

Glassfalsler og glasslister for forseglete ruter

Av sivilingeniør TORE GJELSVIK

Norges byggforskningsinstitut

OSLO 1964

Særtrykk av «Byggmesteren» nr. 26/63 og 1/64

Norges byggforskningsinstitut

Glassfalsler og glasslister for forseglete ruter

Av sivilingeniør TORE GJELSVIK, Norges byggforskningsinstitutt

1. Innledning

Fabrikantene forlanger vanligvis at deres forseglete ruter (også kalt isolerglass, termoglass o. l.) skal settes inn i vinduer med glasslistfals. De aksepterer meget sjelden en innsetting i vanlig kittfals, hvis ikke rutene er meget små. I sine brosjyrer gir fabrikantene anvisninger på hvordan falsene skal dimensjoneres for å gi de nødvendige klaringer og kittskikt mellom rute og fals og mellom rute og glasslist. Hensikten er å få rutene satt inn og holdt på plass uten at de blir utsatt for mekaniske påkjenninger som kan skade glass eller forsegling, samtidig som innsettingen skal være vanntett. Innkittingen skal dessuten ofte gi rutenes kantforsegling en ekstra beskyttelse mot vann. Dette gjelder spesielt de rutetyper hvor kantforseglingens tetthet er basert på en limt eller kittet forbindelse.

Teoretisk sett skulle brosjyrene gi skikkelige anvisninger på falsenes dimensjonering. I praksis har dette dessverre vist seg ikke å holde stikk, idet falsene ofte har vært altfor knappe. Dette gjelder spesielt årene før årsskiftet 1960/61. Ved en kritisk betraktning av anvisningene fra denne tiden ser man også straks at de ikke tar tilstrekkelig hensyn til toleranser på glassmål og falsmål. For ruter med loddet metallsteg mellom glassene ble det den gang forlangt at metalliseringen på glasset teoretisk sett skulle gå i flukt med kanten av falsen, mens det for ruter med utvendig metallkant bare ble forlangt en teoretisk overdekning på ca. 1 mm. I praksis førte dette til at metallforbindelsen langs rutenes kanter lett kunne komme til å stikke opp over kanten av falsen.

Siden 1960 har Norges byggforskningsinstitutt anbefalt en overdekning av metallforbindelsen langs rutenes kanter på minst 2 mm for ruter med loddet steg og minst 4 mm for ruter med utvendig metallkant, se fig. 1. Etterhvert har de forskjellige glass-

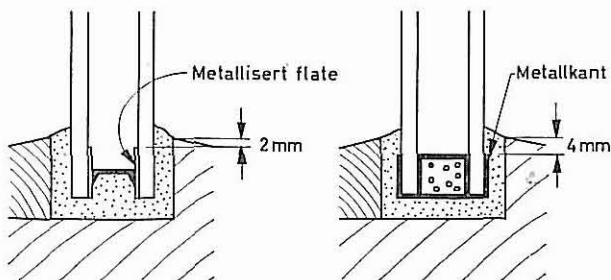


Fig. 1. Anbefalt overdekning minst 2 mm for ruter med loddet steg mellom glassene og minst 4 mm for ruter med utvendig metallkant.

fabrikanter fulgt opp etter de samme retningslinjer, og situasjonen er nå betraktelig forbedret. Knappe falsler forekommer imidlertid fremdeles i såpass stor utstrekning at Norges byggforskningsinstitutt har funnet det hensiktsmessig å ta problemene opp i sin fulle sammenheng. Et av hovedpunktene har vært å

få fastlagt de nødvendige falsdimensjoner og klaringer når man tar hensyn til alle normale toleranser på de forseglete ruter og de rammer og karmen de skal settes inn i, samt bevegelsene mellom rute og fals på grunn av vekslende temperatur og materialfuktighet. Mesteparten av dette arbeidet er utført av forfatteren, inspirert av forberedende arbeider i Norges Standardiserings-Forbunds dør- og vindusutvalg, samt samtaler med ingeniør Letourneur, Compagnie de Saint-Gobain. Visse avsnitt baserer seg imidlertid på det som er fremkommet i diskusjoner i en samarbeidsgruppe med representanter for Glassmestrenes Landsforening og Norges byggforskningsinstitutt.

2. Terminologi

I praksis brukes begrepene falsbredde, falsdybde og fals høyde om hverandre og noe forskjellig av de forskjellige glassfabrikanter, glassmestere og andre som har noe med forseglete ruter og tilknyttede problemer å gjøre. De betegnelser som vil bli benyttet her, er i størst mulig utstrekning valgt i overensstemmelse med Norsk Standard NS 755 og NS 798 M. De viktigste størrelser fremgår av fig. 2.

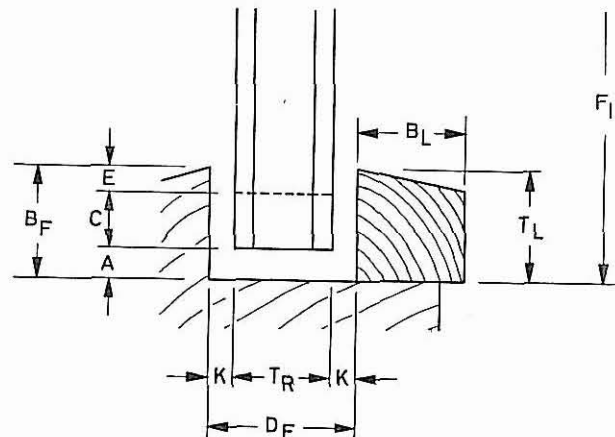


Fig. 2. Anvendte betegnelser.

- A = kantklaring (klaring mellom rutekant og fals)
- B_F = glassfalsbredde
- B_L = glasslistbredde
- C = bredde av rutens kantforsegling (utvendig metallkant, innvendig metallisering eller tilsvarende)
- D_F = glassfalsdybde, uten glasslist
- E = anbefalt overdekning av kantforseglingen
- F_h = falsmål høyde
- F_b = falsmål bredde
- F = største falsmål av bredde eller høyde
- K = sideklaring eller bredde av sidekitt
- T_L = glasslisttykkelse
- T_R = rutetykkelse uten metallkant

Videre vil det bli benyttet følgende betegnelser for toleranser og bevegelser:

t_{Gp} = plus toleranse glassmålbredde eller -høyde

t_{Gm} = minus toleranse glassmålbredde eller -høyde

t_{Fp} = plus toleranse falsmålbredde eller -høyde

t_{Fm} = minus toleranse falsmålbredde eller -høyde

t_R = toleranse (\pm) på rutetykkelse

t_B = toleranse (\pm) på glassfalsbredde

t_D = toleranse (\pm) på glassfalsdybde (uten glasslist)

k = rammens kontraksjon i forhold til ruten ved vekslende temperatur og materialfuktighet, regnet i forhold til en normaltilstand

e = rammens ekspansjon i forhold til ruten ved vekslende temperatur og materialfuktighet, regnet i forhold til samme normaltilstand som for k .

Både k og e regnes pr. meter falsmål (pr. løpende meter langs falsene).

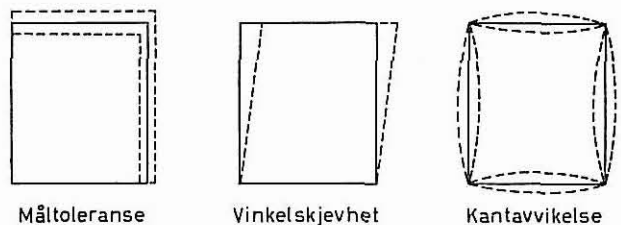


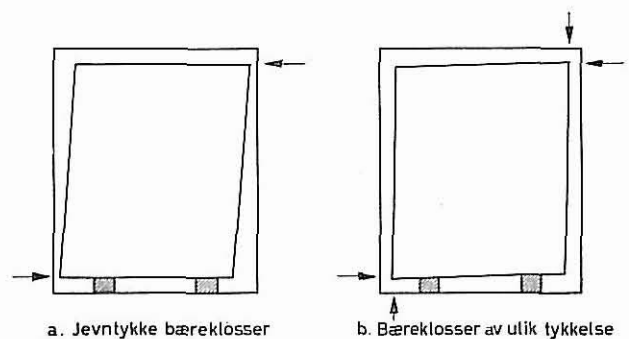
Fig. 3. Toleranser i planet.

fig. 3. Med moderne tilskjæringsutstyr og -metoder kan man imidlertid i praksis se bort fra kantavvikelsen. Det gjenstår da ren måltoleranse samt vinkelskjevhet. Vinkelskjevheten må man regne med kan være så stor at de øvre hjørner kommer 4 mm ut av lodd når en side stilles horisontalt. Om en slik vinkelskjev rute ble satt inn på jevntykke bæreklosser i en rettvinklet åpning, ville kantklaringen bli redusert med ca. 2 mm på to punkter som vist i fig. 4 a. Ved å bruke bæreklosser av forskjellig tykkelse, kan forholdet rettes opp noe som vist i fig. 4 b. Det vil imidlertid alltid bli en viss reduksjon av klaringen på 4 punkter.

3. Toleranser på forseglete ruter

Fabrikanter av forseglete ruter opererer vanligvis med visse toleranser på rutenes størrelse og totaltykkelse. I tabell 1 og 2 er oppført de tilgjengelige data for 9 rutetyper på det norske marked. Man bør være oppmerksom på at de oppførte tykkelsestoleranser for enkelte rutetyper bare er omtrentlige, da disse vil være forskjellige for ruter av maskinglass og speilglass og også vil variere noe med rutestørrelsen.

Toleransene på forseglete ruters størrelse kan i prinsipp være av tre forskjellige slag, nemlig måltoleranse, vinkelskjevhet og kantavvikelse, som vist i



a. Jevntykke bæreklosser

b. Bæreklosser av ulik tykkelse

Fig. 4. Vinkelskjev rute im satt i rettvinklet åpning. Redusert klaring ved pilene.

Tabell 1. Toleranser på forseglete ruters størrelse, regnet i mm.

Fabrikat	Glasstykkelse			
	3 mm	4 mm	5-6 mm	over 6 mm
Aluco	± 1.5	± 1.5	± 1.5	± 1.5
Aterphone	+2.5 -1.5	+2.5 -1.5	+2.5 -1.5	+2.5 -1.5
Cudo	± 1.5	± 1.5	± 2.0	
Duoterm	± 2.5	± 2.5		
Gado	± 1.5	± 1.5		
Multipane	± 1.0	ca. ± 1.0	ca. ± 1.5	ca. ± 1.5
Polyglass	+2.5 -1.5	+2.5 -1.5	+2.5 -1.5	+2.5 -1.5
Schalker Isolierglas	± 1.6	+3.0 -1.6	+3.0 -1.6	+3.0 -1.6
Thermopane	+2.5 -1.5	+2.5 -1.5	+2.5 -1.5	+2.5 -1.5

Tabell 2. Toleranser på forseglete ruters totaltykkelse, regnet i mm.

Fabrikat	Glasstykkelse			
	3 mm	4 mm	5—6 mm	over 6 mm
Aluco	±1	±1	±1	±1
Aterphone	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5
Cudo	±1.0	±1.0	±1.0	
Duoterm	±0.75	±0.75		
Gado	Ubetydelig	Ubetydelig		
Multipane	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5
Polyglass	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5
Schalker Isolierglas	±1.0	ca. ±1.0	ca. +1.0 ca. -1.5	ca. ±1.5
Thermopane	ca. ±1.0	ca. ±1.0	ca. +0.5 ca. -2.0	ca. +0.5 ca. -2.5

Denne reduksjon vil avhenge av forholdet mellom rutens bredde og høyde og kan i ugunstigste tilfelle gå opp i ca. 1 mm.

Det fremgår ikke riktig klart av brosjyrene hvorvidt både måltoleranse og vinkelskjevhet er medregnet i størrelsestoleransene som er oppført i tabell 1. Det er meget mulig det kan være litt forskjellig i så henseende. Men i hvert fall virker det realistisk å regne med en samlet størrelsestoleranse på ± 3 mm for forseglete ruter, om man vil forsøke å innbefatte de forskjellige typer i tabell 1 i en felles spesifikasjon. Denne toleranse skulle da omfatte både måltoleransen og den del av vinkelskjevheten som ikke lar seg rette opp ved bruk av bæreklosser med forskjellig tykkelse.

Tykkelsestoleransene er, som man ser av tabell 2, svært forskjellige for de forskjellige rutetyper. Om man her skulle forsøke å finne en felles nevner som innbefatter toleransene for de forskjellige typer, måtte dette bli $t_R = \pm 1.0$ mm. For den virkelige tykkelsestoleranse rute kontra fals er det ytterligere to faktorer som kan komme i betraktning, nemlig kant-skjevhet i rommet samt vinkelskjevhet. Enkle flate glassruter kan i seg selv betraktes som plane, og det samme gjelder de forseglete ruter ved monteringen i fabrikk. Ved innsettingen på byggeplassen hender det imidlertid ofte at rutene er vindskjeve fordi glasskassene eller rutene har vært ujevnt understøttet. Dette er særlig utpreget ved ruter hvor kantforseglingen er laget av myke metaller som f. eks. bly, eller andre myke plastisk-elastiske materialer. Men heller ikke ruter hvor det inngår profiler av stive metaller som jern og aluminium i kantforseglingen, er fri for denne defekt. Vindskjevheten lar seg imidlertid rette ut igjen, enten ved at rutene får stå en tid med dertil egnet understøttelse, eller ved å presse dem forsiktig tilbake i falsen, om nødvendig i etapper. Den tykkelsestoleranse man har å regne med, skulle derfor være dekket av den felles nevner på ± 1.0 mm.

4. Toleranser på glassfalsler

Når det gjelder toleransene på falsmålbredde og falsmålhøyde, må man ta i betraktning både måltoleranse, vinkelskjevhet og kantavvikelse som vist i fig. 3.

Måltoleransen har hittil vært svært variabel og har i enkelte tilfeller vist seg å gå opp i ± 10 mm. Fabrikker med moderne utstyr later imidlertid til å ha måltoleransen under full kontroll, og det virker ikke urealistisk å regne med en så snever måltoleranse som ± 0.5 mm.

Vinkelskjevheten må man regne med kan gå opp i 2 mm. Større vinkelskjevheter kan riktignok tenkes å forekomme i visse tilfeller, men kan antas justert ned ved monteringen av vinduet. For en rettinklet rute innsatt i vinkelskjev ramme blir forholdet det samme som for en vinkelskjev rute innsatt i rettinklet ramme, nemlig at misforholdet kan rettes opp vesentlig ved bruk av bæreklosser av forskjellig tykkelse. For en ramme med en vinkelskjevhet på 2 mm vil derfor klaringen mellom rute og fals i praksis bare reduseres med høyst ca. 0.5 mm.

Kantavvikelsen er vanligvis den faktor som gir størst utslag i toleransene på falsmålbredde og falsmålhøyde. For luftvinduer skyldes kantavvikelsen vesentlig at rammene deformeres, delvis på grunn av egen tyngde og delvis på grunn av de forseglete ruters vekt. Som eksempel kan nevnes horisontalhengslete svingvinduer hvor bunnrammestykket normalt vil bøyes ned på midten, topprammestykket opp på midten og begge siderammestykkene inn på midten. I store, faste vinduer vil karmene normalt ha så slanke profiler at de må festes og justeres ganske omhyggelig for at kantavvikelsene ikke skal bli svært store. Mest kritisk er det med toppkarmestykket, som har lett for å henge ned på midten og med bunnkarmestykket, som kan få de underligste deformasjoner p. g. a. rutens vekt om det ikke blir understøttet på de riktige steder.

Men også sidekarmstykkeene må festes riktig for at kantavvikelsene skal være under kontroll.

I praksis må man regne med at kantavvikelsene kan gå opp i ± 1 mm for luftvinduer med falsmålbredde eller -høyde på 1.5 m og ± 1.5 mm for store, faste vinduer. Variasjonen med vindusstørrelsen blir da omtrent som vist i fig. 5. Kantavvikelsenes innflydelse

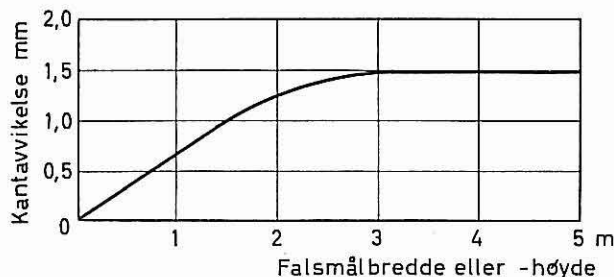


Fig. 5. Kantavvikelse som funksjon av vindusstørrelse.

på toleransene på falsmålbredde og -høyde blir det dobbelte av det som er angitt i fig. 5, idet man må regne med at to motstående ramme- eller karmstykker kan bøyes mot hverandre eller fra hverandre like mye.

Samlet må man regne med at toleransene på falsmålbredde og -høyde bestemmes av en måltoleranse på ± 0.5 mm, en toleranse p. g. a. vinkelskjevhet på -0.5 mm, samt en toleranse p. g. a. kantavvikelse som kan gå opp i ± 3.0 mm. I ugunstigste tilfelle ville disse faktorer overlages og gi en total toleranse på $+3.5$ mm. Tar man litt hensyn til samtidighetsfaktoren, finner man imidlertid at det er mere realistisk å sette den maksimale samlede toleranse til $+2.5$ mm, med en avhengighet av vindusstørrelsen som vist i fig. 6.

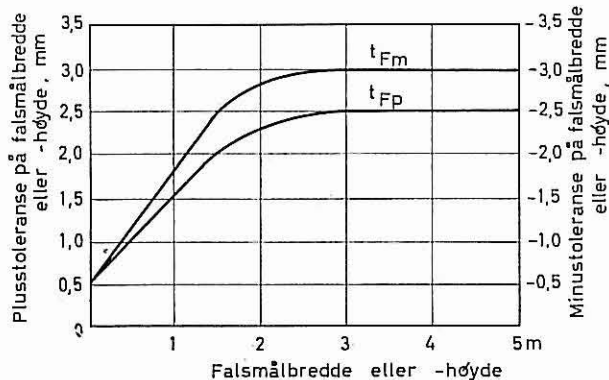


Fig. 6. Toleranser på falsmålbredde og -høyde som funksjon av vindusstørrelse.

For vinduer må man også regne med toleranser på glassfalsbredde og glassfalsdybde som vist i fig. 7.

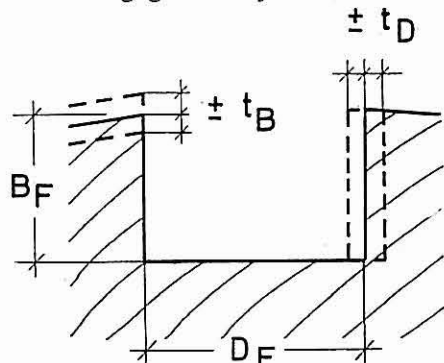


Fig. 7. Toleranser på glassfalsbredde og glassfalsdybde.

Toleransen t_B på glassfalsbredden B_F er ikke vanskelig å holde under kontroll, og denne bør kunne settes til ± 0.5 mm for trevinduer, ± 1.0 mm for jernvinduer av valsete profiler og ≈ 0 for aluminiumvinduer og stålvinduer av ekstruderte profiler. For glassfalsdybden D_F skulle man teoretisk sett ikke behøve å regne med noen toleranse for fals med regulerbart glasslistefeste. I praksis må man imidlertid regne med at både kantskjevhet og vindskjevhet som vist i fig. 8 kan komme inn i bildet. Disse skjevheter vil føre

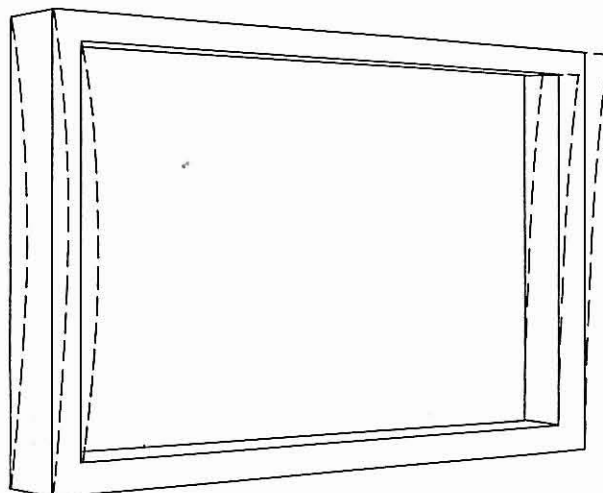


Fig. 8. Vindskjevhet og kantskjevhet i rommet.

til en reduksjon av sideklaringen på visse punkter, som vist i fig. 9. Resultatet er det samme som ved en

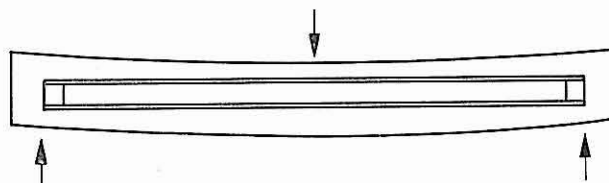


Fig. 9. Snitt gjennom bunnfals, sett ovenfra. Redusert sideklaring ved pilene p. gr. a. skjevheter.

reell toleranse i glassfalsdybden, og disse skjevheter må derfor kalkuleres inn i toleransene på glassfalsdybde og sideklaring. For trevinduer må man regne med at skjevheten kan gå opp i ± 1.0 mm for falsmålbredde 1.5 m, økende til ± 1.5 mm for falsmålbredde over 3 m. Dette er samme størrelsesavhengighet som vist i fig. 5. Toleransen t_D på glassfalsdybden D_F vil i ugunstigste tilfelle kunne bli det dobbelte og altså gå opp i ± 3.0 mm for meget store trevinduer. For metallvinduer vil skjevhetene neppe være så store som for trevinduer. Til gjengjeld har mange metallvinduer fastskrudde glasslister eller glassfalsknaster hvor man må regne med en toleranse i festenes plassering på ± 1 mm. Man må derfor i praksis regne med at toleransen i glassfalsdybden i ugunstigste tilfelle kan bli av samme størrelsesorden som for trevinduer.

5. Termiske bevegelser

De forskjellige materialer i forseglede ruter og i ramme eller karm vil ha forskjellig varmeutvidelseskoeffisient. Dette betyr at rutene vil bevege seg i forhold til falsen med vekslende temperatur, noe som blant annet vil medføre at klaringene endrer seg. Man

må derfor ta hensyn til disse bevegelser ved fastleggelse av nominelle klaringer og falsdimensjoner.

Varmeutvidelseskoeffisientene for de aktuelle materialer er følgende:

glass	$8 \cdot 10^{-6}$
tre (på langs av fiberretn.)	$5 \cdot 10^{-6}$
jern	$12 \cdot 10^{-6}$
aluminium	$24 \cdot 10^{-6}$

Aluminium og jern vil altså utvide seg i forhold til glass ved økende temperatur og trekke seg sammen ved synkende temperatur. For tre kontra glass vil forholdet være det motsatte.

Kontraksjon (k)	aluminium — glass	vinterstid	0.56 mm pr. m falsmål
»	jern — glass	»	0.14 » » » »
»	tre — glass	sommerstid	0.10 » » » »
Ekspansjon (e)	aluminium — glass		0.64 » » » »
»	jern — glass	»	0.16 » » » »
»	tre — glass	vinterstid	0.12 » » » »

6. Fuktighetsbevegelser i treverk

Treverk vil endre dimensjoner med vekslende fuktighet. Økende fuktighetsinnhold fører til at treverket sveller og avtagende fuktighetsinnhold til at det krymper. Ifølge tilgjengelige opplysninger kan man for furu regne med at 1 vektprosent variasjon i fuktighetsinnholdet gir følgende svinn og svellingsmål:

På langs av fiberretningen	$\alpha_l = 0.01 \%$
Radielt	» $\alpha_r = 0.13 \%$
Tangentielt	» $\alpha_t = 0.25 \%$

Hvordan fuktigheten i trevinduer varierer med årstiden, vet man strengt tatt for lite om, og det er åpenlyst at forholdene kan være meget forskjellige. Normalt kan man regne med at treverket på innsiden av vinduene vil tørke ut fra ca. 15 % til ca. 11 % fuktighetsinnhold i løpet av fyringssesongen, om det ikke stadig nedfuktes av kondens. På utsiden må man regne med en nedfuktning i samme tidsrom på grunn av høy luftfuktighet, høstregn og smeltende sne. For godt vedlikeholdt treverk kan man grovt anta at fuktighetsinnholdet øker fra ca. 15 til ca. 20 %, for dårlig vedlikeholdt treverk helt opptil ca. 30 %. På sommeren vil så treverket gå tilbake til ca. 15 % fuktighetsinnhold igjen, og på solsiden kan man i tørre sommere godt få en videre uttørkning av utvendig treverk ned mot ca. 10 % fuktighetsinnhold. Årsvariasjonene innvendig og utvendig går imidlertid i motsatt retning, og variasjonene i det indre av rammen, som jo er avgjørende for endringene i falsmålbredder og -høyde, vil være atskillig mindre. Nå kan man av grunner som skal utdypes nærmere litt senere, ikke akseptere at treverket blir dårlig vedlikeholdt. Det man må regne med her, er derfor normalt godt vedlikeholdt treverk, og for dette kan man grovt anslå fuktighetsvariasjonene i det indre av rammene til ca. 3 vektprosent. Det som har mest interesse, er imidlertid endringene i fuktigheten i forhold til fuktigheten ved produksjonen av vinduene, da det er disse endringer som bestemmer avvikelser fra de nominelle falsmål. Med tallverdiene ovenfor kan disse variasjoner anslås til ca. 2 % uttørking sommerstid og 1 % nedfuktning vinterstid. En uttørking på 2 % sommerstid betyr en kontraksjon tre — glass på 0.2 mm pr. m falsmål, og overlagret kontraksjonen ved økende temperatur sommerstid vil dette gi en samlet kontraksjon tre — glass sommerstid på 0.3 mm pr.

Hvilke temperaturer man skal regne med, kan være litt diskutabelt. Vanligvis vil produksjon av vinduer og forseglede ruter foregå ved temperaturer mellom +15 og +25°C, og de nominelle mål vil bli satt ut ved disse temperaturer. I praksis må man regne med at utelufttemperaturen vil kunne gå ned i -25°C og gi ytre glass og ytre del av rammen en temperatur på ca. -15°C. Tilsvarende må man regne med at temperaturen på solskinnsdager om sommeren kan gå opp i ca. +60°C. Dette gir en total temperaturvariasjon på ca. 75°C, fordelt med ca. 40°C temperaturforhøyelse og ca. 35°C temperatursenkning i forhold til utgangstilstanden. De relative bevegelser dette vil føre med seg, er følgende:

m falsmål. Tilsvarende ekspansjon vinterstid vil gå opp i 0.2 mm pr. m falsmål.

For trykkimpregnert treverk uten overflatebehandling vil fuktighetsinnholdet variere omtrent som for ubehandlet treverk. Fuktighetsbevegelser vil derfor bli vesentlig større enn det som er angitt ovenfor for godt vedlikeholdt treverk.

7. Kantklaringen

Forseglete ruter plasseres vanligvis på to bæreklosser med tykkelse tilsvarende den nominelle kantklaring A_{nom} . Teoretisk sett skulle bæreklossene være plassert en femtedel av rutebredden inn fra hjørnene for å gi minimum spenninger i glasset. Plasseringen er imidlertid ikke kritisk, og for enkelthets skyld plasseres bæreklossene som oftest i fjerdedelspunktene, en fjerdedel av rutebredden inn fra hjørnene.

Kantavvikelsene vil føre til at den virkelige klaring under ruten blir noe mindre enn den nominelle. Alt ettersom det dreier seg om en oppbøyning eller nedbøyning, får man to forskjellige tilfeller som vist i fig. 10. Kantavvikelsen antas ifølge fig. 5 å kunne gå

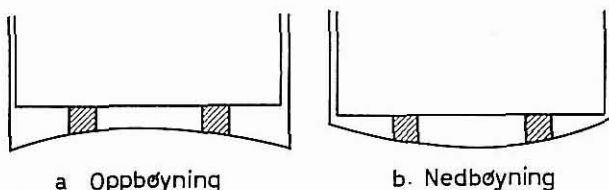


Fig. 10. Reduksjon av klaringen under ruten p. gr. a. deformasjon av bunnrammestykket.

opp i 1.5 mm. Regner man bøyingsfeilen som en sinuskurve, finner man ved oppbøyningen i fig 10 a at klaringen på midten vil reduseres med 0.44 mm og ved nedbøyningen i fig. 10 b at klaringen ute ved hjørnene vil reduseres med 1.06 mm. Vanligvis kan imidlertid glassmesteren forutsi nedbøyninger av denne type og forskyve bæreklossene ut mot hjørnene, slik at den virkelige reduksjon av klaringen blir godt under 0.5 mm. Dette er så lite at man ikke behøver å ta det i betraktning, og den nødvendige klaring under ruten kan derfor settes lik minimumsklaringen A_{min} , altså

$$A_{n \text{ bunn}} = A_{min} \quad (1)$$

Størrelsen av minimumklaringen vil bli diskutert senere under dette kapittel.

Den nominelle klaring langs rutens vertikale sidekanter må være så stor at minimumklaringen ikke underskrides når toleransene på glassmål og falsmål, samt bevegelsen (kontraksjonen) mellom ramme og glass tas i betraktning. I praksis kan man regne med at både toleransene og bevegelsene fordeler seg med en halvpart på hver av sidekantene. Den nødvendige

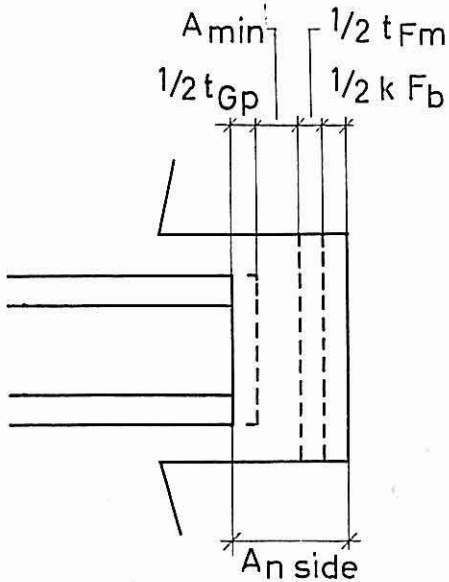


Fig. 11. Nødvendig klaring på sidene.

kantklaring på sidene blir da ifølge fig. 11:

$$A_{n \text{ side}} = A_{\min} + \frac{1}{2} t_{Gp} - \frac{1}{2} t_{Fm} + \frac{1}{2} k F_b \quad (2)$$

- der A_{\min} = minimumklaringen
 t_{Gp} = plus toleranse glassmålbredde
 t_{Fm} = minus toleranse falsmålbredde
 k = rammens kontraksjon i forhold til ruten
 F_b = falsmålbredde

Minustegnet foran t_{Fm} kommer av at minimumtoleransen på falsmålet er negativ.

For klaringen over ruten finner man på tilsvarende måte

$$A_{n \text{ topp}} = A_{\min} + t_{Gp} - t_{Fm} + k F_h \quad (3)$$

Her er det regnet med at ruten står fast i bunnen slik at toppen må ta både toleransene på glassmål og falsmål samt hele bevegelsen mellom ramme og glass.

Av (1), (2) og (3) ser man at kravene til kantklaringen er forskjellig for bunn, side og topp. I praksis vil det neppe være gjennomførbart å operere med forskjellige klaringer på de forskjellige kanter. Man må forsøke å sammenfatte kravene i en felles nominell kantklaring. Den første forenklingen man kan innføre, er å la være å skille mellom falsmålbredde F_b og falsmålhøyde F_h i (2) og (3) og i stedet regne med et felles falsmål F som det største av bredde eller høyde. Videre kan man i praksis regne med å fordele toleransene i høyderetningen likt på bunn og topp ved å justere tykkelsen på bæreklossene. Bevegelsene i høyderetningen vil imidlertid alltid foregå

i toppen. Kravene endres med dette til

$$A_{n \text{ bunn}} = A_{\min} + \frac{1}{2} t_{Gp} - \frac{1}{2} t_{Fm} \quad (1a)$$

$$A_{n \text{ side}} = A_{\min} + \frac{1}{2} t_{Gp} - \frac{1}{2} t_{Fm} + \frac{1}{2} k F \quad (2a)$$

$$A_{n \text{ topp}} = A_{\min} + \frac{1}{2} t_{Gp} - \frac{1}{2} t_{Fm} + k F \quad (3a)$$

Forskjellen mellom (1a), (2a) og (3a) ligger bare i leddet som utgjør bevegelsene. Man ser videre at

$$A_{n \text{ bunn}} + A_{n \text{ topp}} = 2 A_{n \text{ s.de}} \quad (4)$$

Man kan derfor greie seg med en felles nominell klaring

$$A_{\text{nom}} = A_{\min} + \frac{1}{2} t_{Gp} - \frac{1}{2} t_{Fm} + \frac{1}{2} k F \quad (5)$$

forutsatt at man ved innsetningen justerer klaringen i toppen noe større enn klaringen i bunnen, tilsvarende leddet kF i (3a). Hvor mye dette utgjør i praksis, vil bli behandlet senere.

Av størrelsene som inngår i (5) er t_{Gp} , t_{Fm} og k bestemt tidligere, og det er bare A_{\min} som gjenstår før A_{nom} lar seg beregne rent tallmessig. Minimumklaringen oppfattes ofte som identisk med den nominelle klaring. Dette er imidlertid feilaktig. Den nominelle klaring er jo nettopp fastlagt for å gi spillerom for toleransene på falsmål og glassmål samt bevegelsene mellom rute og ramme eller karm. Den absolutte minimumklaring A_{\min} i (5) bestemmes i virkeligheten av to forhold, nemlig at ruten ikke under noen omstendighet må være i kontakt med falsen, samt at ruten skal kunne settes inn i falsen uten urimelige vanskeligheter. Det første kravet er for vinduer i normal utførelse oppfylt ved en minimumklaring på 1 mm. Små ruter lar seg også lett sette inn med denne klaring. Ved større og tyngre ruter må imidlertid minimumklaringen økes, for de største ruter fortrinnsvis opp til 3 mm, da disse ellers vil ha lett for å støte bort i bunnen av falsen under innsetningsarbeidet. Minimumklaringens avhengighet av rutestørrelsen blir da omtrent som kurve 1 i fig. 12.

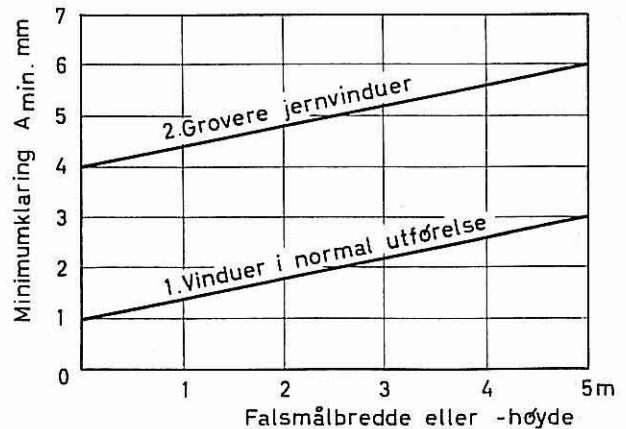


Fig. 12. Minimumklaring som funksjon av vindusstørrelse.

I grovere jernvinduer har man ofte sveiselabber blant annet i hjørnene, og alle minimumklaringer må derfor økes med 3 mm som kurve 2 i fig. 12.

Den nominelle klaring lar seg nå beregne. Av størrelsene i (5) finner man A_{\min} av fig. 12 og t_{Fm} av fig. 6. De øvrige størrelser er

- $t_{Gp} = +3$ mm
 $k = 0.3$ mm pr. m falsmål for trevinduer
 $k = 0.56$ » » » » aluminiumvinduer
 $k = 0.14$ » » » » jernvinduer

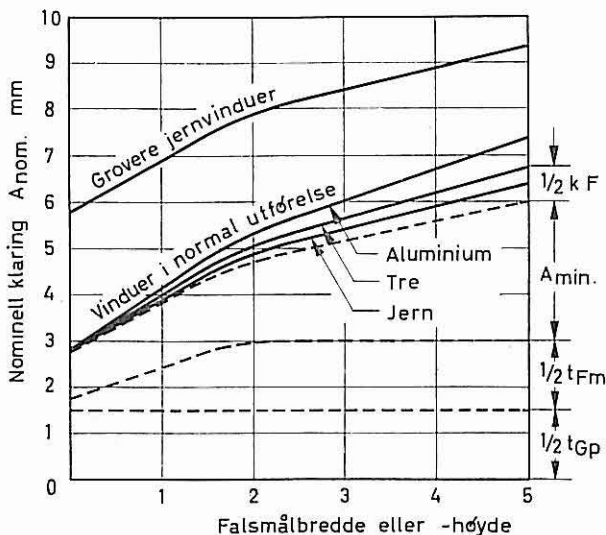


Fig. 13. Nominell klaring som funksjon av vindusstørrelse.

Resultatet fremgår av fig. 13. For trevinduer er det vist hvordan den nominelle klaring bygges opp av de 4 ledd i (5). Som man ser, faller kurvene for tre-, jern- og aluminiumvinduer i normal utførelse så nær hverandre at det ikke er noen større praktisk forskjell, mens kurven for grovere jernvinduer ligger helt for seg selv. Dette skyldes kravet om 3 mm ekstra minimumklaring.

Det har neppe noen hensikt å bruke kurvene i fig. 13 til å ta ut nominell kantklaring i hvert enkelt tilfelle. Man må heller forsøke å inndele vinduene i et begrenset antall klasser. Følgende oppdeling virker naturlig:

Klasse 1. Vinduer med største falsmål ca. 1.5 m. I denne gruppe faller da alle luftvinduer, samt faste vinduer av moderat størrelse.

Klasse 2. Vinduer med største falsmål mellom 1.5 m og 3 m.

Klasse 3. Vinduer med største falsmål mellom 3 m og 5 m.

For disse klasser skulle det passe med nominelle klaringer som oppført i tabell 3.

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Tre-, jern- og aluminiumvinduer i normal utfør.	5	6	7
Grovere jernvinduer	7	8	9

Tabell 3. Nominelle kantklaringer, regnet i mm.

For vinduer i normal utførelse er disse klaringer jevnt over 1 mm større enn hva som hittil har vært praktisert i Europa. Det er i denne forbindelse verd å merke seg at amerikansk praksis alltid foreskriver en nominell klaring på $\frac{1}{4}$ ".

Tykkelsen på bæreklossene skulle teoretisk sett være lik den nominelle klaring minus halvparten av bevegelsen i toppen av ruten, tilsvarende leddet $\frac{1}{2} k F$ i (5). Av fig. 13 ser man at for trevinduer og jernvinduer vil dette leddet være så lite at man kan se bort fra det. Det samme gjelder aluminiumvinduer med falsmålhøyde under ca. 2 m. I praksis kan man

for disse vinduer derfor helt enkelt justere inn klaringene i bunn og topp til noenlunde samme størrelse. For aluminiumvinduer med falsmålhøyde over 2 m bør imidlertid klaringen i toppen av ruten justeres 2 mm større enn klaringen i bunnen.

I praksis må man regne med å måtte kunne justere tykkelsen av bæreklossene ned helt til minimumklaringen A_{min} . Dette betyr at man skulle måtte operere med bæreklosser i et stort antall tykkelser fra 1 mm til 9 mm, og noe slikt er helt utenkelig i praksis. Det greieste er antagelig å operere med en standard bæreklossstykkelse på f. eks. 5 mm og heller bruke 1 mm tykke justeringsklosser for å oppnå større bunnklaring. Om det da en gang iblant skulle bli bruk for tynnere klosser enn 5 mm, kunne man bare legge et passende antall 1 mm klosser på hverandre.

8. Glassfalsbredden

Den nødvendige glassfalsbredde vil i likhet med kantklaringen være litt forskjellig for bunn, side og topp. For bunnfalsen blir kravet, som det vil fremgå av fig. 2, helt enkelt:

$$B_{F \text{ bunn}} = A_{nom} + C + E \quad (6)$$

der $B_{F \text{ bunn}}$ = nødvendig glassfalsbredde i bunnen av ruten

A_{nom} = nominell kantklaring

C = bredde av rutens kantforsegling

E = anbefalt overdekning av kantforseglingen

For sidefalsen må derimot glassfalsbredden være så stor at overdekningen E ikke underskrides, selv om ruten har største minustoleranse, falsmålet største plusstoleranse, glassfalsbredden største minustoleranse, og rammen har ekspandert så mye som mulig i forhold til glasset. Kravet blir derved ifølge fig. 14:

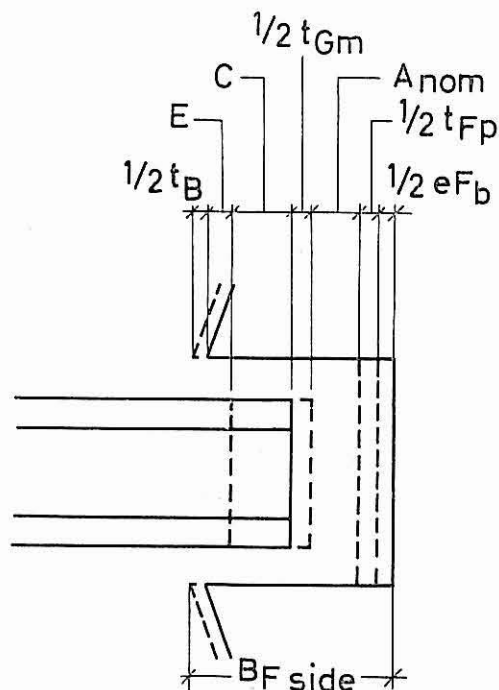


Fig. 14. Nødvendig glassfalsbredde på sidene.

$$B_{F \text{ side}} = A_{\text{nom}} + \frac{1}{2} t_{Fp} - \frac{1}{2} t_{Gm} + \frac{1}{2} t_B + \frac{1}{2} e_{Fb} + C + E \quad (7)$$

der $B_{F \text{ side}}$ = nødvendig glassfalsbredde på rutens sider

- t_{Fp} = plusstoleranse falsmålsbredde
 t_{Gm} = minustoleranse glassmålbredde
 t_B = toleranse glassmålbredde
 e = rammens ekspansjon i forhold til ruten
 F_b = falsmålbredde

For toppfalsen finner man på tilsvarende måte:

$$B_{F \text{ topp}} = A_{\text{nom}} + t_{Fp} - t_{Gm} + t_B + e_{Fh} + C + E \quad (8)$$

Også her er det hensiktsmessig å la være å skille mellom falsmålbredde og falsmålhøyde og regne med største falsmål F . Ved å fordele toleransene i høyderetningen på bunn og topp ved å justere bæreklossenes tykkelse, finner man, på samme måte som for kantklaringen, at følgende felles glassfalsbredde vil være tilstrekkelig:

$$B_{F \text{ nom}} = A_{\text{nom}} + \frac{1}{2} t_{Fp} - \frac{1}{2} t_{Gm} + \frac{1}{2} t_B + \frac{1}{2} e_F + C + E \quad (9)$$

Egentlig skulle man regnet med eF istedenfor $\frac{1}{2} eF$ for å få full overdekning i toppen av ruten i ugunstigste tilfelle. Men siden toppen av ruten er det minst utsatte sted, må det ansees fullt forsvarlig å renonsere noe på overdekningen i visse ekstreme tilfeller.

Av størrelsene som inngår i (9) finner man A_{nom} av fig. 13 eller tabell 3 og t_{Fp} av fig. 6. Av de øvrige størrelser er følgende kjent:

$$t_{im} = -2 \text{ mm}$$

$$t_B = \begin{cases} \pm 0.5 \text{ mm for trevinduer} \\ \pm 1.0 \text{ » » jernvinduer av valsete profiler} \\ \text{ca. } 0 \text{ » » aluminiumvinduer og stål-} \\ \text{vinduer av ekstruderte profiler} \end{cases}$$

$$e = \begin{cases} 0.2 \text{ mm pr. m falsmål for trevinduer} \\ 0.16 \text{ » » » » jernvinduer} \\ 0.64 \text{ » » » » aluminium-} \\ \text{vinduer} \end{cases}$$

Det gjenstår å bestemme størrelsene C og E .

Ifølge Norges byggforskningsinstituttts erfaringer bør overdekningen E være minst 4 mm for ruter med utvendig metallkant og minst 2 mm for ruter uten utvendig metallkant. Disse anbefalinger er motivert av flere forhold. Først og fremst gjelder det å få redusert randeffekten p.gr.a. kantforseglingen slik at mulighetene for kondens og isdannelse langs rutekanten reduseres mest mulig. Videre er det for de limte rutetyper med utvendig metallkant om å gjøre å få en skikkelig overdekning med kitt slik at vannet ikke kommer ned til kantforseglingen. Endelig er det rent estetisk som oftest å foretrekke at kantforseglingen syns minst mulig.

Bredden C av kantforseglingen for de aktuelle typer på det norske marked er oppført i tabell 4. De oppførte data baserer seg på opplysninger fra de respektive fabrikanter, tildels korrigert i henhold til Norges byggforskningsinstituttts oppmålinger. Grunnen til at Aluco er oppført 2 ganger i tabellen er at det til disse ruter

Tabell 4. Bredde av kantforsegling og anbefalt overdekning for rutetyper på det norske marked.

	Rutetyper	Bredde av kantforsegling C mm	Anbefalt overdekning E mm	C + E mm
Ruter med utvendig metallkant	Aluco (utvendig)	6 — 9	4	10—13
	Aterphone	10	4	14
	Cudo	6 — 10	4	10—14
	Duoterm	10	4	14
	Multipane	10	4	14
	Polyglass	10	4	14
Ruter uten utvendig metallkant	Aluco (innvendig)	12	2	14
	Gado	12	2	14
	Schalker Isolierglas	8 — 12	2	10—14
	Thermopane	8 — 12	2	10—14

benyttes et aluminiumprofil som stikker ganske dypt inn mellom glassene, men gir en noe smalere utvendig metallkant. I tabellen er også oppført anbefalt overdekning E , og summen av kantforseglingens bredde

og den anbefalte overdekning, $C + E$. Som man ser, vil $C + E = 14$ mm dekke samtlige aktuelle typer, og dette vil bli benyttet i beregningene.

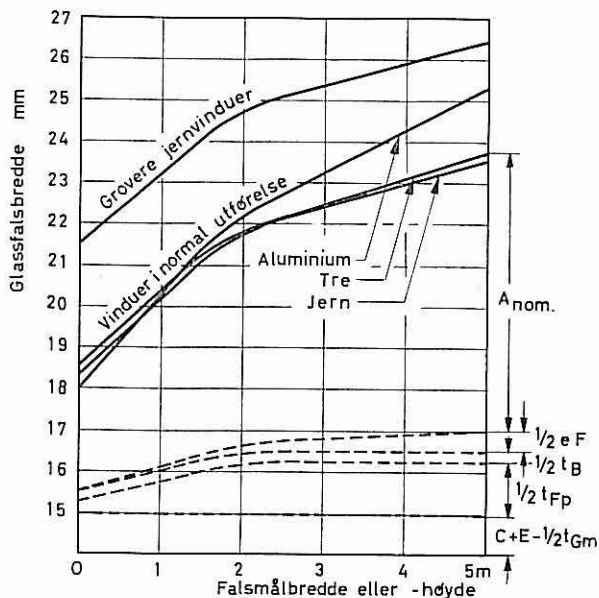


Fig. 15. Nominell falsbredde som funksjon av vindusstørrelse. Kantklaring ifølge fig. 13.

De glassfalsbredder man finner ved å sette inn de aktuelle tallverdier i (9) fremgår av fig. 15 og 16. I fig. 15 er kantklaringen tatt ut ifølge kurvene i fig. 13, mens det i fig. 16 er regnet med kantklaringer ifølge tabell 3. Om man sammenligner fig. 15 og 16 og benytter den tidligere oppdeling i klasser etter rute-

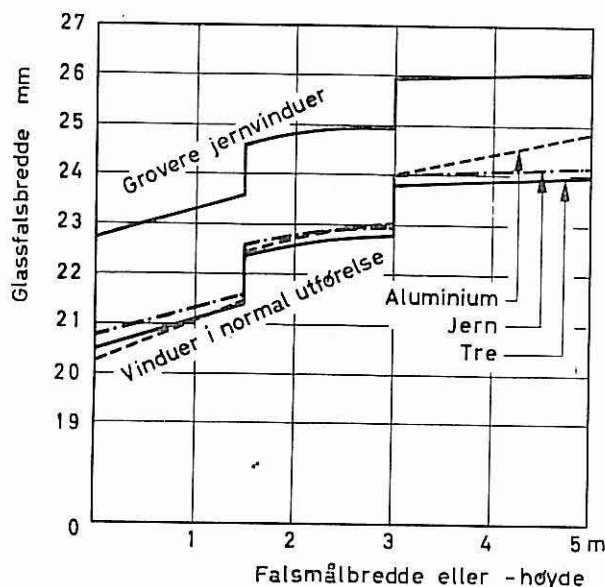


Fig. 16. Nominell falsbredde som funksjon av vindusstørrelse. Kantklaring ifølge tabell 3.

størrelsen samt klaringer ifølge tabell 3, finner man at det skulle passe med nominelle glassfalsbredder som oppført i tabell 5. De glassfalsbredder som hittil har vært spesifisert av fabrikkantene, har ligget mellom 14 mm for små ruter og 20 mm for meget store ruter. Som man ser av tabell 5, er de glassfalsbredder man her har kommet frem til, vesentlig større.

Tabell 5. Nominelle glassfalsbredder, regnet i mm.

Vindustype	Rutestørrelse		
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Trevinduer og jernvinduer i normal utførelse	21	23	24
Aluminiumvinduer i normal utførelse	21	23	25
Grovare jernvinduer	24	25	26

Glassfalsbredden kan også beregnes på et annet grunnlag, nemlig overdekningen av avstandsklossene. Vanligvis benyttes det avstandsklosser som er 10 mm

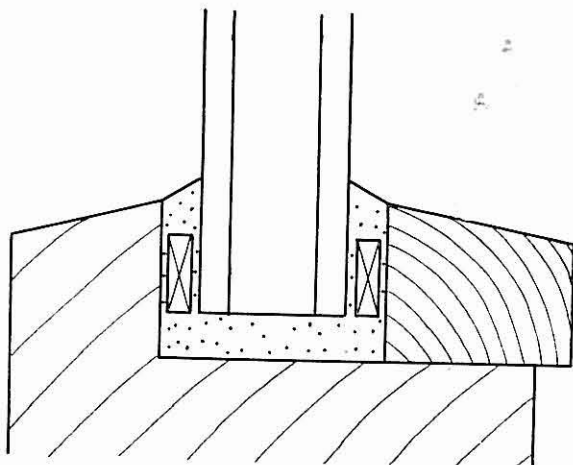


Fig. 17. Plasering og overdekning av avstandsklosser.

høye, og disse plasseres slik at de flukter med kanten av ruten som vist i fig. 17. Anbefalt minimum overdekning er 5 mm. Dette betyr at høyden av avstandskloss og overdekning vil gå opp i 15 mm, mens det ved beregningen av den nominelle glassfalsbredde ble regnet med en samlet bredde av kantforsegling og overdekning på 14 mm. Flate avstandsklosser lar seg imidlertid lett presse 1 mm ned i falsen slik at kravene kommer til å stemme overens. For U-formede avstandsklosser kan man enten redusere den innvendige klosshøyden til 9 mm, eller i nødsfall renonsere litt på overdekningen. Også ut fra dette synspunkt skulle glassfalsbreddene i tabell 5 være akseptable.

9. Sideklaring og anvendbare kitt-typer

Hittil har det vært spesifisert nominelle sideklaringer og sidekittbredder varierende fra 2 til 6 mm avhengig av rutestørrelsen. Disse tall baserer seg på praktiske erfaringer fra et forholdsvis kort tidsrom. Strengt tatt vil kravene til minimum sideklaring

være forskjellige alt etter hvilken kitt-type som skal benyttes. Man vil jo alltid ha visse bevegelser mellom rute og fals, og de bevegelser som kittet kan klare, vil være høyst forskjellig for de forskjellige kitt-typer.

Den viktigste bevegelse later til å være på langs av falsen, idet rutens bredde og høyde, såvel som falsmålbredde og -høyde, vil forandre seg med vekslende temperaturer, for treverk også med varierende materialfuktighet. Toppen av ruten får en bevegelse tilsvarende summen av de tidligere beregnede ekspansjoner og kontraksjoner ($e + k$), mens hver av de vertikale sider vil få halvparten av disse bevegelser. Fig. 18 viser hvor store skjærdeformasjoner man må regne med at sidekittet i toppen av rutene vil få ved forskjellige rutehøyder, sidekittbredder og vindusmaterialer. På sidene vil bevegelsene som nevnt bare gå opp i det halve.

Av fig. 18 fremgår det at skjærdeformasjonene lett

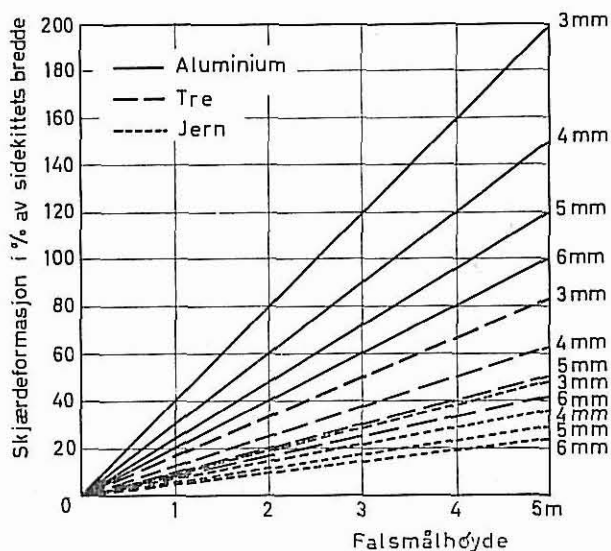


Fig. 18. Skjærpåkjenninger på sidekittet i toppen av ruten ved forskjellige kittbredder og vindusmaterialer.

kan bli meget store, selv for moderate rutestørrelser. Man kan imidlertid ikke regne med at de tilgjengelige kitt-typer i aldret tilstand kan klare større deformasjoner enn angitt i tabell 6.

Ved å sammenligne fig. 18 og tabell 6, finner man

da ganske snart ut at visse kitt-typer ikke er brukbare i det hele tatt, med mindre rutestørrelsen er liten og bredden av sidekittet stor. Å øke bredden av sidekittet utover ca. 6 mm har imidlertid liten hensikt, da det i praksis vil støte på store vanskeligheter. Man må derfor velge minimum sidekittbredde og brukbare kitt-typer innenfor de muligheter som fig. 18 og tabell 6 gir. Med den tidligere benyttede inndeling av de forseglete ruter i 3 klasser etter størrelse, skulle det passe med sidekittbredder og kitt-typer som angitt i tabell 7. Ved utarbeidelsen av denne tabellen er det ikke forsøkt å finne de absolutt minste sidekittbredder. Hovedvekten er isteden lagt på å få samme sidekittbredde for vinduer av forskjellig materiale, men med samme rutestørrelse. På bunnen av tabellen er det så oppført en del sidekittbredder med tilhørende kitt-typer som faller utenfor hoveddelen av tabellen.

Av tabell 7 vil det fremgå at det jevnt over bør brukes vesentlig bedre kitt-typer enn hva som hittil for det meste har vært tilfelle. Spesielt bør man merke seg at de plastiske vinduskitt (termokitt o. l.) faller helt ut av hovedtabellen. Bare for jernvinduer av moderate og små størrelser (klasse 1) og med stor sidekittbredde, kan de plastiske vinduskitt i det lange løp ansees som akseptable. Mange vil kanskje hevde at det ikke kan være riktig å slakte de plastiske vinduskittene på denne måte og at de praktiske erfaringer slett ikke er så dårlige. Dette er imidlertid et standpunkt som er svært diskutabelt. Norges byggforskningsinstituttets erfaringer er i hvert fall at plastiske vinduskitt i svært mange tilfeller slipper mot glass eller fals og glasslist etter få år. En del av disse skader skyldes riktignok dårlig forbehandling av falsene eller kitting på fuktig underlag, men det gjenstår en rekke hittil uopklarte tilfeller. Det er også verd å merke seg at glassmestrene med sine erfaringer med plastiske vinduskitt ganske kategorisk sier at kittingen ikke vil holde tett i det lange løp, og at glasslistene derfor bør plasseres utvendig. Det skal imidlertid her innskytes at en rekke av de plastiske vinduskitt i den seneste tid har blitt forbedret slik at de har utviklet seg sterkt i retning av plastiske fugekitt. En enkelt fabrikant hevder for et av sine produkter at det kan ta en bevegelse på 15 % variasjon av fugebredden. Ytterligere forbedringer på dette området kan sikkert ventes.

Man bør også merke seg at hoveddelen av tabell 7 bare omfatter kitt i sprøyte kvalitet. Også de nye og

Tabell 6. Maksimalt tillatte deformasjoner for aldrede kitt av forskjellige typer.

Kitt-typer	Deformasjoner i % av kittbredden	
	strek-trykk	skjær
Plastiske vinduskitt (Termokitt o. l.)	2 %	10 %
To-komponent plastiske kitt (oljebaserte)	2 %	10 %
Plastiske oljebaserte fugekitt	10 %	40 %
Seigplastiske fugekitt (hovedsakelig butylgummibaserte)	25 %	75 %
Elastiske fugekitt (hovedsakelig polysulfidbaserte)	50 %	150 %

Tabell 7. Sidekittbredder og anvendbare kitt-typer.

Rute-størrelse	Minimum sidekitt-bredde mm	Nominell sidekitt-bredde mm	Vindus-materiale	Anvendbare kitt-typer
Klasse 1	3	4	Tre	Plastiske oljebaserte fugekitt Seigplastiske fugekitt Elastiske fugekitt
			Aluminium	Seigplastiske fugekitt Elastiske fugekitt
			Jern	Plastiske oljebaserte fugekitt Seigplastiske fugekitt Elastiske fugekitt
Klasse 2	3.5	5	Tre	Plastiske oljebaserte fugekitt Seigplastiske fugekitt Elastiske fugekitt
			Aluminium	Elastiske fugekitt
			Jern	Plastiske oljebaserte fugekitt Seigplastiske fugekitt Elastiske fugekitt
Klasse 3	4.5	6	Tre	Seigplastiske fugekitt Elastiske fugekitt
			Aluminium	Elastiske fugekitt
			Jern	Plastiske oljebaserte fugekitt Seigplastiske fugekitt Elastiske fugekitt
Klasse 1	4.5	5.5	Aluminium	Plastiske oljebaserte fugekitt
	5	6	Jern	Plastiske vinduskitt To-komponent plastiske kitt
Klasse 2	5	6.5	Aluminium	Seigplastiske fugekitt
Klasse 3	6	7.5	Tre	Elastiske fugekitt

forbedrede typer av plastiske vinduskitt vil ha en sådan konsistens at de helst bør anbringes med kitt-sprøyte. Man står med andre ord foran en fullstendig omlegging av kitt-teknikken.

Den nominelle sidekittbredde bestemmes av kravet til minimum sidekittbredde samt toleransen t_D på glassfalsdybden D_F :

$$K_{nom} = K_{min} + \frac{1}{2} t_D \quad (10)$$

Toleransen på glassfalsdybden er diskutert under kap. 4. Halve toleransen på glassfalsdybden er satt til 1, 1.5 og 1.5 mm for henholdsvis klasse 1, 2 og 3. De nominelle sidekittbredder som derved fremkommer, er tatt med i tabell 7.

Sidekittet vil også være utsatt for strekk-trykk-bevegelser på tvers av falsen. Hvor store de relative bevegelser vil bli, vil avhenge blant annet av den totale glassfalsdybde og sidekittets bredde. Kontrollberegninger viser imidlertid at de kombinasjoner av sidekittbredde og kitt-typer som er oppført i tabell 7, er helt i orden også sett ut fra dette synspunkt.

10. Glassfalsdybden

Dybden av glassfalsen uten glasslist vil bli lik summen av rutetykkelse, nominell bredde av sidekitt på begge sider av ruten, samt største plusstoleranse på rutetykkelse.

$$D_{F nom} = T_{R nom} + 2 K_{nom} + t_{Rp} \quad (11)$$

der $D_{F nom}$ = nominell glassfalsdybde
 $T_{R nom}$ = nominell rutetykkelse
 K_{nom} = nominell sideklaring
 t_{Rp} = plusstoleranse rutetykkelse

Den nominelle bredde av sidekittet kan man ta ut av tabell 7, mens t_{Rp} ifølge kapitel 3 kan settes til 1 mm. For å bestemme glassfalsdybden, behøver man da bare å kjenne den nominelle rutetykkelse. Denne har imidlertid hittil vært svært forskjellig for de forskjellige rutetyper. Man har hatt luftrom fra 4 til 15 mm og glasstykkelse fra 2 til 12 mm. Utviklingen later nå til å gå mot luftrom på 12 — 15 mm, og for tvillingruter får man da rutetykkelse som angitt i tabell 8.

Tabell 8. Tykkelse av tvillingruter.

Rute-størrelse	Glasstykkelse mm	Luftrom mm	Rutetykkelse mm
Klasse 1	3 — 4	12 — 15	18 — 23
Klasse 2	4 — 6	12 — 15	20 — 27
Klasse 3	6 — 12	12 — 15	24 — 39

For klasse 1 kan man antagelig ta 20 mm som standard nominell tykkelse og justere avvikelsene med glasslisten. Dette gir en nominell glassfalsdybde uten glasslist på $20 + 2 \cdot 4 + 1 = 29$ mm. For klasse 2 og 3 derimot later det til å være vanskelig å fastsette noen standard rutetykkelse uten at det kan bli for mye som må justeres med glasslisten. For disse klasser bør derfor glassfalsdybden bestemmes i hvert enkelt tilfelle etter at rutens totaltykkelse er kjent. For ruter med 3 eller flere glass blir den nødvendige glassfalsbredde tilsvarende større.

11. Fylling av kantklaringen med kitt

Spørsmålet om hvorvidt det er nødvendig å fylle klaringen langs rutens kanter med kitt, har vært mye diskutert. Européisk praksis har hittil vært at klaringen skal fylles fullstendig slik at ruten flyter i en seng av kitt på alle kanter. Amerikansk praksis derimot har foreskrevet at det skal fylles med kitt under ruten, mens det skal være et luftrom på begge sider og i toppen.

Det er flere ting som må tas i betraktning når man skal vurdere nødvendigheten av å fylle med kitt langs kanten. Det første er hva som vil skje med dette kittet når ruten beveger seg i forhold til falsen ved veksellende temperatur og materialfuktighet. I toppen av ruten må man regne med en bevegelse tilsvarende summen av de tidligere beregnede ekspansjoner og kontraksjoner og på hver av sidene ca. halvparten av disse. Om kittfyllingen er perfekt og kittet i seg selv inkompressibelt, vil man da få en kittskade i form av utpressing som vist i fig. 19. Man kan også i verste fall risikere at rutens kantforsegling skades. Hvor store bevegelser man må regne med å ha i toppen av rutene, er vist på fig. 20. Nå er rutens totaltykkelse vanligvis adskillig større enn summen av bredden av sidekittet på begge sider av ruten. For ruter av klasse

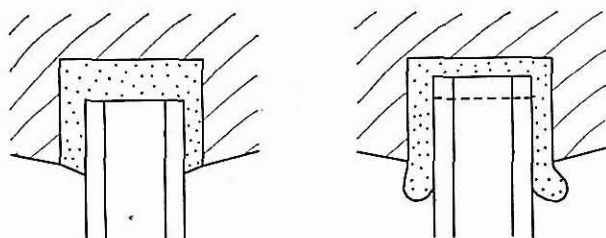


Fig. 19. Utpressing av kitt p. gr. a. bevegelse mellom rute og fals.

1 vil man ifølge foregående kapittel ha en rutetykkelse på ca. 20 mm ved en samlet sidekittbredde på ca. 8 mm. Dette betyr at utpressingsbevegelsen i sidekittet vil bli ca. 2.5 ganger større enn rutens bevegelse. For ruter av klasse 2 og 3 blir både rutetykkelse og sidekittbredde større, men forholdet skulle bli noenlunde det samme, ca. 2.5. Ved ruter med 3 eller flere glass vil imidlertid forholdene forverre seg tilsvarende. Regner man med en multiplikasjonsfaktor på 2.5 og en tillatt utpressingsbevegelse i sidekittet på 1 mm, finner man største tillatte falsmålhøyde med kittfylling langs kantene til 0.8 m for trevinduer, 0.3 for aluminiumvinduer og 1.3 m for jernvinduer. Største tillatte falsmålbredde blir da det dobbelte av dette. Man finner altså kort og godt at det ikke vil være tilrådelig å fylle langs kantene i toppen og på sidene annet enn for meget små vinduer. Under rutene skulle man imidlertid kunne fylle med kitt med god samvittighet, da man her har rutenes mest stabile punkt.

Mange vil kanskje gjøre innvendinger mot ovenstå-

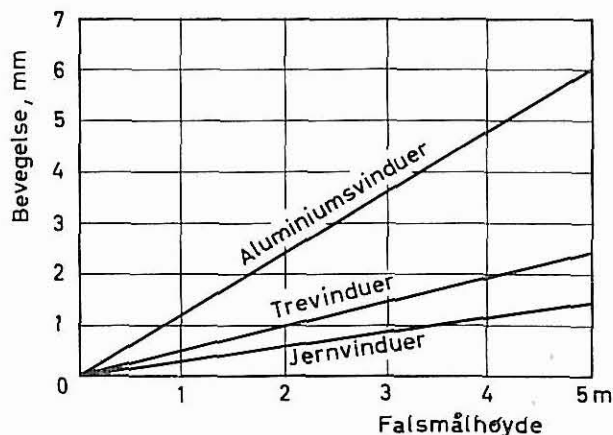


Fig. 20. Bevegelse i toppen av rutene.

ende beregninger under henvisning til at utpressinger som vist i fig. 19 ikke forekommer i praksis i den utstrekning som beregningene skulle tilsi. Den manglende overensstemmelse skyldes imidlertid en rekke andre forhold. I praksis vil det nemlig være umulig å få fylt kantklaringen helt, spesielt ved de hittil mest benyttede kitt i knivkvalitet. Det vil alltid være en viss mengde hulrom i kittet, og når kittet så utsettes for trykk, vil luftrommene komprimeres eller luften drives ut, mens sidekittet blir relativt uforandret. Ved trevinduer har man også hittil hatt det forhold at grunningen som oftest har vært helt utilstrekkelig slik at falsene har suget olje og gjort kittet porøst og kompressibelt. Endelig må man regne med at olje fra kittet har kunnet blitt presset inn i treverket. Det er forøvrig ikke utenkelig at en del av de oljebledninger som har forekommet i praksis, kan skyldes at oljen helt enkelt har blitt presset ut av kittet på denne måte.

Samtlige av ovennevnte faktorer medvirker til at sidekittet ikke vil presses ut. Kantkittet vil isteden bli presset sammen til et skikt som har lett for å løsne både fra fals og rute, som vist i fig. 21. Ved en rekke av de lekkasjeskader som Norges byggforskningsinstitutt har hatt anledning til besiktige, har forholdene nettopp vært slik som fig. 21 viser.

Det neste som må tas i betraktning, er hva som kan skje om man ikke fyller med kitt langs rutens kanter, og det skulle komme vann inn i falsen slik at bunnen av ruten ble stående i vann. Vannet kan tenkes å være kommet inn ved direkte lekkasje, eller ved at indiffundert vanndamp har kondensert i falsen. Ved trevinduer ville bunntreet ganske snart gå i forråtnelse, og ved metallvinduer ville vinduet og metallet i rutens

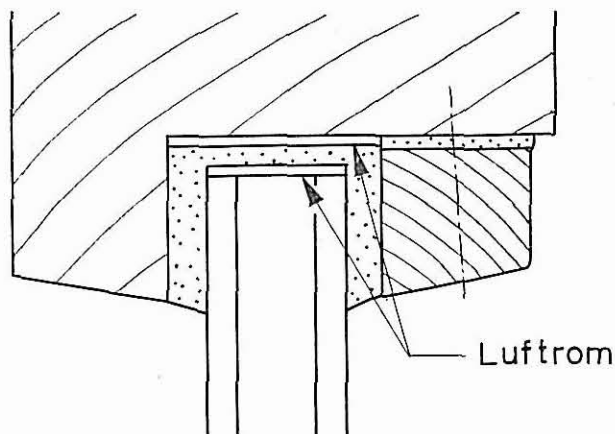


Fig. 21. Eksempel på hvordan kantkittet løsner fra fals og rute.

kantforsegling kunne utgjøre et galvanisk element, med skadelige følger både for vinduet og kantforseglingen. Videre ville vannet i seg selv kunne ødelegge rutens kantforsegling, ikke minst om det skulle komme til å fryse til is. Om man sløyfer kantfyllingen, bør man derfor sørge for at falsen dreneres og utluftes til det fri. Under ruten bør man imidlertid i alle tilfelle fylle med kitt. Denne fyllingen gir nemlig en ekstra sikkerhet mot lekkasjer og hindrer dessuten, spesielt ved brede vinduer, at det blir stående vann som vanskelig kan renne bort. Dreneringen bør være i begge de nedre hjørner av vinduet og fortrinnsvis i form av slisser som ikke så lett blir fylt med kitt.

Ytterligere et moment må tas i betraktning om man sløyfer kantfyllingen. Om man får et avstengt luftrom langs kanten, vil luften kunne ekspandere og presse ut sidekittet. Dette problem blir imidlertid fullstendig eliminert om man sørger for drenering og utlufting som nevnt foran. På den annen side bør man være oppmerksom på at utluftingen i ugunstige tilfeller kan føre til en nedkjøling av rutekanten og den innvendige delen av rammen, spesielt ved metallvinduer. Drenehullene må derfor plaseres med stor omtanke.

Konklusjonen må bli at man bør fylle med kitt langs kanten under ruten, men ikke på sidene og i toppen. Samtidig bør man sørge for at luftrommet dreneres og utluftes til det fri, fortrinnsvis ved slisser på siden i begge de nedre hjørner.

12. Glasslister

Glasslistens hovedoppgave er å holde ruten på plass i falsen, og dette oppnår man forsåvidt med ganske spinkle lister. Man må imidlertid stille samme krav til overdekning av rutens kantforsegling på glasslistesiden som på glassfalsensiden, og glasslistens tykkelse T_L må derfor være lik glassfalsbredden P_F . Rent estetisk ansees dette også vanligvis å være en fordel.

Glasslistebredden B_L må være stor nok til at listen får tilstrekkelig stivhet. Treglasslister bør man imidlertid ikke ukritisk lage hvor brede som helst. Treglasslister, og da spesielt utvendig bunnglasslist, vil nemlig ha temmelig store breddevariasjoner på grunn av vekslende materialfuktighet, og disse breddevariasjoner vil utsette sidekittet for meget store strekktrykk-deformasjoner. Selv for en godt vedlikeholdt bunnglasslist av tre, må man regne med en årlig fuktighetsvariasjon på ca. 10 vektprosent. Om listene ikke er kantskåret, må man regne med svinn- og svelingsmål tangentielt fiberretningen, $\alpha_t = 0.25$ % pr. % fuktvariasjon. Glasslisten får derved en breddevariasjon på 2.5 %. Regner man med at glasslisten er 20 mm bred og festet midt på bredden, vil man ved minimum sidekittbredder på 3 til 5 mm få en bevegelse i sidekittet på 8 til 5 % av bredden. Dette er adskillig mere enn hva et vanlig plastisk vinduskitt (termokitt) kan antas å klare i aldret tilstand, og også kloss opp under grensen for hva de plastiske oljebaserte fugekitt kan klare. Ved treglasslister med bredde over 20 mm blir forholdene enda ugunstigere. Slike brede treglasslister bør derfor ikke festes på midten, men 10 — 15 mm fra kanten nærmest glasset.

Om utvendige treglasslister ikke vedlikeholdes skikkelig, blir forholdene om mulig enda verre. Man må i så fall regne med at fuktighetsinnholdet kan variere mellom 30 vektprosent ved nedfukting og 10 vektprosent ved soltørking, det vil si en total variasjon på 20 vektprosent. Ved glasslister festet 10 mm fra kanten nærmest glasset gir dette en bevegelse i sidekittbredden på 17 til 10 %. Dette er mere enn hva plastiske

oljebaserte fugekitt i det lange løp kan klare, ikke minst når adhesjonen til treverket blir svekket på grunn av nedfuktingen. Rent generelt må man regne med at ethvert kitt, selv det beste, vil løsne fra treet, om treverket blir helt nedfuktet gjentagne ganger. Det er derfor en absolutt betingelse at alt treverk, både utvendig og innvendig (mulighet for nedfukting av kondensvann), blir ordentlig vedlikeholdt med maling, oljing eller lignende.

Når det gjelder glasslistenes utforming, har Norges byggforskningsinstitutt hittil anbefalt at treglasslister skal være skrådd minst mulig. Dette har vært motivert med at avstandsklossene i sidekittet ikke skal komme i klem når glasslistene monteres. For å få vannet til å renne lett av bunnglasslisten, skulle man imidlertid hatt størst mulig skrå på denne. Det virker som om et fall på ca. 1 : 4 skulle være et brukbart kompromiss. Også bunnglasslister av andre materialer enn tre må være skrådd, så vannet renner av.

I toppen og på sidene bør utvendig glasslist ikke stikke utenfor falsen, men heller være trukket litt tilbake som vist i fig. 21. Bunnglasslist bør derimot stikke utenfor og gjerne ha en dryppnese som hindrer vann i å trenge inn under listen. Glasslister av tre bør alltid være lagt i kitt som vist på fig. 22. Ved metall-

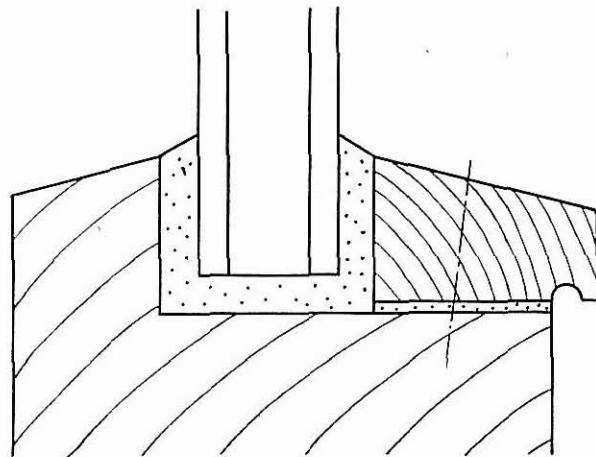


Fig. 22. Bunnglasslist for faste vinduer, sidehengslede vinduer og vertikalhengslede svingvinduer.

glasslister må det være tettet på tilsvarende måte under listen. Sidekittet må alltid være skrådd ut fra ruten slik at vannet ikke blir stående, men renner lett av.

I prinsipp får man altså to forskjellige listtyper, én for bunn og en annen for side og topp. Bunnglasslisten i fig. 22 passer for faste vinduer, sidehengslede vinduer og vertikalhengslede svingvinduer. Ved horisontalhengslede svingvinduer samt topp- og bunnhengslede vinduer ville imidlertid en list med så liten skrå som ca. 1 : 4 føre til at det ble stående vann over glasslisten og kittet om vinduet sto i luftstilling under regnvær. Dette ville være meget uheldig både for list og for kitting. Ved disse vindustyper må derfor utvendig bunnglasslist ha vesentlig større skrå. Nå kan dessverre skråen på treglasslister vanskelig økes uten videre uten overhengende fare for at avstandsklosser og rute kommer i klem når listene monteres. En mulig løsning på dette problemet synes å være en list med tverrsnitt som vist i fig. 23. Denne listen har stor skrå ut fra glasset og mindre skrå videre ut til kanten og festes på den minst skrådde delen. Det farlige punktet flyttes derved bort fra kittet til midt på glasslisten. Ved metallvinduer kan bunn-

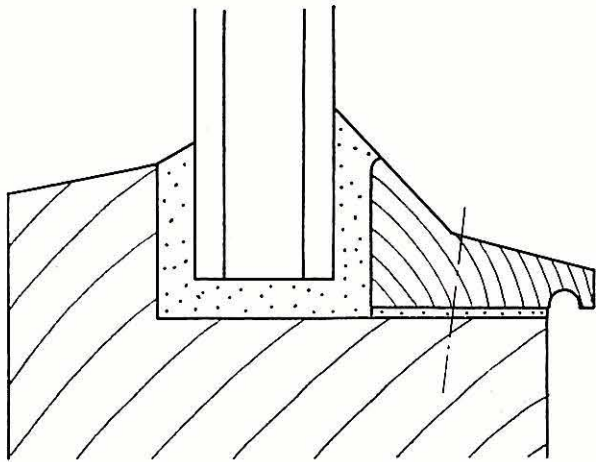


Fig. 23. Forslag til bunnglasslist for horisontalhengslede svingvinduer samt topp og bunnhengslede vinduer.

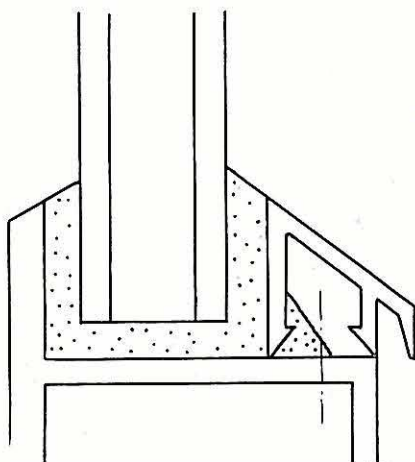


Fig. 24. Eksempel på bunnglasslist med kraftig fall for metallvinduer.

glasslist med kraftig fall lages på forskjellige måter. Et eksempel vises i fig. 24.

I metallvinduer må profilene utformes slik at hverken fals eller glasslist har utstående kanter som kan redusere bredden av sidekittet. De flater av profilene som vender mot sidekittet, bør heller lages så plane som mulig.

Det anbefales forøvrig at glasslister ikke skal gjæres i hjørnene. De horisontale lister i topp og bunn bør isteden lages gjennomgående og de vertikale lister kopes på.

Praktiske erfaringer tyder på at treglasslister ikke bør festes med skruer, men heller spikres fast. Skruer vil allikevel gjerne bli slått inn og bare skrudd rundt den siste tårnen. Og om man bruker skruer, bør disse ha flate hoder. Ved runde eller linseformede hoder har kittkniv og lignende verktøy lett for å slå mot hodene og vanskeliggjøre glattingen av sidekittet.

Ved innvendige glasslister er det i orden at disse utformes som vist i fig. 21. De kan også godt stikke utenfor kanten på alle sider. Det skal imidlertid påpekes at innvendige glasslister stiller meget store krav til innsetningsarbeidet om det ikke skal bli lekkasjer. Ved innvendige glasslister må man forøvrig passe på at bunnrammestykket får tilstrekkelig fall utvendig. Ved faste vinduer, sidehengslede vinduer og vertikalhengslede svingvinduer holder det med skrå ca. 1 : 4. Ved

horisontalhengslede svingvinduer samt topp- og bunnhengslede vinduer bør derimot skråen økes til ca. 1 : 1.

Glasslister bør alltid være av samme materiale som resten av vinduet. Hvis ikke, kan man risikere at glasslistene gliper i hjørnene, eller kommer i klem og buler opp. Det siste har f. eks. ofte vært tilfelle med teaklister på furuvinduer. Glasslister av eik bør overhodet ikke brukes, da de praktisk talt alltid vil slå seg og bli krokete. Glasslister av furu bør helst være av trykkimpregnert virke.

13. Innsetting direkte i bindingsverk

Beregningene i kapitel 7 og 8 refererer seg til fabrikkfremstilte vinduer med relativt snevre toleranser på glassfalsmålene. Ved innsetting av forseglete ruter direkte i bindingsverk må man regne med adskillig større toleranser på falsmålene og øke både kantklaring og glassfalsbredde tilsvarende. Praktiske erfaringer tyder på at det kan passe med glassfalsbredder på 25 — 30 mm. Dette er ca. 5 mm mere enn hva som er oppført for trevinduer i tabell 5. I praksis kan det antagelig passe å øke både kantklaringen og glassfalsbredden med 5 mm utover det som er oppført i tabell 3 og 5.

14. Forbehandling av fals og etterbehandling av sidekitt

Alle de forutgående beregninger forutsetter at fals og glasslister i trevinduer er tilstrekkelig forbehandlet slik at de ikke suger olje eller andre flytende bestanddeler fra kittet. Dette er et punkt hvor det hittil har vært syndet mye. Dessverre er det ikke mulig å gi noen generell anvisning på forbehandling av fals, idet kravene vil variere meget for de forskjellige kitttyper. Problemet er bare nevnt her for å gjøre oppmerksom på forholdene, slik at glassmestrene kan ta kontakt med de respektive kittfabrikanter. Norges byggforskningsinstitutt skal for sin del forsøke å komme tilbake til denne saken senere.

Etterbehandling av kitt kan også være aktuelt i mange tilfelle. Alle oljebaserte kitt bør således overstrykes med olje eller maling slik som kittfabrikanten anbefaler.

15. Slutning

En rekke problemer med tilknytning til glassfals og glasslister for forseglete ruter er blitt behandlet i det foregående. Resultatene er oppført under hvert enkelt kapitel og skal ikke gjentas her i detalj. Visse hovedpunkter skal imidlertid trekkes frem.

Alle klaringer og falsdimensjoner bør økes utover det som hittil har vært vanlig. Dette gjelder ikke minst glassfalsbredden.

Det anbefales en omlegging til bedre kitttyper som i praksis vil bety fullstendig overgang til kitt i sprøyte kvalitet.

Kitt-teknikken bør omlegges slik at bare kantklaringen under ruten blir fylt med kitt, mens det blir latt være igjen et luftrom på begge sider og i toppen av ruten. Dette luftrommet må dreneres og luftes.

Glasslister og bunnrammestykker må gis en sådan utforming at vannet vil renne lett av, selv om vinduet står i luftstilling.

De foreslåtte løsninger avviker tildels vesentlig fra gjeldende praksis. De skulle imidlertid gi klare og relativt enkle retningslinjer og skulle også kunne føre til at en rekke av de eksisterende problemer blir eliminert.