

3	32	321	321.4	bygge- fej	321.4	blad 1
konstruktioner	vægge	ydervægge	ydervægge af træ		kondens i ydervæg af træ	

Udarbejdet af Byggeteknisk Afdeling, Teknologisk Institut

november 1968

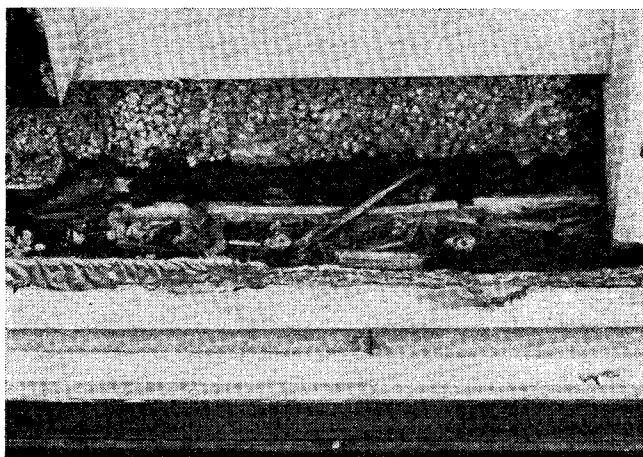


Fig. 1. Fotografi af ydervæggens nederste del ved fodremmen, taget udefra efter at beklædningen er fjernet. Fodremmen er næsten forsvundet og det nederste af stolperne beskadiget.

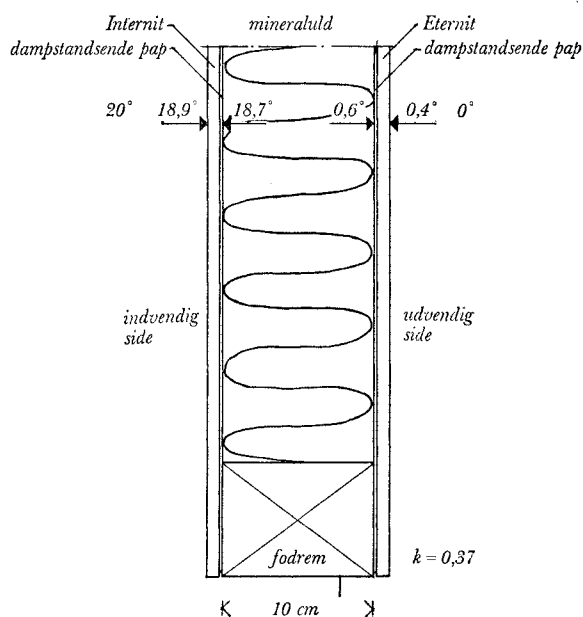


Fig. 2. Snit i ydervæggen som oprindelig udført. Mål 1 : 5.

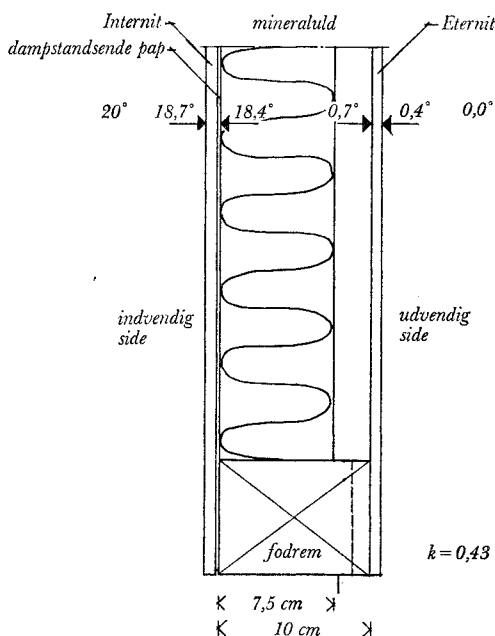


Fig. 3. Snit i ydervæggen efter reparation. Mineralulden er fastholdt med trådnæt. Hulrummet foran isoleringen udluftes foroven og fornedet ved spalter. Mål 1 : 5.

Indledning

Utilstrækkeligt kendskab til fugtvandringsproblemer i bygningskonstruktioner har i de senere år været baggrunden for fejlagtigt projekterede og forkert udførte lette ydervægge af træ. Ved fugtpåvirkning inde i konstruktionerne er der sket mange alvorlige skader, som har nødvendiggjort kostbar udskiftning af træværk, beklædning og isolering.

Den nedenfor gengivne sag er beskrevet og bedømt af civilingeniør Ivar Thomsen.

BYGNING: skole

BYGNINGSDEL: let, bærende ydervæg af træ
EMNE: fugtskader i træværk

OPFØRELSESÅR: 1960
SKADER BEMÆRKET: 1968

Konstruktivt princip

Let bærende ydervæg med fodrem og stolper af 4 × 4" tømmer af fyrretræ. Indvendig beklædning med 5 mm Internit (asbestcellulose-cementplade), dampstandsede pap bag beklædningen. Udvendig beklædning 5 mm Eternit (asbest-cementplade), dampstandsede pap bag beklædningen. Hulrum helt udfyldt med 100 mm mineraluld, se fig. 2.

Vigtigste egenskaber

I parentes er anført i BR-66 gældende mindstekrav. Bygningen er opført før Landsbyggeloven og BR-61.

Varmeisolering: $k = 0,37$ (0,50)
Brand: BD-bygningsdel 90 (BD-90)

Varmeisoleringsevnen må karakteriseres som teoretisk på grund af fugtophobning i tømmer og isoleringsmateriale. Jfr. afsnittet Årsag til skaden.

BD-klassifikationen er skønnet og ikke udtryk for en brandteknisk prøve.

Beskrivelse af skaden

Kraftig beskadigelse, nogle steder total ødelæggelse, ved råd i trækonstruktionen, fortrinsvis fornedet ved fodrem og den nederste del af stolperne. Se fig. 1.

Årsag til skaden

Skaden er opstået på grund af kondensdannelser inde i konstruktionen. I forsøg på at undgå kondens inde i ydervæggen er dels anvendt helt tørre materialer, dels anbragt fugtspærre på begge sider.

Man overså det forhold, at der *altid* sker en fugtvandring, og selv om den er ganske ringe, vil luften mellem beklædningerne efterhånden blive mættet med fugt, såfremt konstruktionen ikke har mulighed for at lade fugten vandre ud.

På fig. 2 er ydervæggen vist i snit, således som den oprindelig opførtes. Temperaturforløbet en gennemsnits-vinterdag indtegnet. Ved en lufttemperatur på 20° C og en relativ fugtighed på 60 % ligger dugpunktet på 12,0° C. Det fremgår derfor, at der er en betydelig risiko for kondensdannelse i den ydre del af isoleringen.

De manglende muligheder for fugten til at slippe ud gav en fugtophobning i konstruktionen, som blev kraftig angrebet af råd, således at store dele heraf måtte udskiftes kun 8 år efter skolens færdiggørelse.

3	32	321	321.4	byggefejl	321.4	blad 1
konstruktioner	vægge	ydervægge	ydervægge af træ		kondens i ydervæg af træ	

Udarbejdet af Byggeteknisk Afdeling, Teknologisk Institut

november 1968

Ændring af konstruktionen

Foruden de nødvendige udskiftninger af angrebet tømmer og ødelagt isolerings- og beklædningsmateriale, ændredes konstruktionen således at der sikredes mulighed for at fugt kan søge ud. Dette blev gjort ved at ændre tykkelsen på isoleringen til 75 mm, hvorved der skabtes mulighed for udluftning mellem den fastholdte mineraluld og den udvendige beklædning. Desuden borttoges den udvendige, damptætte pap.

Egenskaber efter udbedring

Se bemærkningen ovenfor under Vigtigste egenskaber.

Varmeisolering: $k = 0,43$ (0,50)
Brand: BD-bygningsdel 90 (BD-90)

BD-klassifikationen er ansat som et skøn og er ikke udtryk for en brandteknisk prøve. De brandmæssige egenskaber er reduceret noget ved nedsættelse af mineraluldens tykkelse, men skønnes ikke at gå under det i BR-66, kap. 6.1.4, stk. 2 krævede.

Der bør altid gennemføres en transmissionsberegning og det må sikres, at ændringer i en let bærende ydervæg, der kan tænkes at påvirke de brandmæssige egenskaber, kan godkendes af bygningsmyndigheden.

Konklusion

Fugtvandringen, der sker fra den varme mod den kolde side, er i den lette træydervæg blevet standset ved fejlagtig anvendelse af en diffusionstæt pap på væggen udvendige side. Der bør her anvendes et materiale, der tillader fugt at passere indefra, men som er vand- og vindtæt. Det vil som oftest tillige være nødvendigt at indrette udluftning mellem den udvendige beklædning og isoleringen.

I det foreliggende tilfælde var det mest hensigtsmæssigt at etablere udluftningen som en ca. 25 mm luftspalte mellem mineralulden og den udvendige Eternit-beklædning.

For at gøre konstruktionen vindtæt kan isoleringen udvendig dækkes med vind- og vandtæt, men ikke diffusionstæt, folie eller pap.

Konsulentbistand

Byggeteknisk afdeling, Teknologisk Institut, Bülowvej 34, 1870 København V. Tlf. (01) 35 22 10.

Beregning af fugttransport i konstruktionen

Fugt billedet i ydervægskonstruktionen fremgår af fig. 4.

Indvendig: $t_i = 20^\circ$, relativ luftfugtighed 60 %, damptryk $P_i = 143$

Udvendig: $t_u = 0^\circ$, relativ luftfugtighed 80 %, damptryk $P_u = 53$

Materialernes fugtmodstand er afsat vandret og damptrykkene lodret. Herved er konstruktionen transformeret således, at fugtmængden overalt er den samme, dvs. damptrykket falder jævnt og damptrykkurven I bliver en ret linje, fra det indvendige damptryk P_i , 143 kg/m² til det udvendige P_u , 53 kg/m², såfremt der ikke forekommer kondens.

Mætningskurven II svarer til de fugtmængder luften maksimalt kan indeholde, og det fremgår, at der forekommer kondens i isoleringen; damptrykket er her større end mætningsstrykket dvs., der er mere fugt i luften end denne kan indeholde. Der udskilles vand, kondens, og damptrykkurven falder ned under mætningskurven til III.

Af diagrammet fremgår, at der transporteres mere fugt til isoleringen, end der kan komme videre; fugtmængden er ganske vist den samme på begge sider, men damptryksforskellen $P_i - P_x$ der driver fugt gennem den indvendige beklædning er større end $P_x - P_u$, der driver fugt ud. Fugtmængderne der transporteres ind, udregnes af formlen $\frac{P_i - P_x}{160 \sum \mu e (i \rightarrow x)}$, hvor $\sum \mu e$ er

summen af fugtmodstandene mellem i og x, og transporten udregnes tilsvarende af $\frac{P_x - P_u}{160 \sum \mu e (x \rightarrow u)}$

Ved beregning ses at der i opvarmingsperioden opsamles 378 g/m², og udtørringen om sommeren udgør 200 g/m². Hvert år opsamles således 178 g/m² i konstruktionen. Isoleringen er ikke hygroskopisk og fugten vil lægge sig på træmaterialet. Resultatet efter 8 års opsamling af fugt fremgår af fotografiet, fig. 1.

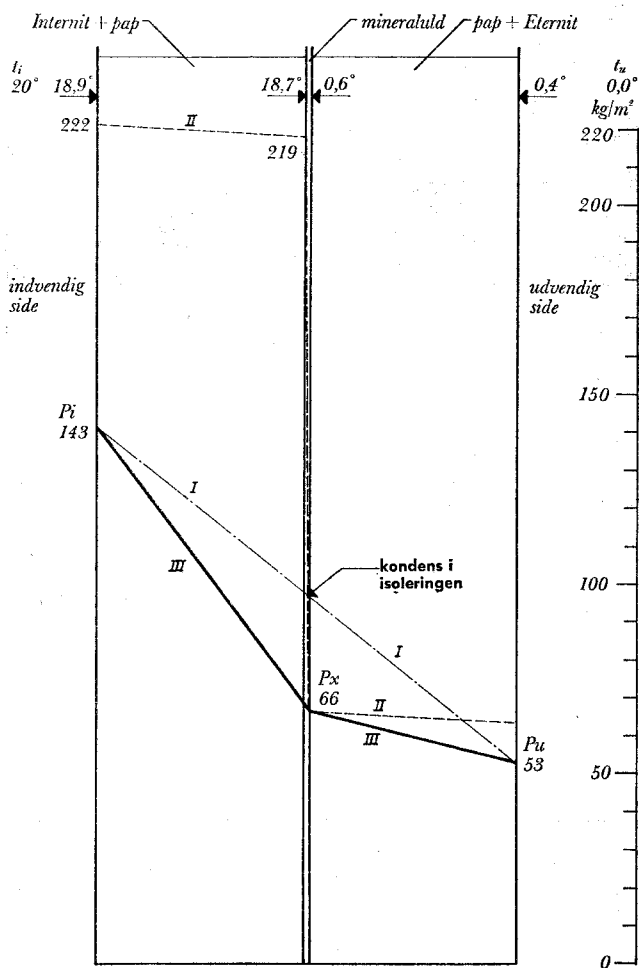


Fig. 4. Diagram af fugttransporten i ydervæggen. Diagrammet er optegnet således, at enheden μe for de forskellige materials fugtmodstand svarer til 5 mm. Fugtmodstand μe : Eternit (Internit) + pap = 5,5. Mineraluld = 0,14.

Fugttransport til isoleringens kolde side, X

$$\frac{P_i - P_u}{160 \times \sum \mu e (i \rightarrow x)} = \frac{143 - 53}{160 \times 5,64} = 0,085 \text{ g/m}^2\text{h}$$

Fugttransport fra X

$$\frac{P_x - P_u}{160 \times \sum \mu e (x \rightarrow u)} = \frac{66 - 53}{160 \times 5,5} = 0,015 \text{ g/m}^2\text{h}$$

Fugtopsamling ved X

$$0,085 - 0,015 = 0,07 \text{ g/m}^2\text{h. I opvarmingsperioden}$$

$$0,07 \times 225 \times 24 = 378 \text{ g/m}^2$$

Udtørring (gennemsnits $t = 12^\circ$, i isolering RF 80 %, udv. RF 60 %, udtørring til to sider).

$$\frac{114 - 86}{160 \times 5,5} \times 2 \approx 0,06 \text{ g/m}^2\text{h. I sommerperioden}$$

$$0,06 \times 140 \times 24 \approx 200 \text{ g/m}^2$$

Om året opsamles i isoleringen $378 - 200 = 178 \text{ g/m}^2$

Efter 6 år over 1 liter pr. m²

Henvisninger

- Bygningsreglement for købstæderne og landet 1966, — kap. 5.4.5. Ydervægge af trækonstruktion
- kap. 6.2. Brandforhold. Andre bygninger end beboelsesbygninger
- kap. 7. Fugtisolering. Stk. 10: „Alle bygningsdele skal udføres på en sådan måde, at kondensfugt undgås såvel udvendig som indvendig i konstruktionerne“.
- kap. 8.3 Varmeisolering. Andre bygninger end beboelsesbygninger.

Litteraturhenvisninger

- R. T. Gratwick. *Dampness in buildings*. Crosby, Lockwood & Son, Ltd. London 1966.
- Karl Moritz. *Richtig und Falsch*. Bauverlag GmbH, Wiesbaden 1965.
- Winfried Lück. *Feuchtigkeit*. R. Oldenbourg, München 1964.
- J. S. Cammerer og H. Schäcke. *Feuchtigkeitsregelung*. Wilh. Ernstaden, Berlin 1957.
- Wärme und Feuchtigkeit*. Berichte aus der Bauforschung, hefte 48-1966. S. 25-40. Indlagt særtryk af artikel i hefte 12-1964. H. Künzel og W. Frank. *Untersuchungen über Temperaturverhältnisse in Flachdächern unterschiedlicher Konstruktion*. Wilh. Ernst & Sohn, Berlin 1966.