



Forblad

Fugeprincipper

Benny Dylander

Tidsskrifter

Arkitekten 1964

1964

Nye ydervægstyper i form af curtain-walls og præfabrikerede store ydelementer har aktualiseret fugeproblemet i montagebyggeriet, ligesom kravene til fugernes funktion er blevet skærpede. Fra forskellige sider er derfor i de senere år arbejdet intenst på udvikling af fugetyper og fugematerialer, der kan tilfredsstille disse krav; blandt andre har Norges Byggeforskningsinstitut (NBI) gennem omfattende laboratorieundersøgelser søgt at udvikle principper for korrekt opbygning af monteringsfuger, herunder også opstilling af krav til fugematerialer. I denne artikel, *Fugeprincipper*, og i to følgende artikler, *Fugematerialer* og *Fugeløsninger*, redegøres bl. a. for de ved NBI indhøstede erfaringer, som er beskrevet i en artikelserie af laboratorieforsker Sven D. Svendsen, civilingeniør Tore Gjelsvik og arkitekt M.A.L. Trygve Isaksen. De tre artikler er udarbejdet med økonomisk støtte i henhold til lov nr. 212 af 11. juni 1954 om tilskud til teknisk videnskabelig forskning og forsøgsvirksomhed (modværdien af Marshallmidlerne).

Fugeprincipper

Ingeniør, M. af l., **Benny Dylander**, Statens Byggeforskningsinstitut

Indledning

Ydervægge kan enten være kontinuerlige eller have såkaldte monteringsfuger, som forekommer dels mellem ydervægsselementerne, dels ved en eventuel opdeling af ydervægsbeklædningen. Monteringsfuger er altså fuger mellem elementer, som kun bærer deres egen vægt. Eksempelvis kan almindelige murværksfuger kun i specielle tilfælde betragtes som monteringsfuger, mens f. eks. fuger mellem karm og væg er rene monteringsfuger.

Nærværende artikel beskæftiger sig med *monteringsfuger i ydervægge*, og i det følgende anvendes betegnelsen „fuge“ i stedet for „monteringsfuge“.

Den teoretisk rigtige fuge bør være udformet således, at elementerne automatisk glider ind på den rigtige plads, hvorefter samlingen er færdig, og således at den ikke forårsager nogen afbrydelse af væggen funktion. I praksis opnås dette sjældent, idet der knytter sig mange endnu ikke afklarede problemer til sådanne selvlukkende fuger. Imidlertid har det vist sig, at der ved fugeløsninger stadig optræder en række karakteristiske faktorer, der bevirker, at visse principper må følges for at opnå acceptable fugeløsninger. I det følgende vil der, efter en summarisk gennemgang af de almindelige krav til fuger, blive redegjort for disse principper.

Krav til fuger

I almindelighed stilles følgende krav til fuger, jfr. [1]:

- 1) tæthed over for varme, lyd, brand og især vind og slagregn
- 2) god økonomi
- 3) tiltalende udseende
- 4) mulighed for kraftoverføring
- 5) mulighed for udligning af bevægelser
- 6) mulighed for optagelse af målafvigelse
- 7) mulighed for senere reparation.

ad 1) Kravet om tæthed over for varme, lyd, brand, vind og slagregn optræder som konsekvens af, at fugen skal forårsage mindst mulig afbrydelse af ydervæggens funktion. Kun tæthed mod vind og slagregn volder særlige problemer; disse er til gengæld overhovedet de væsentligste ved fuger.

ad 2) Kravet om god økonomi medfører at fugerne må anordnes sådan, at materialeudgift og arbejdsløn (såvel for montage af elementer som for fugning) bliver minimal, dvs. simple fugeløsninger må tilstræbes.

ad 3) Alle synlige fuger må placeres på en harmonisk måde i ydervæggen, ligesom fugen selv må udføres, så den virker tiltalende. Dette betyder, at valg af fugeplacering, fugebredde, elementkantens udformning og fugematerialets overflade, hvor denne er synlig, må overvejes nøje.

ad 4) Kravet om mulighed for kraftoverføring er af stor betydning og komplicerer ofte fugeløsningerne. Ved de her omhandlede monteringsfuger, som defineret ovenfor, er dette krav imidlertid ikke relevant.

ad 5) Som følge af temperatursvingninger og evt. sætninger, vil der mellem ydervægsselementerne foregå små bevægelser. Bevægelserne kan ikke hindres, og fugerne må derfor udformes således, at bevægelserne kan udlignes i disse.

ad 6) Ligeledes må målafvigelser kunne optages i fugerne, og elementernes måltolerancer må derfor fastsættes i relation til fugebredden.

ad 7) Da visse fugematerialer har begrænset holdbarhed, bør fuger udformes således, at der altid er let mulighed for reparation. Dette krav gælder selv, hvor der er garanti for fugematerialet, idet garantien kun dækker materialet, ikke reparationsomkostningerne.

I almindelighed udformes fuger som kompromisløsninger ud fra de ovennævnte og eventuelle andre krav, idet det må afgøres i hvert enkelt tilfælde, hvilke krav der er væsentlige. Kravene om tæthed over for vind og slagregn optræder imidlertid altid ved fuger i ydervægge, og da netop disse krav er vanskelige at opfylde, er det naturligt at forsøge at udvikle principperne for den ideelle fugeudformning ud fra en analyse af vind- og slagregnspåvirkningerne.

Vind og slagregn

Vindpåvirkninger

På grund af klimaforholdene og luftens fysiske egenskaber opstår der sædvanligvis forskelle mellem trykforholdene ude i det fri og inde i bygninger. Disse trykdifferencer over bygningernes ydre begrænsningsflader vil om muligt udlignes ved luftstrømme i trykfaldets retning. Udligningen vil foregå, hvor begrænsningsfladernes tæthed er ringe, eksempelvis gennem utætte fuger.

Trykdifferencen over en væg er i første række afhængig af vindbelastningen på væggen, og denne er pr. arealenhed produktet af en formkoefficient og vindens hastighedstryk. Sidstnævnte tryk er bestemt ved formlen:

$$q = \frac{v^2}{16}$$

hvor q er hastighedstrykket i kg/m^2 og v er vindhastigheden i m/sek . Forholdet mellem hastighedstrykket og vindhastigheden er vist med fuldt optrukket linie i figur 1. Når Meteorologisk Institut registrerer en vindstyrke, regnes der med middelhastigheden for en 10-minutters periode. Inden for denne periode varierer imidlertid vindstyrken meget stærkt, således at momentanværdierne afviger ca. 50 pct. De tilsvarende variationer i hastighedstrykket er vist ved det prikede område i figuren.

Formkoefficienten, der i almindelighed ikke kan bestemmes ved teoretiske betragtninger, men må måles ved modellforsøg, er ofte > 1 , således at vindbelastningen for en bestemt vindhastighed i mange tilfælde kan blive betydelig større end den værdi for vindhastighedstrykket, som kan aflæses i figur 1. Formkoefficienten er afhængig af bygningens form og af det omgivende terræn. I tilfælde, hvor en bygning indeholder utætheder i den læ side (f. eks. oplukkelige vinduer eller døre), må formkoefficienten antage en stor værdi, idet trykfaldet over den luv væg kan optræde som en summation af overtrykket over luv væg og undertrykket over læ væg.

Ved bestemmelsen af vindbelastningen må det endvidere erindres, at de meteorologiske vindhastigheder måles i en bestemt højde over terræn, sædvanligvis 10 m; i større højde øges vindhastighederne stærkt.

Det fremgår af det foregående, at det er store påvirkninger, der skal regnes med ved tætning mod vind. Ved de vind- og slagregnsforsøg, som foretages af Norges Byggeforskningsinstitut, anvendes således overtryk på 70 kg/m^2 , svarende til at en horisontalt anbragt væg dækkes af 7 cm vand.

Slagregnspåvirkninger

Mængden af den lodret faldende nedbør registreres på et stort antal meteorologiske stationer landet over, men aflæses i reglen kun én gang i døgnet. Kun få

stationer er udstyret med en pluviograf, der kontinuerligt optegner nedbøren. Kendskab til den lodret faldende nedbør tillader imidlertid kun slutninger om den regnmængde, der tilføres en vandret flade. Af større interesse i denne sammenhæng er den regnmængde, der rammer lodrette flader. Der er ikke her i landet foretaget registreringer heraf, men man har forsøgt at nå til en indirekte bestemmelse ud fra kendskabet til den lodrette nedbørskomponent og vinden.

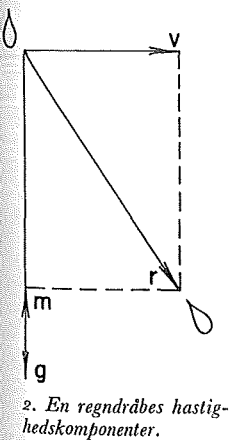
I det følgende forstås ved slagregn den regn, der rammer en frit beliggende tænkt vertikalflade med normalen mod det verdenshjørne, hvorfra regnen kommer, dvs. i vindens retning.

Betragter man en enkelt regndråbes lodrette og vandrette hastighedskomponenter, er det rimeligt at antage, at den lodrette i det væsentlige er bestemt af dråbens vægt og form, mens den vandrette hovedsageligt afhænger af vindstyrken. Dette er vist i figur 2, hvor v angiver vindhastigheden, g tyngdekraften, m luftmodstanden og r den resulterende slagregns hastighed og retning. Beregninger af slagregns størrelse udføres på grundlag af formlen:

$$S_i = R_i \cdot \frac{v_i}{v_f}$$

hvor S_i er slagregns størrelse fra retningen i , v_i vindhastigheden fra samme retning, R_i den sædvanligt registrerede lodrette nedbør ved vind fra retningen i , og v_f den til den pågældende intensitet svarende middelhastighed. For at kunne tage hensyn til variationen i faldhastigheden som følge af intensitetsforskelle, må regnmængderne tages fra pluviogrammer, hvor hældningen angiver regnintensiteten [2].

Det ses dels af figur 2, dels af slagregnsformlen, at slagregnen er nul under vindstille, og at den vokser både med mængden af lodret regn og med den samtidige vindstyrke.

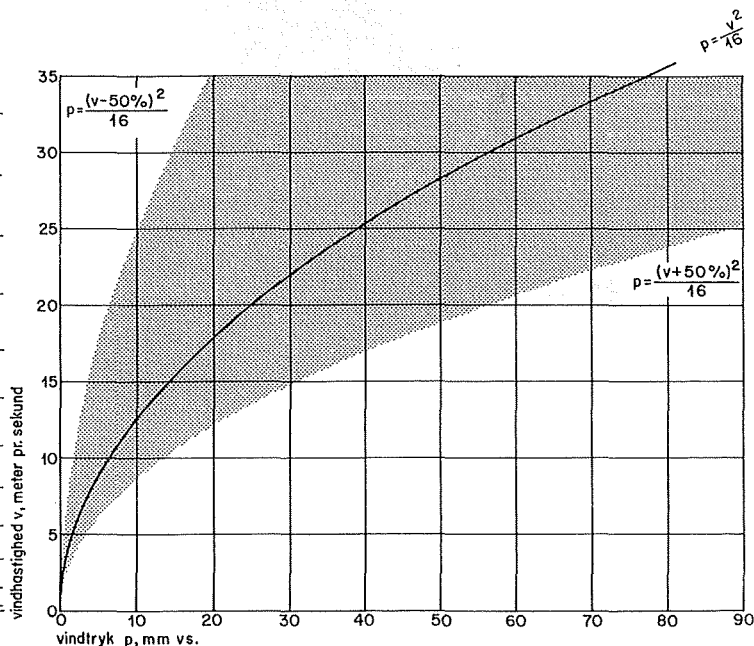


2. En regndråbes hastighedskomponenter.

1. Vindtryk som funktion af vindhastighed.

vindstyrke
Beauforts vindskala

- 12 orkan
- 11 orkanagtig storm
- 10 stærk storm
- 9 storm
- 8 hård blæst
- 7 stiv blæst
- 6 blæst
- 5 frisk vind
- 4 jævn vind
- 3 let vind
- 2 svag vind
- 1 svag luffning
- 0 stille



Slagregnsberegninger, i princippet som ovenfor skitseret, er af SBI foretaget for København og Fanø på grundlag af Meteorologisk Årbogs oplysninger om nedbør og vindhastighed for årene 1949 og 1952-54. Disse år lå med hensyn til nedbør lidt over det normale. De gennemsnitlige årlige slagregnsmængder i mm/år for de 8 hovedretninger er anført i tabel 1.

Lokalitet	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE
København	90	129	115	59	34	38	42	47
Fanø	275	391	355	186	84	80	107	146

Tabel 1. Gennemsnitlig slagregnsmængde, mm/år, for København og Fanø, årene 1949 og 1952-54.

Af tabellen fremgår, at SW (sydvest) giver størst årlig slagregnsmængde begge steder, og at den gennemsnitlige årlige slagregnsmængde er ca. 3 gange så stor på Fanø som ved København.

Imidlertid har disse årsmiddelværdier fortrinsvis betydning for en sammenligning af lokaliteter. Ved en vurdering af slagregnspåvirkninger har korte perioder med intense angreb størst betydning. Erfaringen viser, at de farligste slagregnsperioder gerne er så korte som fra et par timer til 2-3 døgn.

Dette forhold belyses af beregninger over slagregnsintensiteter, som er foretaget af SBI. På grundlag af kontinuerlige regnmålinger, der er foretaget i Odense for Stads- og Havneingeniørforeningen, sammenholdt med de samtidige vindhastigheder fra den nærliggende meteorologiske station, har man for oktober måned i årene 1936-41 beregnet slagregnsmængderne for 3-timers intervaller. For samtlige 6 års oktober måneder taget under ét, har man for de 8 retninger bestemt de maximale slagregnsmængder pr. time for 3, 6 og 12 timer samt for 1, 2 og 4 døgn. Beregningsresultaterne fremgår af tabel 2, hvor slagregnsmængderne er omregnet til mm pr. time, således at intervallerne kan sammenlignes.

Tidsinterval	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE
3 timer	3,1	2,9	2,3	1,2	2,7	2,8	2,0	2,9
6 timer	2,8	2,5	2,1	1,1	2,5	2,8	1,6	2,4
12 timer	1,4	2,2	1,7	0,8	1,6	2,2	1,0	1,2
1 døgn	1,2	1,4	0,9	0,5	1,0	1,3	0,6	0,7
2 døgn	1,1	1,0	0,5	0,3	0,7	0,7	0,3	0,6
4 døgn	0,7	0,6	0,3	0,1	0,3	0,4	0,2	0,4

Tabel 2. Slagregnsintensitet, mm/h, for voksende tidsintervaller for Odense, oktober 1936-41.

Det skal bemærkes, at størrelsen af de maximale slagregnsmængder for et givet interval vil vokse med observationsperiodens længde: jo længere tid man betragter, des større risiko for et særlig kraftigt regnskyl med samtidig stærk vind. De i tabel 2 anførte værdier er afledt af en 6-års periode og må derfor tages med meget forbehold. Iøvrigt er beregningerne kun orienterende, og de fundne slagregnsintensiteter

anses først og fremmest for at antyde størrelsesordenen af regnmængden ved korte slagregnsperioder.

Slagregnsmængderne i tabel 1 og 2 er angivet i mm, dvs. den vandstandshøjde, som den faldne regn ville give på en vilkårlig lodret flade, hvis regnen ikke bevægede sig, efter at den var faldet, således at x mm slagregn svarer til x liter vand pr. m^2 lodret flade. Men det er klart, at lodrette flader, der rammes af slagregn, desuden udsættes for nedstrømmende vand fra de højereliggende flader. På høje bygninger med glatte vægflader vil derfor de virkelige vandmængder på væggen være mange gange større ved foden end ved toppen.

Ved siden af mængden og intensiteten kan også andre slagregnsfaktorer have større eller mindre betydning. Det trykfald, som ved vindpåvirkninger kan dannes over en væg, er nævnt tidligere, men det skal understreges, at trykfaldet spiller lige så stor en rolle for tætning mod regn som for tætning mod vind. Dråbestørrelse og indfaldsvinkel har ligeledes betydning for tætning mod regn. Dråbestørrelsen varierer indenfor meget vide grænser, afhængigt af regnvejrstypen; de oftest forekommende dråbediametre ligger imidlertid mellem 0,5 og 2,5 mm. Dråbernes indfaldsvinkel er afhængig af bl. a. vindstyrke, dråbestørrelse, terrænforhold omkring bygningen og bygningens form. I særlige tilfælde vil dråberne kunne træffe væggen horisontalt eller endog på skrå nedefra, ligesom der ved høje bygninger ofte dannes lufthvirvler over vind-siden, således at vinden på lokale partier faktisk blæser vand opad langs væggen.

Tætning mod vind

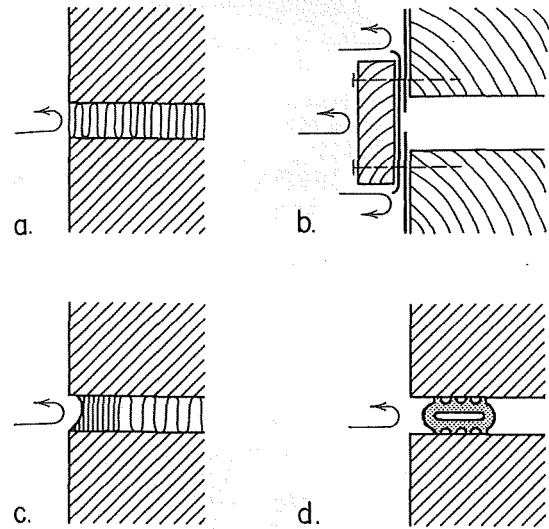
Ved tætning af fuger mod vind forsøger man at sikre sig mod luftgennemgang tværs gennem konstruktioner, og mod at yderluft trænger ind i en åben varmeisolation og cirkulerer der. I begge tilfælde vil nemlig opvarmningsudgifterne øges stærkt, samtidig med at der opstår træk i huset, som derved måske kan blive direkte sundhedsfarligt. NBI's forsøg har imidlertid vist, at det ved anvendelse af de rigtige materialer og konstruktionsformer, er muligt at udføre fuger tætte mod vind.

Som tidligere omtalt udformes fuger som kompromisløsninger i forhold til de stillede krav. Ofte får især kravet om optagelse af bevægelser i fuger betydning, og derved indskrænkes antallet af relevante fugematerialer.

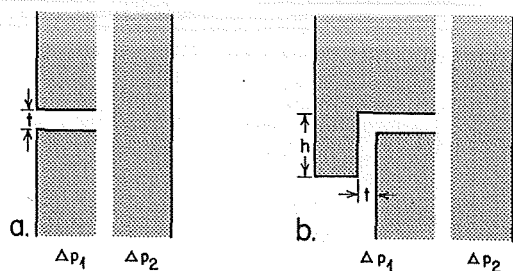
De i henseende til tætning mod vind relevante fugematerialer kan ifølge [3] opdeles i følgende 4 hovedgrupper (figur 3):

- værk eller mineraluld (evt. i forbindelse med mørtel eller fugemasse)
- pap, folie eller tape
- fugemasse
- tætningslister.

En nøje gennemgang af de enkelte materialer og af materialevalget i forhold til fugeudformningen vil blive givet i den følgende artikel „Fugematerialer“

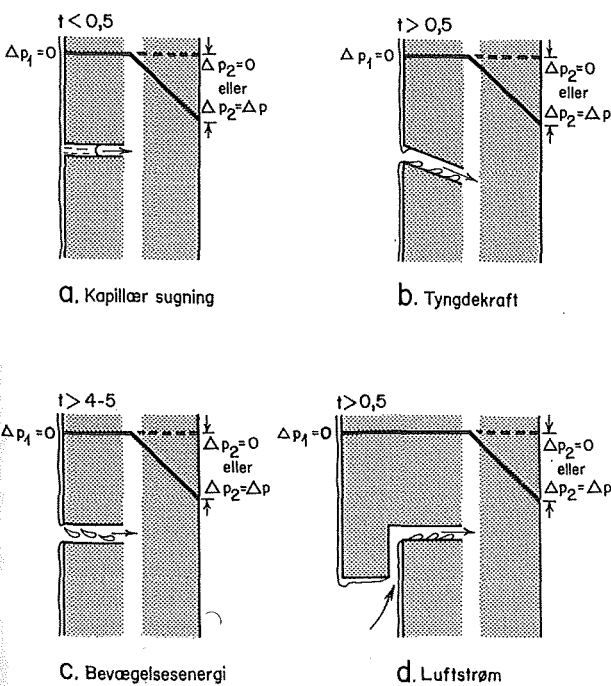


3. Fugematerialer til tætning mod vind.



$$\Delta p_1 + \Delta p_2 = \Delta p \text{ (mmVS), } h \text{ og } t \text{ i mm.}$$

4. Systemskitse for analyse af slagregngennemslag.



5 a-d. Enkeltfaktorer, som kan påvirke slagregngennemslag, hvor trykfaldet over den ydre del er 0.

Ved tætning af fuger mod slagregn forekommer flere og mere komplicerede problemer end ved tætning mod vind. Det er derfor nødvendigt at gennemgå årsagerne til slagregngennemslag i fuger [3]. En sådan analyse kan kun gøres under stærkt forenklede antagelser, f. eks. ud fra det i figur 4 viste system, hvor en væg er tænkt opdelt i en ydre og en indre del. Den ydre del er de lag i væggen, hvor der foregår en fugttransport som følge af slagregnen. Uanset hvilken væg systemet repræsenterer, vil den ydre del kunne være alt fra den yderste tynde beklædning til hele vægtykkelsen, kun afhængigt af, hvor langt fugt er trængt ind i væggen. I den ydre del findes en åbning med bredde eller diameter t ; åbningen udgør indfaldsporten for slagregnen og kan være en hvilken som helst form for utæthed, som kan lede vand ind i væggen. I figur 4 skelnes mellem en helt fri åbning (a) og en åbning, som er helt eller delvis overdækket eller overlappet (b). I figuren angiver Δp_1 trykfaldet over den ydre del og Δp_2 trykfaldet over den indre del. Summen af Δp_1 og Δp_2 er lig det totale trykfald over væggen, Δp . Åbningens bredde eller diameter, t , er angivet i mm, og trykfaldet, Δp , i mm VS (kg/m^2). Størrelsesforholdet mellem Δp_1 og Δp_2 anskueliggøres i figur 5-7 ved en indtegnet kurve, hvis projektion på lodret angiver det totale trykfald Δp .

De i det følgende beskrevne 5 enkeltfaktorer kan hver for sig eller i kombination påvirke slagregngennemslag i fuger. Ved enkeltfaktorerne 1-4 forudsættes, at der ikke er trykfald over den ydre del, enten fordi den indre del er så tæt, at hele trykfaldet foregår over denne, eller fordi vinden er for svag til at danne noget trykfald.

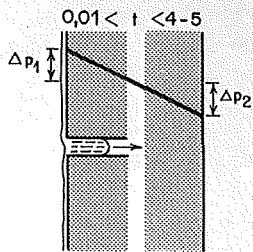
1) *Kapillær sugning*: (figur 5a). Fra den vandfilm, som regnen danner på væggen, suges fugtigheden ind i åbningen på grund af kapillarkraften. Denne kraft aftager, når åbningens bredde forøges, og man kan i praksis regne med, at den er 0 ved åbninger, hvor t er større end 0,5 mm. Ved meget små åbninger bliver kapillartransporten ligeledes mindre farlig, idet den her foregår meget langsomt.

2) *Tyngdekraft*: (figur 5b). Vandet kan trænge ind i åbninger, som har „bagfald“. I brede, vertikale spalter kan dråber på samme måde ledes ind i væggen på grund af lokale ujævnheder i materialet. På grund af vandets overfladespænding vil tyngdekraften næppe kunne spille nogen rolle ved åbninger med $t < 0,5$ mm.

3) *Bevægelsesenergi*: (figur 5c). Ved kraftig slagregn kan regndråberne blive ført direkte ind i fugen. Erfaringsmæssigt sker dette især ved vertikale spalter, og kun når t er større end 4-5 mm.

4) *Luftstrøm*: Som nævnt tidligere kan lokale luftstrømme i væggen være rettet opad. Dersom den ydre vægflade er glat, som ved facader af f. eks. glas eller metal, kan denne luftstrøm blæse vandfilmen opad og ind i en overdækket eller overlappet åbning, dersom denne er større end 0,5 mm (figur 5d).

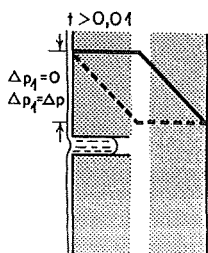
5) *Trykfald*: De almindeligste og farligste tilfælde af gennemslag findes, hvor vandtransporten foregår på grund af et trykfald over den ydre del. I figur 5 e er vist det normale billede for sådanne gennemslag. Deltrykkene over den ydre og indre del er omtrent konstante i forhold til hinanden, og den transporterede vandmængde afhænger af Δp_1 og t . Ved store deltryk og ved åbninger, hvor t er mellem 0,01 og 4-5 mm, kan mængden af transporteret vand blive betydelig. Er t mindre end 0,01 mm, vil kapillarkræfterne være så store, at vindtrykket ikke spiller nogen rolle. Ved åbninger med $t = 0,1-0,2$ mm har kapillarkraft og overtryk omtrent lige stor betydning. Bliver t større end 4-5 mm, optræder der sjældent gennemslag på grund af trykfald, idet luftgennemgangen i den ydre vægdel da ofte bliver så stor, at der ikke kan dannes noget væsentligt trykfald over den.



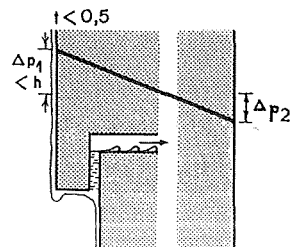
E. Trykfald

5 e. Slagregngennemslag på grund af trykfald over den ydre del.

Imidlertid kan der ved de sidstnævnte åbninger dannes den såkaldte *pumpevirkning*. I figur 6 a er vist en væg, hvis ydre del bevidst er gjort utæt for luft, mens den indre del er meget tæt. Hvis væggen er høj og slagregnsintensiteten særlig stor, kan vandfilmen på et lavtliggende parti af væggen blive meget tyk. Vandfilmen vil da kunne danne bro over alle åbninger og lukke dem. Da vandfilmen er helt tæt, sker der en ændring af trykforholdene, idet Δp flyttes fra den indre til den ydre del. Derved presses vand gennem åbningerne, samtidig med at vandfilmen brister og Δp flyttes til den indre vægdel. Derefter bygges filmen op igen, og processen begynder forfra.



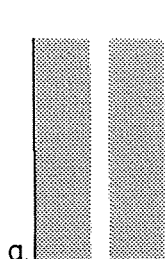
A. Pumpevirkning



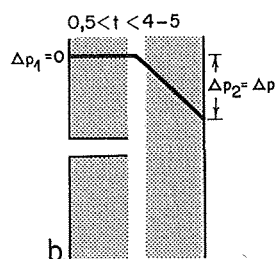
B. Kapillær sugning + trykfald

6. Kombinationer af enkeltfaktorer, som kan bevirke slagregngennemslag.

Ved gennemslag i fuger (eller i vægge i det hele taget) medvirker ofte flere af de nævnte enkeltfaktorer. Det er f. eks. meget almindeligt, at vand trænger gennem den ydre vægdel ved tyngdekraft, bevægelsesenergi eller luftstrøm og ledes frem til den indre del, hvor trykfaldet transporterer fugten videre. I figur 6 b er vist en anden almindelig kombination af enkeltfaktorer: en horisontal overlappning, hvor h er større end Δp_1 . Trykfaldet alene kan ikke forårsage vandtransport, men hvis spalteåbningen, t , er mindre end 0,5 mm, vil *kapillarkraft* og *trykfald* kunne virke samtidig, således at vand kan trænge op bag overlappningen og ind i væggen.



a.

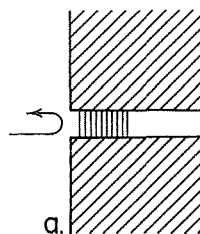


b.

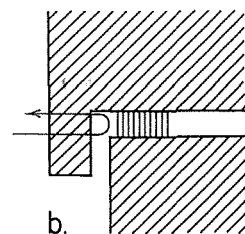
7. Principper for tætning mod slagregn.

På grundlag af den foretagne analyse af årsager til slagregngennemslag er det muligt at opstille principperne for en fuge, som vil være tæt mod slagregn. Principperne kan sammenfattes i de i figur 7 viste 2 løsninger, hvor det skematiske billede med den indre og ydre vægdel igen er anvendt.

Udformningen i figur 7 a har tæt ydre del uden åbninger af nogen art, som kan slippe vandet ind. For denne løsning er det ligegyldigt, hvordan trykfaldet fordeler sig over den indre og ydre vægdel. Sådanne absolut tætte fuger findes selvsagt ikke i praksis, idet der altid vil forekomme porer og andre mikroskopiske åbninger. Imidlertid kan man regne med, at fugen optræder ifølge denne principløsning, dersom den op-

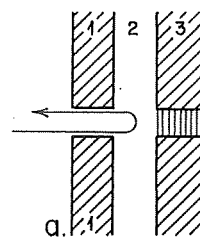


a.

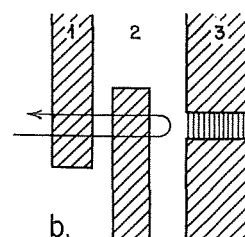


b.

8. Ét-trinstætning mod vind og slagregn.



a.



b.

9. To-trinstætning mod vind og slagregn.

fylder visse krav: Der må ikke findes åbninger i fugen, som tillader skadelig vandtransport ved trykfald, dvs. åbningerne må ikke være meget større end 0,01 mm. Endvidere må der kun forekomme begrænset kapillær sugning, idet der ikke må kunne suges så meget vand ind, at isolationsevnen reduceres eller at frostsprængning eller andre former for fugtskader kan opstå.

Løsningen i figur 7b udviser frie åbninger i den ydre vægflade, således at det totale trykfald findes over den indre del. Åbningerne må være så store, at kapillær sugning ikke kan forekomme og så små, at regndråber ikke kan blæses igennem dem; t må altså være mellem ca. 0,5 og ca. 4–5 mm. Der må ikke være åbninger i den indre vægdel, som kan medføre lokale luftstrømme, som driver vand gennem åbningerne. Yderligere må fugen eller den omgivende væg ikke være udformet sådan, at der kan forekomme pludselige omslag i trykfaldet på grund af uventet store slagregnskængder.

Principper for ideel fugeudformning

Af det forhold, at det i praksis er umuligt at udforme en fuge, der er tæt mod slagregn, uden at den samtidig bliver ret tæt mod vind, følger, at tætning mod vind og slagregn er ét og samme problem. En gennemgang af de i forrige afsnit anførte tætningsmuligheder viser, at fuger kan udformes ud fra 2 hovedprincipper: ét-trins tætning og to-trins tætning [3].

Ét-trins tætning

Ved ét-trins tætningen kombineres vind- og regntætningen i ét lag, således at hele trykfaldet sker over dette lag. Ét-trins tætningen følger altså det i figur 7a viste princip.

Ét-trinstætningen, der er vist skematisk i figur 8, vil sjældent kunne give en effektiv tætning. Det totale trykfald sker over fugematerialet, og vand passerer erfaringsmæssigt meget ofte denne hindring ved hjælp af overtryk og kapillarsugning. Tætheden er først og fremmest afhængig af fugematerialets egenskaber, som derfor må kendes nøje, hvor særlige forhold gør det nødvendigt at anvende ét-trins tætningen. Disse egenskaber vil som allerede nævnt blive gennemgået i artiklen „Fugematerialer“.

For ét-trins tætningen gælder det generelt, at fugematerialet udsættes for meget store klimatiske påvirkninger, idet det oftest ligger ubeskyttet. Fugeudformningen må derfor være således, at nem reparation er mulig.

To-trins tætning

Ved to-trins tætningen ligger vind- og regntætningen i to forskellige lag, således at trykfaldet over det yderste lag er 0. Det ses, at to-trins tætningen følger det i figur 7b viste princip.

Ved den rigtigt udførte to-trins tætning når regnvand aldrig frem til fugematerialet (vindspærrevæggen), og to-trins tætningen kan derfor betragtes som den *ideelle fugeudformning*, hvad angår tæthed mod vind og slagregn. To-trins tætning er en sikrere løsning end

ét-trins tætning, og ydervægge bør derfor udformes således, at principperne for den ideelle fuge kan følges i så høj grad som muligt.

Disse principper fremgår af figur 9, hvortil der kan knyttes følgende beskrivelse: Yderst ledes slagregnen bort af vandspærrevæggen (1), som er så åben, at et eventuelt overtryk forplanter sig momentant til luftkammeret (2), således at der ikke dannes trykfald over vandspærrevæggen. Luftkammeret må udformes sådan, at vanddråber, der eventuelt passerer åbningen i vandspærrevæggen, kan ledes ud i det fri, så vandet aldrig kan nå frem til vindspærrevæggen (3), som er placeret inderst. Størrelsen af åbningen i vandspærrevæggen kan omtrentligt fastlægges ud fra analysen af årsager til slagregngennemslag i fuger. Åbningen må være så stor, at der ikke kan ske kapillarsugning og så lille, at vanddråber ikke kan trænge ind ved hjælp af egenbevægelse, dvs. mellem 0,5 og 4–5 mm. Luftspærrevæggen må, for at hele trykfaldet skal kunne foregå over denne, udføres så tæt som muligt, og det er her en fordel, at det anvendte fugemateriale (pap, folie, tape, tætningsliste eller fugemasse) ligger beskyttet.

Der knytter sig til den ideelle fugeudformning en del problemer, som endnu ikke er afklarede. Eksempelvis kender man ikke den optimale størrelse af luftkammeret, og man ved ikke nøje, hvilken betydning luftkammerets form har. Ligeledes er det uvist, hvor effektiv dræningen af fugen skal være for at hindre vand i at trænge frem til vindspærrevæggen. Problemer i forbindelse med facadefuger er gennemgået på bredt grundlag i [4].

Fugeløsninger fra praksis ud fra de nævnte principper, samt detaljer i forbindelse med de uafklarede problemer, således som disse er søgt løst i praksis, vil blive behandlet i artiklen „Fugeløsninger“.

Litteratur

- [1] Munch-Petersen, Johs. F. og Eriksson, Owe: Samlingsproblemer i montagebyggeri, SBI-rapport 38, 2. reviderede udgave, 1963.
- [2] Plum, Niels Munk, Galløe, V.I. og Jessing, Jørn: Tørre byggemetoder, Byggeindustrien nr. 1 og 14, 1959. SBI-særtryk 109, 1959.
- [3] Svendsen, Sven D.: Principper for tætning mod vind og slagregn, Bygg nr. 1, 1962, side 3–11. Gjelsvik, Tore: Fugematerialer, Bygg nr. 2, 1962, side 25–29. Isaksen, Trygve: Fuger og fugeløsninger, Bygg nr. 4, 1962, side 73–84. NBI-særtryk 71, 1962.
- [4] Hartmann, Johan og Andreasen, Asger: Facadefugen – og nogle af dens problemer. Halvtredsernes byggeri. Særnummer af Byggeindustrien, årsgang 12, 1961, side 17–38.