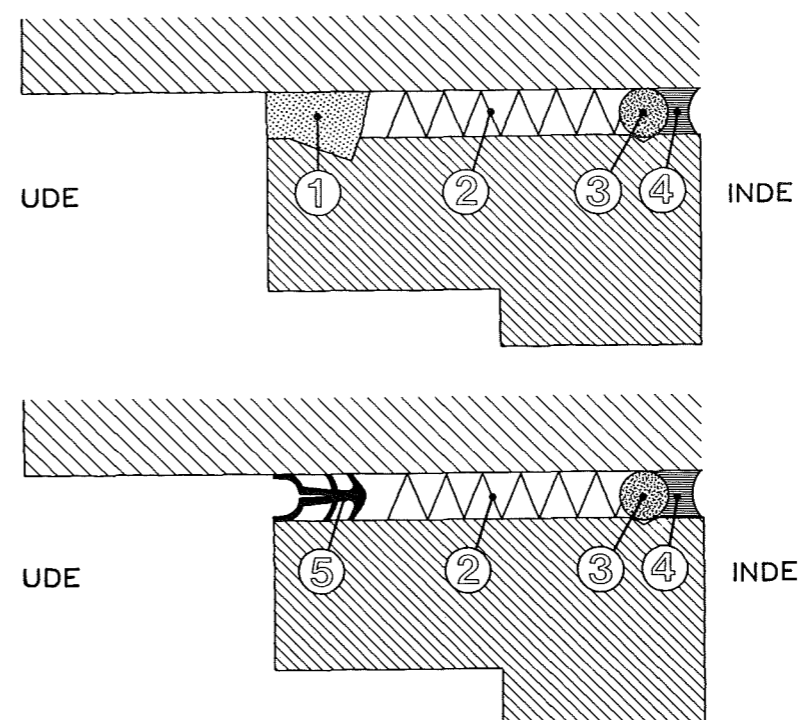
2-trinstætning

2-trinstætningens princip består i at placere vindtætning og regntætning i to adskilte lag med et hulrum imellem.

Yderst i fugen anbrignes regnskærmen, som ikke behøver at være lufttæt. Den behøver heller ikke at være fuldstændig regntæt, idet den kun skal afvise det meste af den regn, der rammer fugens yderside. Ved den indvendige side af fugen anbringes en vindtætning, der kan bestå af fugemasse fuget mod et modhold. Den mellemliggende del af fugen stoppes med mineraluld, men dog ikke helt ud til regnskærmen. Herved bliver der umiddelbart bag denne plads til et drænet og ventileret hulrum. Da regnskærmen ikke er helt tæt og i øvrigt med dræningsåbninger til det fri, vil hulrummet stå i forbindelse med udeluften, således at der altid hersker det samme lufttryk i fugens hulrum som udenfor. Når det indvendige lag af fugen er lufttæt, vil der ikke ske noget trykfald over fugens ydre lag. En vanddråbe på fugens udvendige overflade vil derfor ikke påvirkes af nogen kraft, som kan drive den ind i fugen. Der må ikke i fugens bageste lag være utætheder, da vanddråber i så fald vil kunne føres med luftstrømmen over hulrummet og presses igennem fugen.

En 2-trinstætning, hvor fugen er ventileret og drænet, giver god sikkerhed for en effektiv fugetætning. Ved en korrekt udført 2-trinstætning når regnvand aldrig ind til vindtætningen.

Angående kvaliteten af mineraluldstopningen kan det nævnes, at for vinduer, der skal kunne klassificeres i henhold til DS 1084: "Vinduer. Lydisolation. Klassifikation", skal der ifølge monteringsvejledningen stoppes med mineraluld i en dybde af 100 mm og med en densitet på ca. 80-100 kg/m³.



Figur 1. Eksempler på 2-trinstætninger.

Denne SBI-rapport beskriver laboratorieundersøgelser af slagregnspåvirkninger på fuger imellem et vindue og en teglstensvæg. Der er gennemført undersøgelser med 1-trinsfuger samt 2-lagsfuger, først uden og senere med simulering af forskellige former for fugeslip. Laboratorieundersøgelserne har vist, at der – trods fugeslip – ikke sker fugtophobning i fugerne i en udstrækning som tidligere antaget. Rapporten henvender sig primært til fugeentreprenører og til projekterende.