

SBI-publ.

SBI-SÆRTRYK
149

UDK 69.022.3: 691.59

Arkitekten nr. 9, 10 og 25, 1964

Benny Dylander, Alice Kjær og
Johannes Brixen:
Fugeproblemer ved elementbyggede
ydervægge

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

I kommission hos Teknisk Forlag
København 1964 · Kr. 6,50

01278P
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

10. FEB. 1965

Statens Byggeforskningsinstitut

7

FUGEPRINCIPPER

ingeniør M. af I. *Benny Dylander*, SBI.
Side 2.

FUGEMATERIALER

civilingeniør *Alice Kjær*, SBI. Side 8.

FUGELØSNINGER

arkitekt MAA *Johannes Brixen*, SBI.
Side 14.

Fugeproblemer ved elementbyggede ydervægge

Nye ydervægstyper i form af curtain-walls og præfabrikerede store vægelementer 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 MNAL 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 ydervægelementerne, 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 ydervægelementerne 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 optrukken 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 modelforsøg, er ofte > 1 , således at vindbelastningen for en bestemt vindhastighed i mange tilfælde kan blive betydeligt 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.

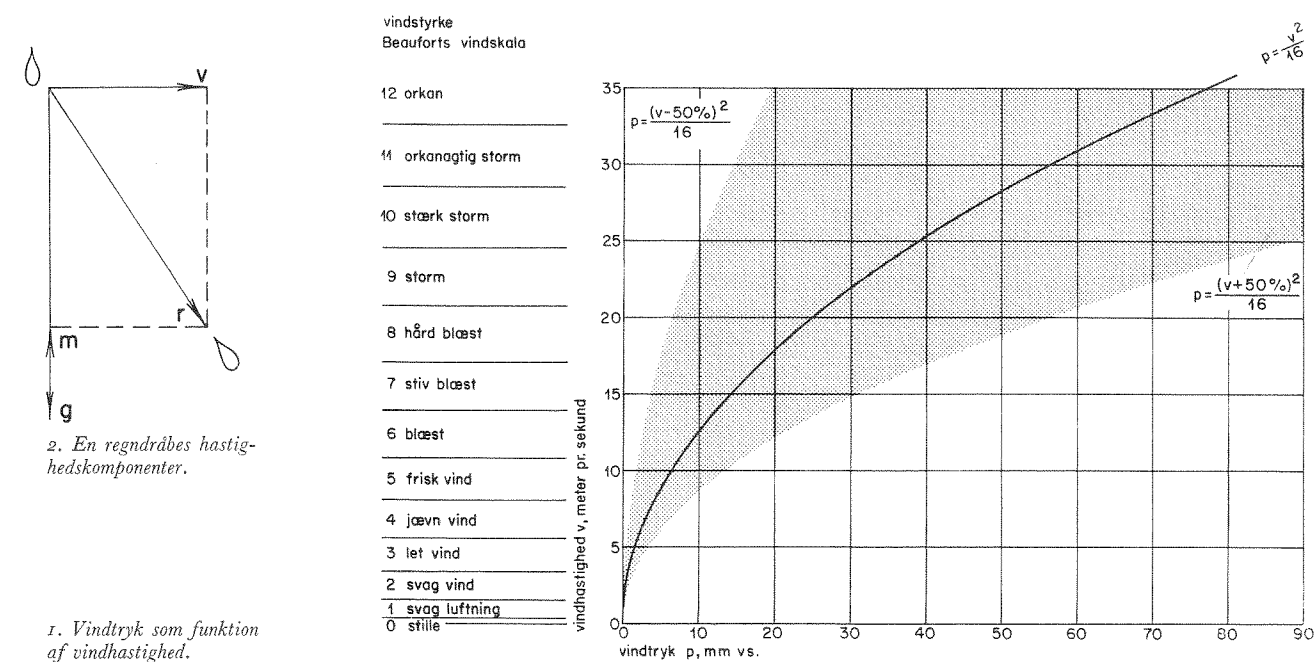
I det følgende forstås ved slagregn den regn, der rammer en frit beliggende tænkt vertikalflade med normalen mod det verdenshjørne, hvorfra regnen kommer, dvs. i vindens retning.

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 slagregnsens 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.



1. Vindtryk som funktion af vindhastighed.

2. En regndråbes hastighedskomponenter.

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 slagregnmængder 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 slagregnmængde, mm/år, for København og Fanø, årene 1949 og 1952-54.

Af tabellen fremgår, at SW (sydvest) giver størst årlig slagregnmængde begge steder, og at den gennemsnitlige årlige slagregnmængde 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 slagregnmængderne for 3-timers intervaller. For samtlige 6 års oktober måneder taget under ét, har man for de 8 retninger bestemt de maximale slagregnmængder pr. time for 3, 6 og 12 timer samt for 1, 2 og 4 døgn. Beregningsresultaterne fremgår af tabel 2, hvor slagregnmængderne 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 slagregnmængder 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

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

Slagregnmængderne 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 regnevjrstypen; 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 luftvirvler over vind-siden, således at vinden på lokale partier faktisk blæser vand opad langs væggen.

Tætning mod vind

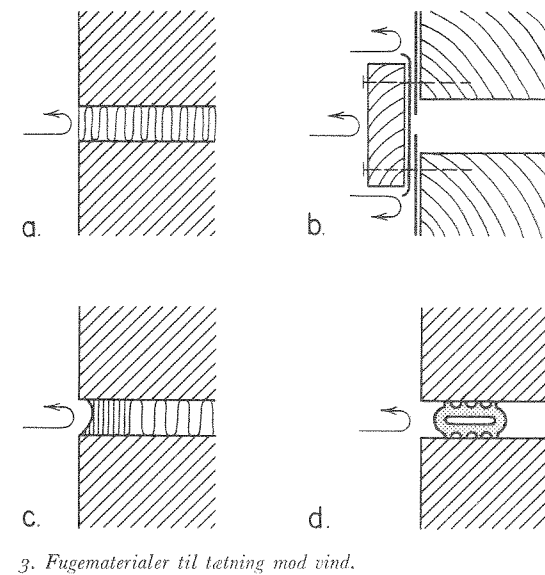
Ved tætning af fuger mod vind forsøger man at sikre sig mod luftgennemgang tværs gennem konstruktioner, og mod at yderluft trænger ind i en åben varmeisolation og cirkulerer der. I begge tilfælde vil nemlig opvarmningsudgifterne øges stærkt, samtidig med at der opstår træk i huset, som derved måske kan 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.

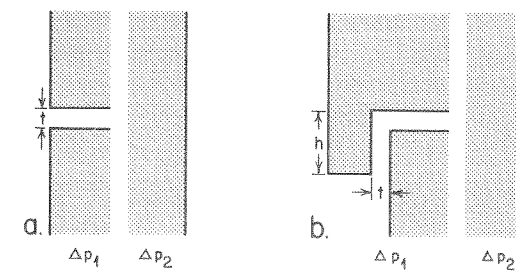
De i henseende til tætning mod vind relevante fugematerialer kan ifølge [3] opdeles i følgende 4 hovedgrupper (figur 3):

- 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“.

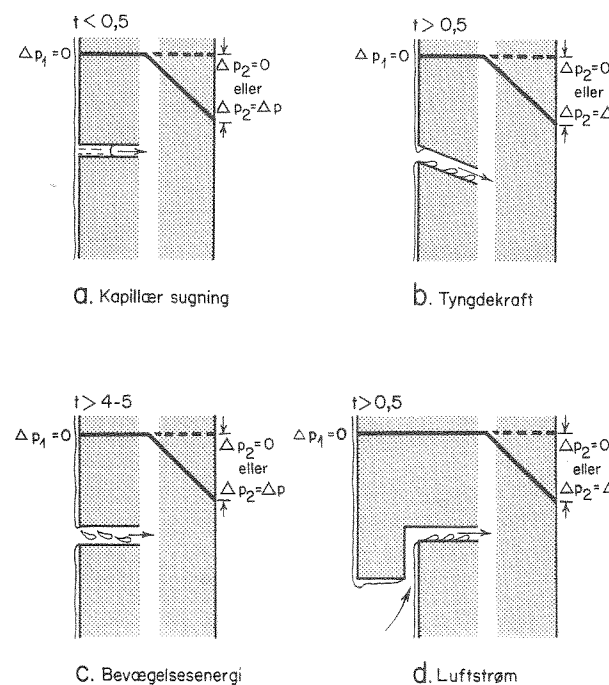


3. Fugematerialer til tætning mod vind.



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

4. Systemkitse for analyse af slagregngennemslag.



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

Tætning mod slagregn

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 indtegnede kurve, hvis projektion på lodret angiver det totale trykfald Δp .

De i det følgende beskrevne 5 enkeltfaktorer kan hver for sig eller i kombination bevirke 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.

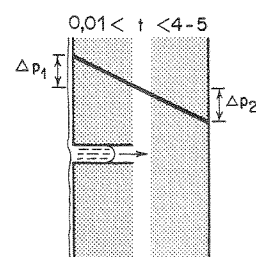
1) *Kapillær sugning*: (figur 5a). Fra den vandfilm, som regnen danner på væggen, suges fugtigheden ind i åbningen på grund af kapillarkraften. Denne kraft aftager, når åbningens bredde forøges, og man kan i praksis regne med, at den er 0 ved åbninger, hvor t er større end 0,5 mm. Ved meget små åbninger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

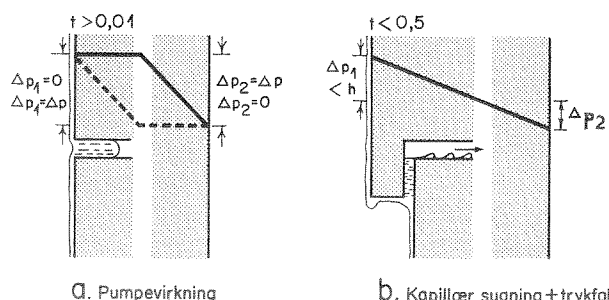
4) *Luftstrøm*: Som nævnt tidligere kan lokale luftstrømme i væggen plan være rettet opad. Dersom den ydre vægflade er glat, som ved facader af f. eks. glas eller metal, kan denne luftstrøm blæse vandfilmen opad og ind i en overdækket eller overlappet åbning, dersom denne er større end 0,5 mm (figur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



5 e. Trykfald

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



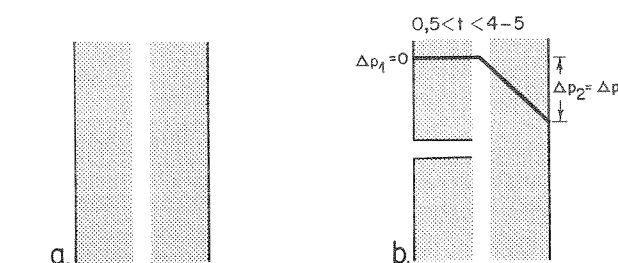
6. Kombinationer af enkeltfaktorer, som kan bevirke slagregngennemslag.

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.

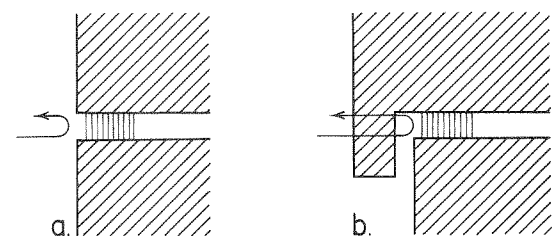
Ved gennemslag i fuger (eller i vægge i det hele taget) medvirker ofte flere af de nævnte enkeltfaktorer. Det er f. eks. meget almindeligt, at vand trænger gennem den ydre vægdel ved tyngdekraft, bevægelsesenergi eller luftstrøm og ledes frem til den indre del, hvor trykfaldet transporterer fugten videre. 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.

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.

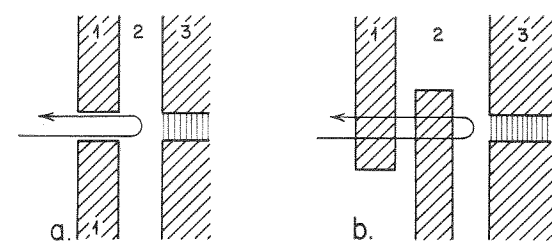
Udformningen i figur 7 a har tæt ydre del uden åbninger af nogen art, som kan slippe vandet ind. For denne løsning er det ligegyldigt, hvordan trykfaldet fordeler sig over den indre og ydre vægdel. Sådanne absolut tætte fuger findes selvsagt ikke i praksis, idet der altid vil forekomme porer og andre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



7. Principper for tætning mod slagregn.



8. Ét-trinstætning mod vind og slagregn.



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 7 b 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 slagregnmængder.

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 7 a 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 7 b 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. Alle i: NBI-særtryk 71. Moderne husbyggings-teknikk. 1962.
- [4] Hartmann, Johan og Andreasen, Asger: Facadefugen - og nogle af dens problemer. Halvtredsernes byggeri. Særnummer af Byggeindustrien, årgang 12, 1961, side 17-38.

Fugematerialer

Civilingeniør Alice Kjær, Statens Byggeforskningsinstitut

Indledning

De materialer, man har til disposition for tætning af monteringsfuger i ydervægge, kan inddeles i 4 hovedgrupper:

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

Som hjælp for den projekterende ved valg af fugemateriale redegøres i artiklen for de enkelte fugematerialers egenskaber, kvalitet og anvendelsesområde. Hovedvægten er lagt på en gennemgang af fugemasser, som i stigende grad anvendes til tætning af monteringsfuger i ydervægge. Redaktionen er afsluttet medio september 1963.

Artiklen omtaler ikke tætning mellem rammer og karme i vinduer eller indsætning af isolationsruder, idet problemerne i forbindelse hermed er udførligt behandlet andetsteds i litteraturen.

Værk eller mineraluld

Generelt kan det siges at det er meget vanskeligt, for ikke at sige umuligt, at opnå en tilfredsstillende tætning alene ved at stoppe fugen med værk eller mineraluld. Tætheden vil afhænge af fugens bredde og dybde, samt af stopningens udførelse og det valgte udfyldningsmateriale. Ved samme stopningsgrad slipper der 4 gange så meget luft gennem en fugestoppet med værk, som gennem en fugestoppet med mineraluld. Stopning egner sig kun ved smalle og meget dybe fuger, f. eks. fugen mellem karm og væg, hvor man ønsker dette hulrum udfyldt som basis for fugning med mørtel, eller bedre fugemasse.

Pap, folie eller tape

Tætning med pap og plastfolie kan undertiden, fortrinsvis ved 2-trins tætning, anvendes med held. Forudsætningen er, at man kan få pappet klemt eller klæbet til begge sider af fugen. Derfor er pap bedst egnet ved tætning mellem glatte flader som træ og metal, men også ved mere ru overflader som f. eks. beton kan pappet være af stor betydning. Luftgennemgangen i fuger i trævægge tættet med pap er betydelig mindre end for fuger tættet med mineraluld.

Det er af meget stor betydning, at paplaget, som dækker fugen, er helt. Til udvendig tætning anvendes en smidig vindtæt pap, opsat med klemte overlæg (overlæg med fast underlag). Til indvendig tætning anvendes diffusionstæt pap eller plastfolie. Dette sidste er især velegnet, når fugen skal optage bevægelser, idet plastfolie har en vis sejhed og derfor ikke så let rives i stykker. Det kan enten klæbes fast eller opsættes med klemte overlæg.

Pap og foliemateriale leveret i form af selvklæbende tape er et egnet tætningsmateriale for mange kon-

struktioner. Tapen må være af god kvalitet. Tape specielt for varig klæbning til beton er endnu på udviklingsstadiet, og det er umuligt at give generelle anbefalinger.

Fugemasser

Fugemasse er et af de mest anvendte materialer til tætning af bevægelige fuger. Fugemasse udfylder let alle ujævnheder samt tillader betydelige tolerancer. Tætning med fugemasse kræver imidlertid meget omhyggelig udførelse af arbejdet for at opnå et godt resultat. For enhver tætning med fugemasse uanset type gælder det, at fugefladerne må være rene og tørre, frie for støv, løse partikler, fedt og olie. Dette betyder, at man ikke kan udføre tætning med fugemasse i koldt vejr på grund af risikoen for kondens, rim eller isdannelse på fugefladerne. Den laveste grænse i praksis ligger på ca. + 5°C. Ønsker man at arbejde ved lavere temperatur, bør man konsultere leverandøren og få dennes godkendelse og eventuelle garanti.

Der findes på det danske marked et stort antal fugemasser med højst varierende egenskaber. I nærværende artikel inddeles fugemasser efter deres sammensætning.

SAMMENSÆTNING

Fugemasser er normalt sejge, pastalignende materialer som indeholder bindemiddel, fyldstof samt ofte pigment og opløsningsmiddel [2].

Bindemidlet, som er hovedbestanddelen i en fugemasse, kan være tørrende eller ikke-tørrende olier, forskellige plast- eller gummipolymere eller blandinger af disse, asfalt m. v. Bindemidlet giver den tættende virkning, medens de øvrige bestanddele bestemmer fugemassens egenskaber med hensyn til sejhed, applicerbarhed, farve m. v.

Fyldstof indgår praktisk taget i alle fugemasser. Det har en armerende virkning, og gør massen mere eller mindre plastisk, samtidig med at det medfører en besparelse af det ofte betydeligt dyrere bindemiddel. Som fyldstof anvendes bl. a. asbestfibre, kridt, kiselgur, talk. Da fyldstoffets partikelform har en vis betydning for fugemassens egenskaber, anvendes ofte en blanding af forskellige fyldstoffer.

Pigmentet tilsættes for at give fugemassen den ønskede farve.

Opløsningsmidlet afpasser fugemassens konsistens, så massen let kan håndteres og appliceres. Opløsningsmidlerne er flygtige vædske, som fordamper efter appliceringen, hvorved fugemassen får en fastere konsistens.

Der findes i princippet 5 forskellige grupper af fugemasser, baseret på det indeholdte bindemiddel [3].

- Asfaltbaserede fugemasser*. Fugemasse, der som bindemiddel har bitumen eller asfalt og som fyldstof asbestfibre, kvartssand o. lign.
- Oliebaserede fugemasser*. Fugemasse, der indeholder tørrende, eller en blanding af tørrende og ikke-tørrende olier som bindemiddel, og som fyldstof bl. a. asbestfibre eller højmolekylære stoffer.

- Gummi- og plastbaserede fugemasser*. Fugemasse baseret på polymere af forskellige gummi- og plasttyper. Bindemidlet er for de flestes vedkommende polyisobutylen, som ikke er tørrende.
- Kunstgummibaserede fugemasser*. Fugemasse, hvor bindemidlet er en polymer, der ved tilsætning af en hærdet eller et vulkaniseringsmiddel opnår gummi-konsistens. Det mest almindelige bindemiddel er polysulfider, de såkaldte thiokoler.
- Andre fugemasser*. Af sådanne kan bl. a. nævnes hydraulisk fugemasse, et 2-komponentsystem, hvor den ene komponent er en kunstgummilatex og den anden et hydraulisk bindemiddel.

ANVENDELSE

Asfaltbaserede fugemasser.

Disse har god klæbeevne over for beton, sten og metal og er relativt modstandsdygtige over for temperatur- og vandpåvirkninger. For at massen kan anbringes i fugen, må den opvarmes eller tilsættes et opløsningsmiddel. Fordampningen af opløsningsmidlet medfører imidlertid, at fugemassen med tiden mister noget af sin plasticitet.

Der findes på markedet en lang række af disse produkter, som hovedsagelig finder anvendelse ved horisontalfuger.

Oliebaserede fugemasser.

Denne gruppe er meget omfattende og spænder over en række forskellige typer med højst varierende egenskaber. Fælles for dem alle er, at de er udpræget *plastiske* og kun besidder lidt eller ingen elasticitet.

De typer, der indeholder tørrende olier, danner i løbet af et par døgn en overfladehinde, der sinker den videre udtørring af fugemassen. Hinden vil med tiden blive ujævn og rynket. De ikke hindedannende typer får en klæbrig overflade, som let samler støv.

Alle plastiske fugemasser vil med tiden blive fastere og stivere. Dette skyldes ældning af de organiske bindemidler på grund af solbestråling, høj temperatur, fugtighed m. m. De burde egentlig benævnes „langsomt hårde fugemasser“, og ikke varigt plastiske eller elastiske. Levetiden er meget variabel for de forskellige

produkter. For de billigste og dårligste typer kan den være helt ned til et par år, normalt er den ca. 10–15 år. For enkelte nyere produkter hævdes det, at de har en levetid på op til 50 år, men disse tal må naturligvis være gætninger på basis af accelererede laboratorieforsøg og bør derfor tages med en vis reservation.

De plastiske fugemassers egenskaber vil variere efter sammensætningen. Det er ofte vanskeligt at få de nødvendige oplysninger, og man bør udvise stor forsigtighed ved valget af produkter. For enkelte udenlandske plastiske fugemasser opgives således en brudforlængelse på 200 pct. for nyt materiale. Denne oplysning har ingen som helst praktisk betydning. Strækkes et sådant materiale f. eks. 100 pct., og trykkes sammen igen, vil det ikke gå tilbage til sin oprindelige form, idet det har undergået en plastisk deformation. Gen-tages denne proces, vil det hurtigt føre til brud, (se figur 1). Det, som har interesse, er det ældede materiales evne til kontinuerligt at optage fugebevægelser. I praksis kan denne evne være helt nede på et par procent af fugebredden. Det almindeligste er ca. 10 pct. Tal der opgives væsentlig større, bør betragtes med en vis skepsis.

Man må endvidere sikre sig et produkt, der kan klare alle aktuelle temperaturer. Alle plastiske fugemasser er temperaturafhængige og bliver blødere ved højere temperatur, og stivere ved lavere temperatur. Konsistensen ved højere temperaturer bestemmer gerne den største praktiske fugebredde. Normalt drejer det sig om fugebredder på 10–15 mm, og kun et fåtal produkter kan anvendes ved fugebredder på 20–25 mm. Fugedybden må være mindst 6 mm for at sikre god adhæsion til fugekanterne. Det bør også nævnes, at en del plastiske fugemasser har vist sig at være udpræget tixotropiske, således at de flyder ved vibrationer eller vindpåvirkninger. Den laveste temperatur, som fugemassen må kunne klare uden at blive sprødt, er her i landet ca. $\div 30^{\circ}\text{C}$.

De fleste plastiske fugemasser anbringes normalt med hånd- eller trykluftdrevet sprøjtepistol. Nogle anbringes ved fyldning eller støbning efter opvarmning til højere temperaturer, men er dog kun anvendelige til horisontalfuger.

Produkt	Producent	Farve
BOSTIK 313	Bostik AB, Hälsingborg	grå
DUM DUM MASTIC	Butimix, Amsterdam	sort, grå og sand
EVOMASTIC STANDARD	Evomastics Ltd., London	lysegrå, evt. specialfarver
SECOMASTIC	Secomastic Ltd., London	sort, grå og specialfarver
SEELASTIK	Expandite Ltd., London	sort, creme og aluminium
TERMOMASTIC	Ålholm Kitfabrik A/S, Danmark	grå, sort og specialfarver
TEROSTAT	Odenwald-Chemie GMBH, Heidelberg	grå, evt. specialfarver
TREMCODIKT	The Tremco Manufacturing Co., U.S.A.	sort, grå, elfenben, rød

Tab. 1. Eksempler på oliebasebaserede fugemasser, ifølge forhandlernes opgivelser. De fleste af de i skemaet nævnte produkter leveres også som bånd eller snore i forskellige standarddimensioner. Båndene og snorene har en lidt fastere konsistens end pastaen.

Produkt	Producent	Form	Farve
BOSTIK 1560	Bostik AB, Hålsingborg	pasta	grå
EVOFLEX og EVOSTRIP	Evomastics Ltd., England	pasta snore, bånd	grå
RIBBONSEAL gun grade	Minnesota Mining and Manufacturing Co., U.S.A.	pasta	sort, grå og specialfarver
RIBBONSEAL ag-79		bånd	hvid og aluminium grå
SECOMASTIC High Polymer	Secomastic Ltd., England	pasta	sort, grå
SECOSTRIP BUTYL		snore bånd	sort og grå sort

Tabel 2. Eksempler på gummi- og plastbaserede fugemasser og bånd, ifølge forhandlernes oplysninger.

Gummi- og plastbaserede fugemasser

Fugemasse baseret på polyisobutylen eller lignende er en 1-komponent *elastisk* fugemasse med en brudforlængelse på mindst 100 pct. Polyisobutylen er i sig selv ikke tørrende og har derfor stor bestandighed over for luft og lys. Dette medfører dog, at fugens overflade bliver svagt klæbrig og derfor let tilsmudses. For at imødegå dette kan iblandes tørrende olier.

Denne fugemasse fremstilles ofte som bånd og snore i forskellige tværsnitsformer og leveres i ruller med mellemlæg af imprægneret papir eller plastfolie, som hindrer sammenklæbning og støvansamling. Overfladen er klæbrig, men båndene klæber bedst efter at have været en tid under pres. Da de har en bestemt form og er relativt stive, stiller de visse krav til tolerancerne. De egner sig bedst til anbringelse under montering af elementerne. Bånd bruges ofte i forbindelse med mere kostbar fugemasse, for at reducere fugedybden og derved forbruget af dyrere materialer.

Kunstgummibaserede fugemasser

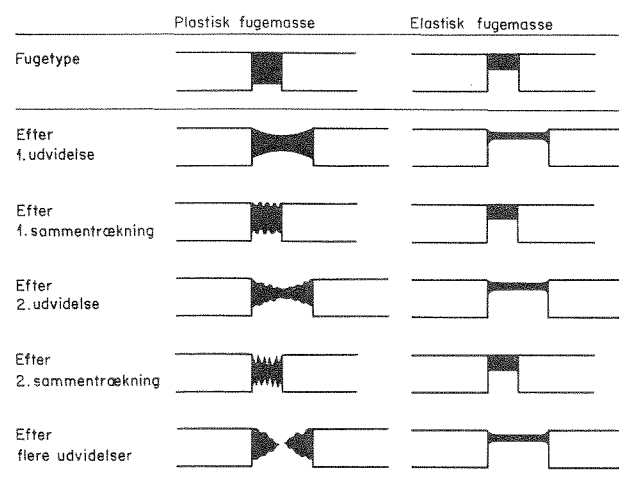
Disse har indtil fornylig næsten udelukkende været fremstillet på thiokolbasis og leveret i to komponenter. Basismaterialet, polysulfiderne, er en tyktflydende pasta og hærderen som oftest en blyperoxydpasta (giftig!). De to komponenter blandes i det rette forhold lige før brugen. Den færdigblandede masse anbringes oftest med sprøjte, men kan også anbringes med kniv. Efter anbringelsen hærder massen til en elastisk, syntetisk gummi. Alt efter blandingsforholdene og temperaturen kan man få masser, der er bearbejdede mellem 1 og 8 timer. Ved at afkøle den færdigblandede masse, kan brugbarhedsperioden (pot life) forlænges noget, men ved påføringen skal massens temperatur gerne være mindst 10°–15°C og helst ca. 20°C. Fugemassen er klæbefri efter 1–2 døgn, hærder efter 2–7 døgn og gennemhærder i løbet af 1–3 uger. Høj temperatur og høj fugtighed fremskynder hærningen. Det er vigtigt ved påføringen af fugemassen at have absolut rene og tørre flader for at opnå tilfredsstillende adhæsion. Olie og fedt kan fuldstændigt hindre adhæsionen.

Rigtigt brugt vil disse produkter give en gummielastisk tætning, som hæfter godt til de fleste materialer. Tætningerne er udpræget *elastiske* med en brudforlængelse for nyt materiale på op til 500 pct. Den

praktisk anvendte tilladelige fugebevægelse er dog betydelig lavere. Hidtil har man ment, at materialet skulle kunne optage en udvidelse af fugebredden på 100 pct. Nu anbefales det dog at sætte fordringerne lidt ned til ca. godt 50 pct. Årsagerne dertil er hovedsagelig visse problemer, som man har haft med adhæsion til fugefladerne for det ældede materiale. Hvis produktet slipper fugefladen, er tætningen ødelagt. Tidligere anvendte man relativt hårde typer med en hårdhed på 50–60 shore A. Disse materialer stillede meget store krav til adhæsionen. Nu anvendes der mere bløde typer med en hårdhed på 20–30 shore A og med forbedret adhæsion, og udviklingen synes at gå mod endnu blødere typer, helt ned til ca. 10 shore A. Disse blødere materialer stiller nemlig mindre krav til adhæsionen, idet der skal mindre kraft til at give en bestemt forlængelse.

Desuden har de blødere typer en større plasticitet, de kunstgummibaserede fugemasser er nemlig *plastisk-elastiske*. Ved langtidsbelastning fremkommer en varig deformation og spændingerne i materialet vil aftage med tiden.

Levetiden for disse produkter er endnu ukendt. Accelererede forsøg indikerer imidlertid en levetid på mindst 30–35 år, muligvis så meget som 50 år. Fugebredden må være mindst 3 mm og kan for de fleste typer gå op til 15 mm, og for nogle typers



1. Skematisk illustration, der viser formforandringerne for plastisk og elastisk fugemasse ved bevægelser i fugen. Er fugeudvidelsen over 10 pct. af fugebredden bør anvendes en elastisk fugemasse.

vedkommende til 20 mm. Fugedybden må være mindst 6 mm for at sikre god adhæsion til fugekanterne. Efter hærningen vil materialerne være elastiske ved temperaturer op til 100°C og ned til -50°C.

Et af de største problemer ved de thiokolbaserede fugemasser er blandingen af de to komponenter. Denne må udføres meget omhyggeligt, ellers hærder materialet ikke ordentligt. Derfor ville en 1-komponent fugemasse være at foretrække. Sådanne fugemasser fremstilles også, men de er endnu på udviklingsstadiet. I fugemassen er indbygget en hærder, der først aktiveres, når massen kommer ud i fri luft. På det danske marked findes af denne type bl. a.

Pro-seal 929 og Prc-fugemasse. 1-komponent fugemasse har dog endnu ikke rigtigt slået an herhjemme, hvilket kan skyldes, at den er vanskelig at opbevare, har begrænset holdbarhed og ikke mindst prisen, der er ca. 100 kr. pr. liter.

For at begrænse forbruget af den dyre thiokolbaserede fugemasse (40–60 kr. pr. liter), anvendes gerne billigere fugematerialer i form af tætningslister af forskellig art som neoprengummi, skumnylon, plastic eller isobutylen; endvidere kan anvendes mineraluld, mørtel m. m. og yderst en forsejling med thiokolbaseret fugemasse.

Produkt	Producent	Farve	Brugbarhedsperiode og temperatur	Hårdhed i Shore A
BOSTIK VULKSEAL 667	Bostik AB, Hålsingborg	hvid, sort, grå, brun	3 timer ved 20°C og 50 pct. rel. fugt.	45
BOSTIK VULKSEAL 103		sort, grå, brun	„	20
DANA SEALER	Dansk Limfabrik, Køge	sort, aluminium brun, rød	2–3 timer	30–50
POLEVO-MASTIC	Evomastics Ltd., England,	sort, grå	4–6 timer ved 21°–10°C	45
PRC-FUGEMASSE ¹⁾	Product Research Company, U.S.A.	specialfarver	2 timer ved 20°C	30–40
PRO-SEAL CGC og PRO-SEAL 929 ²⁾	Coast Pro-Seal & Mfg. Co., U.S.A.	sort, grå, evt. specialfarver	2 timer ved 15°–25°C	25–40
SABA SEALER	Saba Dinxperlo, Holland	sort, aluminium, brun, rød	2–3 timer	30–50
SECOSEAL	Secomastic Ltd., England	sort, grå	4–2 timer ved 15°–25°C	—
TEROSON TEROLASTIC	Odenwald-Chemie GMBH, Heidelberg	sort	mindst 2 timer	30–40
THIOTÆT	Skandinavisk Bygningkemi A/S	hvid, grå, brun, sort, specialfarver	3 timer	20–40
TREBOFOG	Trelleborgs Gummifabrik, Sverige	sort, grå, evt. specialfarver	4–6 timer	45–60
TREMCO LASTO-MERIC	The Tremco Manufacturing Co., U.S.A.	sort, aluminium, grå, teak	6 timer ved 21°C	20–40
WEATHERBAN	Minnesota Mining Co., U.S.A.	sort, grå, aluminium, off white	3–6 timer	40–50

Tabel 3. Eksempler på thiokol-produkter, ifølge forhandlernes oplysninger. ¹⁾ Både 1- og 2-komponent fugemasse. ²⁾ 1-komponent fugemasse med indbygget hærder.

Man forsøger stadig at finde frem til andre, bedre og billigere produkter. I den senere tid er der således lavet produkter på basis af

- 1) Silicone
- 2) Klor-sulfoneret polyethylen
- 3) Polyurethaner
- 4) Epoxy
- 5) Akryl
- 6) Fluoro-co-polymere

Disse er endnu på udviklingsstadiet, men de fleste kan leveres herhjemme under navne som Tremco Mono-Lasto-Meric, Hypalon, Adipren, Viton etc. [4].

Andre fugemasser

Hydraulisk fugemasse er et 2-komponentsystem. Den ene komponent, der består af en tyktflydende vædske, er en kunstgummilatex. Den anden komponent,

hærderen, er et hydraulisk pulver (en slags cement), der binder vandet i vædskekomponenten. Ved sammenrøring af de to komponenter dannes en pasta, som hærder til gummielastisk konsistens. En sådan fugemasse fremstilles under navnet Hydroflex af et svensk firma. Firmaets mål har været at fremstille et *elastisk* fugemateriale, der egenskabsmæssigt var af samme kvalitet som thiokol-produkterne, men samtidig skulle være billigere og lettere at arbejde med. Massen kan påføres med sprøjtepipet, og fugtige fugekanter er ingen hindring for vedhæftningen. Foreløbige svenske undersøgelser har vist at, materialet er knap så velegnet til fugning af facadefuger [5].

Hydrauliske fugemasser, hvor den ene komponent er kunstgummilatex eller polyvinylchlorid (PVC), fremstilles også i andre lande og må på nuværende tidspunkt siges at være på udviklingsstadiet.

KRAV TIL FUGEMASSER

Der findes en lang række egenskaber, som man ønsker en fugemasse skal besidde. Den skal bl. a. kunne tåle fugt, lys, varme og kulde. Den skal desuden kunne optage de bevægelser, der kan forekomme i fugen, uden at ødelægges. Endvidere skal fugemassen hæfte godt til fugefladerne, og man stiller også visse æstetiske krav. Alle disse ønskelige egenskaber skal desuden kunne bibeholdes i en lang række år.

Det er vigtigt over for producenterne nøje at få formuleret de krav, der stilles til fugemassen, og det er lige så vigtigt at opstille standardiserede prøvemethoder. Accelererede prøvemethoder, der på kort tid giver pålidelige informationer om en fugemasses langtidsændringer, er især påkrævede.

I USA har der i flere år eksisteret normer for fugemasser, og senere er der kommet specielle krav til elastiske fugematerialer. De første findes i U. S. Specification TT-C-598, de senere findes i American Standard Association specification no. 116 pkt. 1. Desuden findes der i den svenske ByggAMA 1960, Allmän Material- og Arbetsbeskrivning för Husbyggnadsarbeten, afsnit G, specificeret forskellige krav til fugemasser:

Alle Fugemasser, der anvendes i fuger mellem monteringsfærdige elementer:

Fugemassens sammensætning og konsistens skal være sådan, at dens funktion ikke påvirkes af solbestråling, regn og fugt eller af normal kemisk påvirkning.

Fugemassen må ikke miste sin elasticitet eller plasticitet ved ekstreme temperaturer.

Efter fugemassens vulkanisering eller hærkning må flydning ikke finde sted ved temperaturer over 70°C. Ved temperaturer ned til -40°C må der ikke forekomme brud, revner eller svigtende vedhæftning.

Fugemasser samt eventuel primer må ikke indeholde stoffer, der kan forårsage misfarvning på omgivende flader.

Elastiske fugemasser i bevægelige fuger skal opfylde specificerede krav vedrørende:

elasticitet, hærkningstid, hårdhed, bestandighed, vedhæftning og flydning.

Plastiske fugemasser i bevægelige fuger skal opfylde specificerede krav vedrørende:

overfladehinde, penetration, bestandighed, vedhæftning og flydning.

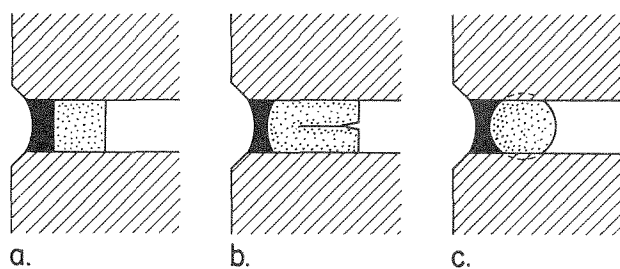
VALG AF FUGEMASSE

Det første man må gøre, når man skal vælge en fugemasse, er at undersøge hvilke bevægelser, der vil forekomme i fugerne ved vekslende temperaturer, fugtighed i materialer, vindpåvirkninger, sætninger m. m. Derefter må man dimensionere fugen efter den valgte materialetype.

Fugebredden må ved anvendelse af en billig plastisk fugemasse, som kun kan optage små fugebevægelser, være stor, mens man med den dyrere elastiske fuge-

masse, som kan optage større fugebevægelser, kan klare sig med en betydelig mindre fugebredde. Denne dimensioneringsregel udjævner en del af prisforskellen mellem de forskellige produkter. Er fugebevægelserne store, vil det også let kunne vise sig, at de billigste produkter i det hele taget slet ikke vil være brugbare, fordi fugebredden må gøres så stor, at fugemassen vil flyde ud af fugen. Man må endvidere sikre sig et produkt med god adhæsion til de aktuelle materialer i fugekanterne. Der findes ikke nogen universalmasse, som klæber lige godt til alle slags overflader. Drejer det sig om porøse materialer som træ, tegl og beton, bør man kontrollere, om der kan opstå absorption eller misfarvning. Olie fra massen vil nemlig let kunne absorberes med det resultat, at massen tørrer, krymper og mister adhæsionen til fugefladerne, samtidig med at disse mørkfarves. Thiokolbaserede fugemasser indeholder ofte en tilsætning af fenolharpix (for at forbedre adhæsionen), som kan forårsage misfarvninger på beton. Hvis der foreligger sådanne muligheder for absorption eller misfarvning, må fugefladerne smøres med en speciel primer. Det bedste er at rådføre sig med fabrikanten af fugematerialet.

Fugedybden må være tilstrækkelig til at give god adhæsion til fugekanterne. En fugedybde på omkring det halve af fugebredden vil for elastiske fugemasser normalt være passende. Ved dyrere fugemasse kan man som tidligere nævnt benytte et billigere fugemateriale f. eks. skumplast for at reducere fugedybden og forbruget af det dyrere materiale (se figur 2). Anvender man flere materialer sammen, bør man imidlertid altid undersøge, om disse går godt sammen og ikke angriber hinanden. Det bedste vil også her være at rådspørge fabrikanten.



2. Tætning med elastisk fugemasse. For at opnå en fugestreg med mindre tykkelse på midten end ved fugekanterne (til sikring mod vedhæftningsbrud) kan bundlisten udføres enten af en rektangulær skumplastprofil, som ombøjes for anbringelsen (b), eller af en skumplastprofil med et cirkulært tværsnit (c).

Fugens form må være sådan, at fugemassen let kan udskiftes. Al fugemasse ældes og har en begrænset levetid, og vedligeholdelsesomkostningerne må derfor tages i betragtning ved valg af fugemasse. Det kan være dyrt at bruge en billig fugemasse, hvis denne må udskiftes efter et par år. Ældningsprocessen vil kunne forsinkes, hvis fugemassen beskyttes mod klimapåvirkninger, først og fremmest mod direkte solbestråling, samt regn og kulde.

Når man sammenligner fugemasser prismæssigt, må man passe på at operere med literpriser og ikke kilo-

priser. Det er jo altid et vist volumen, som skal fyldes, og kilopriserne er ikke direkte sammenlignelige. Rumvægten for fugemasser varierer temmelig meget, fra ca. 1 til ca. 2 kg/l. Mindre nøjeregnende fabrikanter kan let fremstille en fugemasse med høj rumvægt og lav kiloprís ved at bruge store mængder relativt tunge fyldstoffer. En sådan fugemasse vil i praksis kunne blive adskilligt dyrere end en anden med høj kiloprís og lav rumvægt.

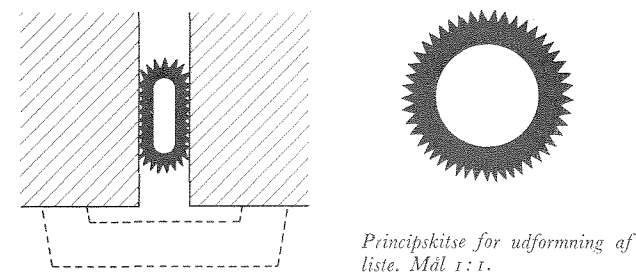
Tætningslister

Disse baserer deres tættende virkning på elastisk deformation i modsætning til båndene, hvis tættende virkning er baseret på, at de klæber til fugekanterne. De egner sig derfor bedst i fuger med relativt jævne og parallelle fugeflader. Tætningslister må have stor elasticitet, således at de kan bevare deres tættende evne, selv ved store bevægelser i fugen. Anbringes listerne helt fremme i facaden, må materialet kunne tåle påvirkninger fra regn, sol og temperaturvariationer, og tætningslisterne bør placeres således, at de relativt let kan udskiftes.

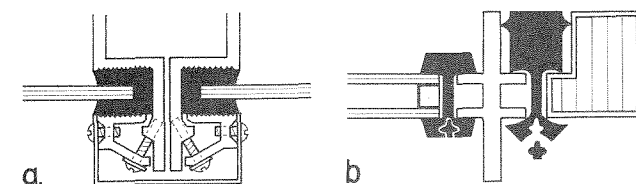
De fleste tætningslister til monteringsfuger udføres som hullister, der presses ind i fugerne. Teoretisk skulle det være let at opnå god tætning med en sådan listetype, idet selv en ringe sammentrykning giver tæthed. I praksis viser det sig dog, at det er vanskeligt at opnå fuld tæthed ved hjørnerne og ved samlingerne. Desuden kan man ved varierende fugebredde risikere, at man nogle steder ikke opnår tilstrækkelig sammenpresning af listen, mens denne andre steder ikke kan presses ind i fugen (se figur 3).

Tætningslister har hovedsagelig været fremstillet i kunstgummi (butyl, butylen og neopren) og PVC. PVC har den ulempe, at det er termoplastisk og især ved høje temperaturer kan det få varig deformation. Til gengæld kan samlingerne svejdes på byggepladsen. Gummilisterne er mere elastiske, men må som regel samles på fabrik eller monteres med åbne samlinger. Af kunstgummilisterne er neoprenlisterne, der har været fremme siden 1932, de, der har vist den bedste ældningsbestandighed.

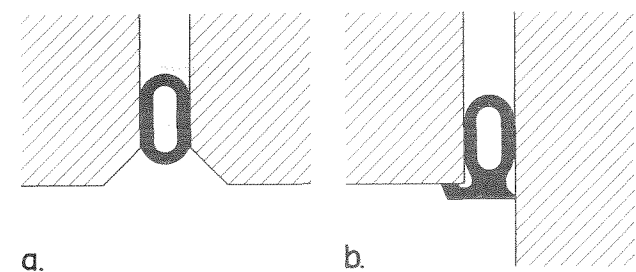
I et samarbejde mellem gummiindustrien og byggematerialeindustrien har man søgt at udvikle såvel de mest hensigtsmæssige listeprofiler som den mest effektive montageteknik. Almindeligt kendt er lister med enkelte eller dobbelte U-profiler, som kan tildannes til færdige rammer med et lille undermål i forhold til det bygningselement, de skal spændes om. Gummilisten kan bringes til at ekspandere enten ved, at den klemmes godt sammen under monteringen ved hjælp af skruebeslag eller ved, at der indpresses en speciel „filler strip“ i gummilisten (se figur 4, a og b). En anden ekspansionsmetode er „Vacuumteknik“, hvor ekspansionen sker ved atmosfærens tryk. En hulprofil bringes til at kollabere ved evakuering, hvorpå den presses ind i fugen. Når der derefter åbnes for luftens adgang, klemmer hulprofilen sig selv på plads (se figur 5).



3. Eksempel på tætning mellem to elementer udført med en cirkulær, riflet gummiliste, som under monteringen er anbragt i spænd mellem elementerne. Listens levetid vil kunne forlænges ved afdekning.



4. Eksempler på anvendelse af neoprentætningslister i metalfacader. Ved (a) opnås tætningen ved at et metalbeslag skrues fast mod den U-formede tætningsliste. Ved (b) etableres tætningen med en speciel „filler strip“, som låser tætningslisten fast om elementerne.



5. Eksempler på tætning mellem to elementer (a) samt mellem element og vægflade (b) med neoprentætningslister ved hjælp af vacuummetoden.

Også plast- og de øvrige kunstgummilister kan fremstilles i alle ønskelige profiler. Levetiden kan forlænges, hvis de monteres så de er beskyttet mod sollys.

Lister af skumplast, skumgummi og asfaltimprægneret skumgummi, står ikke mål med de forømtalte lister, idet de skal presses meget sammen for alene at give effektiv tæthed. Som bund for elastisk fugemasse er de derimod velegnede (se figur 2). Anvendelse af tætningslister i monteringsfuger vil blive nærmere behandlet i en senere artikel „Fugeløsninger“.

Litteratur

- [1] Gjelsvik, Tore: Fugematerialer, Bygg. nr. 2, 1962, side 25-29. NBI-særtryk 71. Moderne husbyggingsteknikk. 1962.
- [2] Gustafsson, Bengt; Fogmasser, Byggeforskningens Informationsblad, 1962:38.
- [3] Hartmann, Johan og Andreasen, Asger: Facadefugen - og nogle af dens problemer. Halvtredsernes byggeri. Særtryk af Byggeindustrien, årgang 12, side 17-38.
- [4] New Joint Sealants, Criteria, Design and Materials. Publication no. 1006, Building Research Institut, Washington D.C. 1963, 248 s.
- [5] Nylund, Per-Olof: Fogar i ytarrväggar av betongfogmasser, Byggmästaren 1963, nr. 11, side 271-279.

Fugeløsninger

Arkitekt MAA Johannes Brixen,
Statens Byggeforskningsinstitut

Krav til fuger

For at forårsage mindst mulig afbrydelse af ydervægens funktion skal en ideel fuger bl. a. opfylde følgende krav: den skal være tæt over for vind, regn og varme samt i særlige tilfælde også over for lyd og brand; den skal kunne optage elementbevægelser som følge af temperatur- og fugtændringer; den skal kunne optage målafvigelse på elementer; den skal være enkel at montere; den skal give en æstetisk tilfredsstillende forbindelse mellem samme eller forskellige materialer; den skal være udformet, så der er let mulighed for reparation, og endelig skal alle disse egenskaber kunne bibeholdes i konstruktionens levetid.

Ovennævnte krav optræder ikke med lige stor vægt ved alle ydervægge, og oftest vælges fuger og fugemateriale som kompromisløsninger i forhold til de her stillede og eventuelle supplerende krav. I hvert enkelt tilfælde må den projekterende nøje overveje, hvilke krav der er væsentlige og de konsekvenser, som dette måtte få for den pågældende fugeløsning.

Kravet om tæthed over for vind og regn optræder imidlertid altid ved elementbyggede ydervægge, idet facadematerialet oftest i sig selv er både vindtæt og regntæt, og det bliver derfor fugerne, som bestemmer væggenes tæthed.

Problemer i forbindelse med tætning af facadefuger mod vind og regn er i særlig grad blevet behandlet ved Norges Byggeforskningsinstitut. I den indledende artikel „Fugeprincipper“ er der nærmere gjort rede for dette udviklingsarbejde, som bl. a. har resulteret i fastlæggelse af de to hovedprincipper for tætning mod vind og regn: ét-trins tætning og to-trins tætning.

Den forseglede fuger

Ved ét-trinstætning kombineres vind- og regntætningen i ét lag, oftest ved at fugen udvendig lukkes tæt med en fugemasse eller en elastisk tætningsliste, heraf betegnelsen *forseglet fuger*.

Den forseglede fuges tæthed beror først og fremmest på kvaliteten af det anvendte fugemateriale, idet dette ved sin beliggenhed helt fremme i facaden er stærkt udsat for klimatiske påvirkninger. Men også fugeudformningen og arbejdsudførelsen spiller en afgørende rolle for fugens holdbarhed. Selv små fejl vil give ulemper, idet vindtrykket vil drive regnvandet ind gennem små revner, når vandfilmen dækker henover dem. Vedrørende en detaljeret behandling af de enkelte fugematerialer og materialevalget i forhold til fugeudformningen henvises til den foranstående artikel „Fugematerialer“.

Den ventilerede fuger

Ved to-trinstætningen placeres vind- og regntætningen i to forskellige lag, yderst en regnspærring relativt nær facaden og inderst i fugen en vindspærring. Bag regn-

spærringen etableres et luftmelletrum, som ventileres til det fri, heraf betegnelsen *ventileret fuger*.

Mens den lodrette og vandrette fuger principielt kan udføres ens, når fugen er forseglet, vil de være forskellige, når fugen er ventileret. Beskyttelsen mod slagregn etableres ved den lodrette fuger med lister af f. eks. træ, metal eller Neoprene, hvorimod den vandrette fuger oftest udføres åben, blot beskyttet af en nedragende flig fra det overliggende element.

For at være på den sikre side bør man dog trods alt regne med at mindre vandmængder under ugunstige forhold kan trænge ind bag ved regnspærringen i den lodrette fuger. Luftmelletrummet bør derfor udformes således, at eventuelt indsvivende vand kan ledes bort uden at gøre skade.

Ved lette træfacader opnås dette ved hjælp af lodrette vanddriller med skarpe kanter. På grund af overfladepændingen vil vandet have vanskeligt ved at passere en skarp kant. I betonfacader kan de lodrette fugerflader profileres med skråtliggende riller med hældning fremad mod facaden, såkaldt „vaskebræt“, hvorved vandet automatisk ledes ned til den vandrette fuger og ud.

Den indvendige vindtætning kan udføres ved stopning med værk eller mineraluld, hvorved der tillige opnås en passende isolering. Tætning med fugemasse, med f. eks. en skumplastliste eller glasuldsnor som bund, vil dog ofte være en bedre løsning.

En af fordelene ved den ventilerede fuger er bl. a. at vindtætningen er placeret rigtigt – inderst – i konstruktionen, hvorved risiko for kondensation undgås. Tætningen kan endvidere på grund af de væsentligt mindre temperaturbevægelser på den varme side af konstruktionen udføres med billigere materiale, end det der må kræves anvendt ved forsegling udvendig. Endelig er udførelsen uafhængig af vejrforholdene.

Eksempler fra praksis

På de følgende sider gennemgås en række eksempler på anvendelse af de overfor beskrevne fugeløsninger i nyere montagebyggeri her i landet. Hovedvægten er lagt på selvbærende betonfacader og lette træfacader, som begge har undergået en voldsom udvikling i de seneste år. Artiklen afsluttes med eksempler på elementfacader i træ, stål og aluminium. Alle tegninger er i mål 1:5.

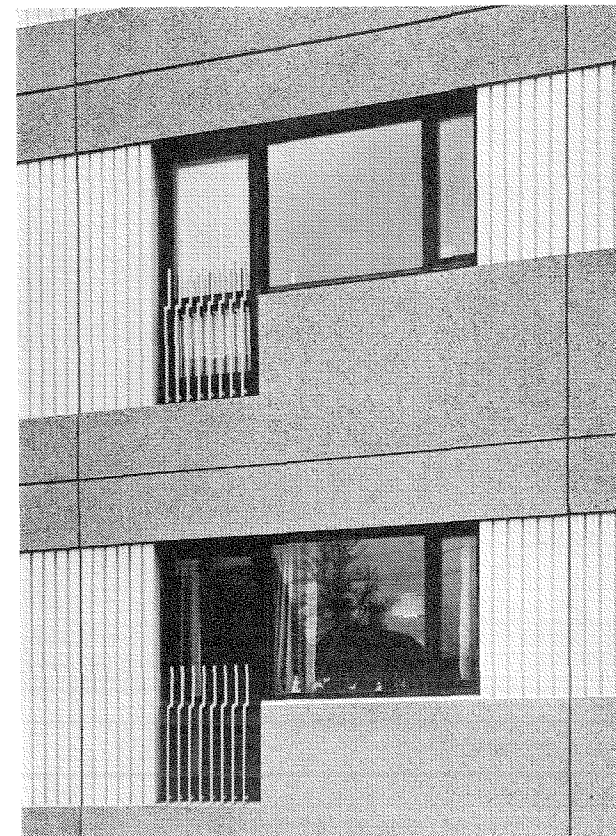
Litteratur

Andersen, Povl R.: Facadefuger, tætheds- og toleranceproblemer, særtryk af Nordisk Betong nr. 2, 1964.

Isaksen, Trygve: Fuger og fugeløsninger, Bygg nr. 4, 1962, side 73–84. NBI-særtryk 71. Moderne husbyggingsteknikk. 1962.

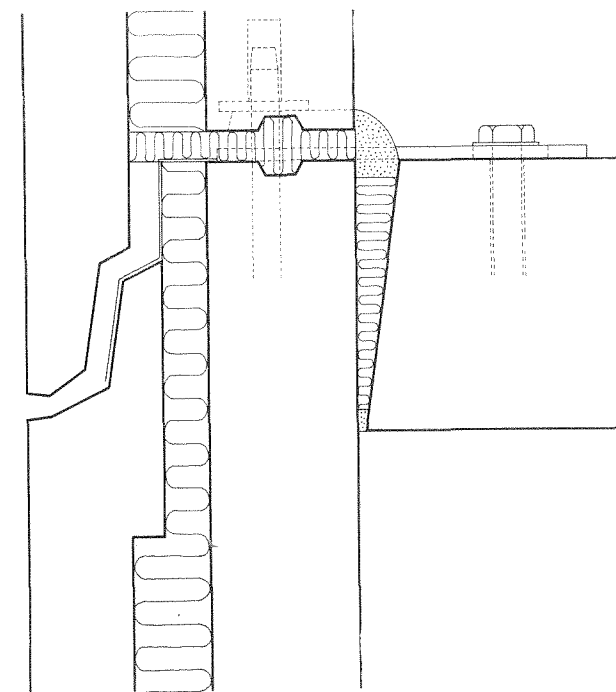
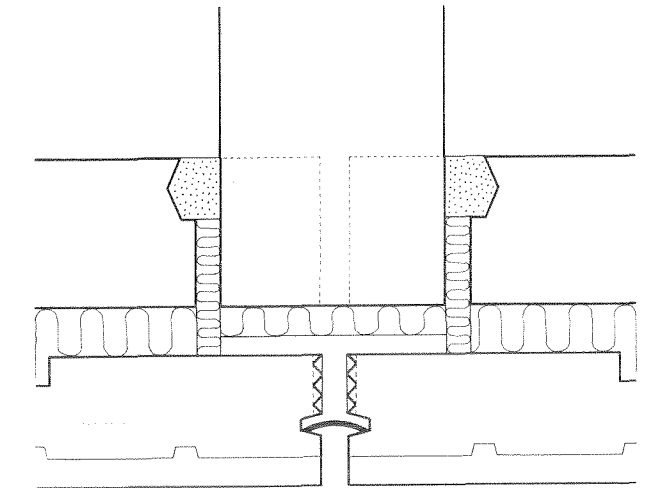
Isaksen, Trygve: Fugeudformning og slagregngjennomgang, Byggmesteren nr. 14, 1964, side 25–39, NBI-særtryk 93, 1964.

Munch-Petersen, Johs. F. og Eriksson, Owe: Samlingsproblemer i montagebyggeri, SBI-rapport 38, 2. reviderede udgave, 1963.

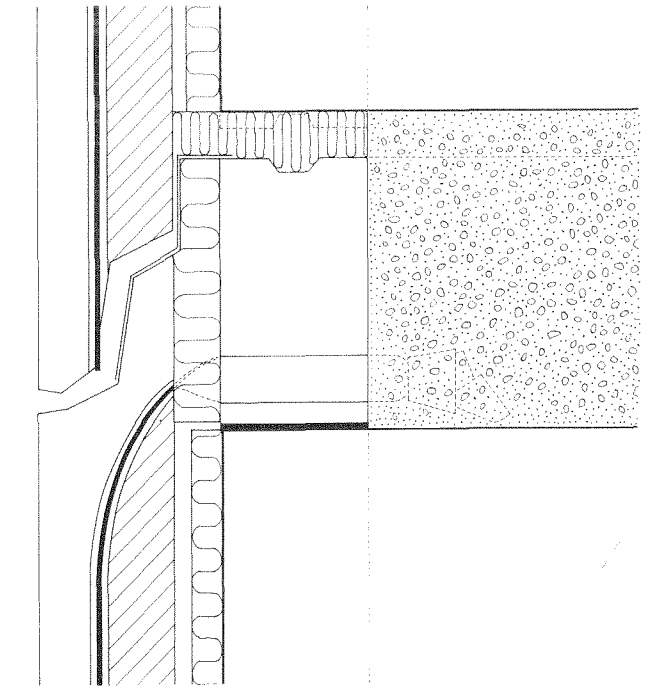


Backersvej, København. Facadeudsnit, der angiver de rumstore elementer.

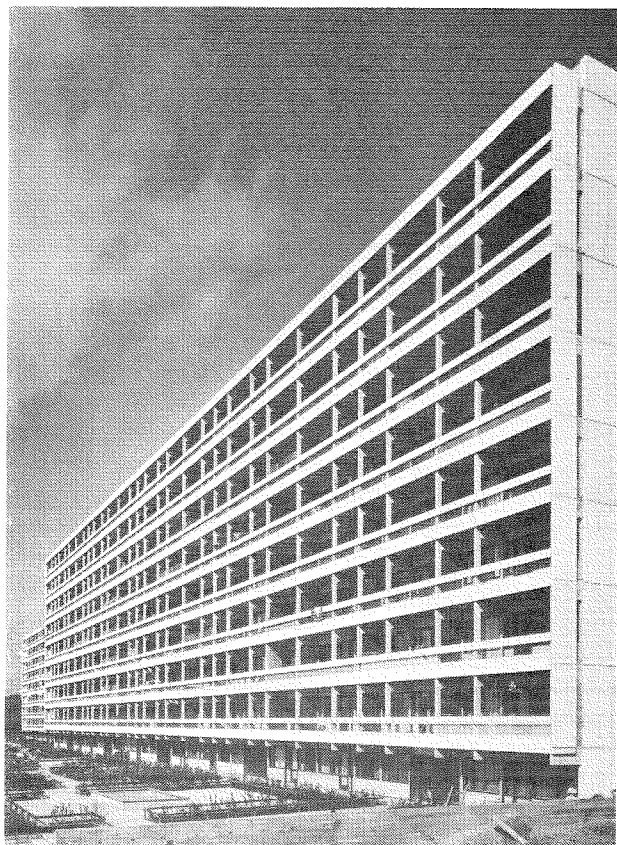
For at undgå de specialarmede dæk langs facaden udføres betonfacader i montagebyggeri i reglen selvbærende, dvs. at facaden selv er i stand til at overføre sin egen vægt og vindkræfter til de bærende tværvægge. Facaderne opbygges af etagehøje betonelementer i bredder svarende til spændvidderne mellem de bærende tværvægge, og med vinduer og glas indsat. Facadeelementerne består af en udvendig og indvendig betonskal med et mellem-liggende isolationslag. I facader med indvendig selvbærende betonskal kan forbindelsen til de bærende tværvægge f. eks. etableres som vist nedenfor og i fig. 4. Udvendigt selvbærende betonskal er omtalt nærmere i fig. 5.



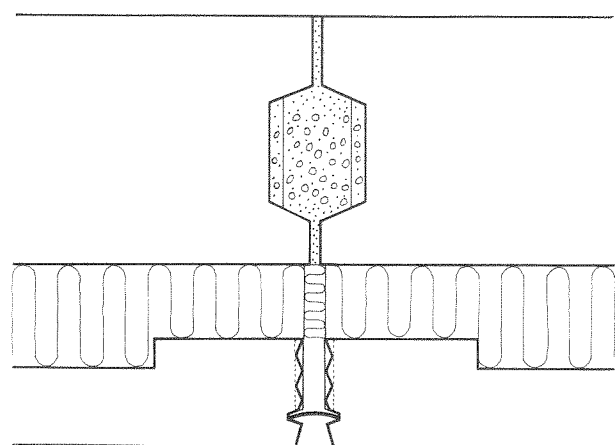
1
Ventileret vandret fuger. Lodret snit i facadeelementer og dekelement. Facadeelementerne hviler ved bæreknafter af på de bærende tværvægge, som går halvt ud i facaden, mens dækket går helt fri heraf. De er styret ved indstøbte, rustfrie dorne og fastholdt til dækket med rustfrie pladeankre. For at sikre at vand ikke kan trænge ned i isoleringslaget under montagen, er der på overkanten af facadeelementerne klebet en 0,15 mm plasticfolie. Efter stopning med mineraluld er indvendig lukket vindtæt med cementmørtel (fugemasse bør foretrakkes). Fugen er vandtæt uden brug af fugematerialer, dels på grund af „overlapningen“, dels fordi fugen er så bred, at indtrængning af vand ved kapillarkvirkning eller pumpevirkning undgås (Backersvej, København).



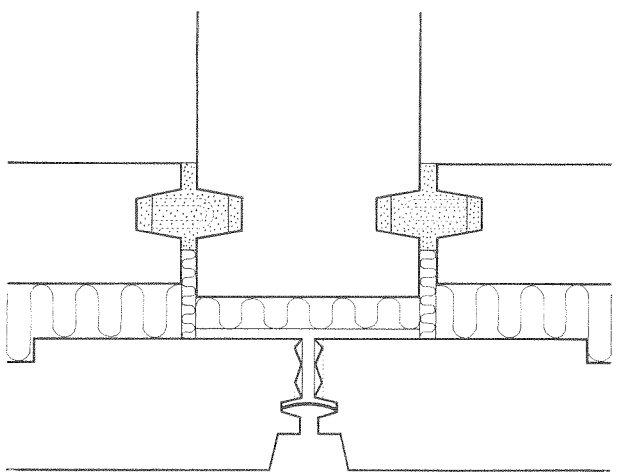
2
Ventileret lodret fuger. Vandret og lodret snit i fuger mellem facadeelementer. Udvendig er fugen afdækket med en Neoprene-liste fastspændt i noter. Listen føres bagud mellem knasterne, hvor den fastgøres. Hulrummet foran varmeisoleringsen står i forbindelse til det fri gennem den åbne vandrette fuger. Fugen er tæt over for slagregn. De små vandmængder, der måske kan sive ind, ledes af „vaskebrættet“ automatisk ned til den vandrette fuger og ud. Det viste indskud af plasticfolie over fugesamlingen sikrer dræning af eventuelt vand fra den lodrette fuger oven over. Indvendig er lukket vindtæt; her vist med cementmørtel, men fugemasse bør nok foretrakkes. Med den viste isolering undgås kulde-, lyd- og brandproblemer. (Backersvej, København).



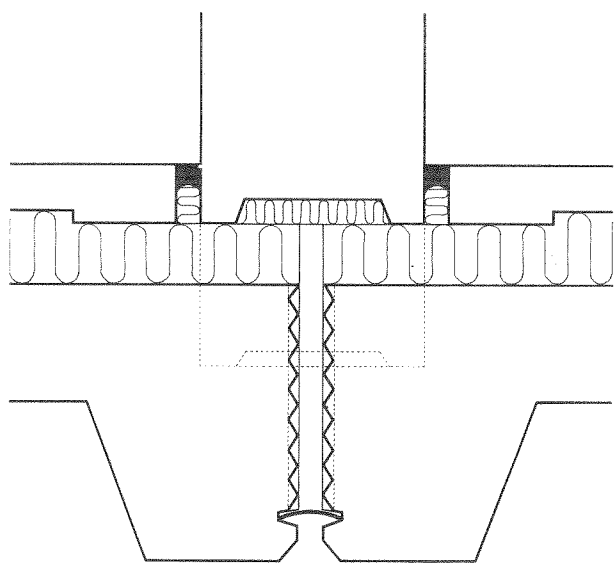
Hoje Gladsaxe (Gladsaxeplanen). Altanfacade ved 16 etages boligblok.



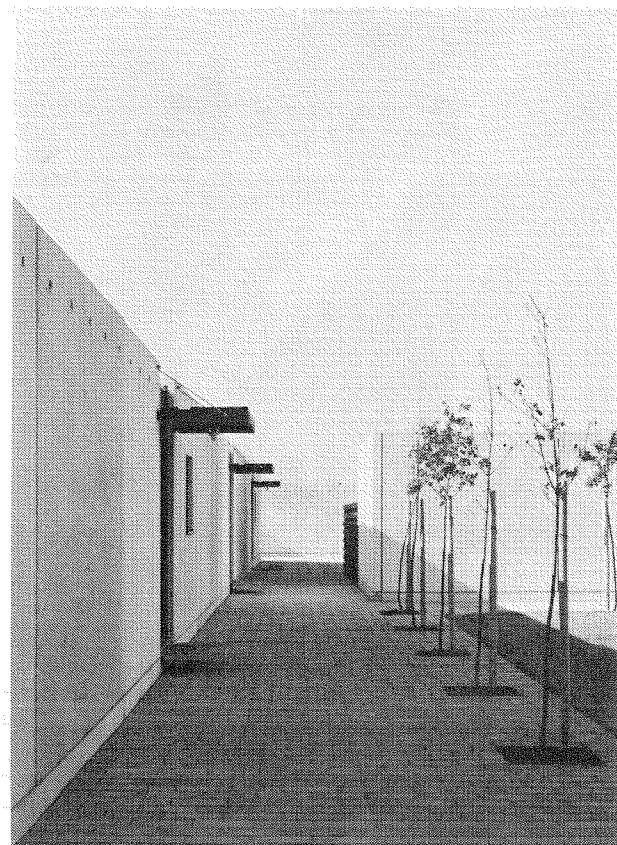
3 Vandret snit i samling mellem gavlelementer. Gavlelementerne udføres i princippet som facadeelementer, men med bærende indvendig betonskal, som dækelementerne kan hvile af på. Gavlene kan i virkeligheden betragtes som en bærende tværvæg, hvorpå der er ophængt en klimaskærm af beton. Tykkelsen af klimaskærmen bør være mindst 5 cm for at skabe mulighed for en tilsvarende vandtætning som anvendt ved facadevægge. Den indvendige betonskal sammenstøbes i fortandede noter (Gladsaxeplanen).



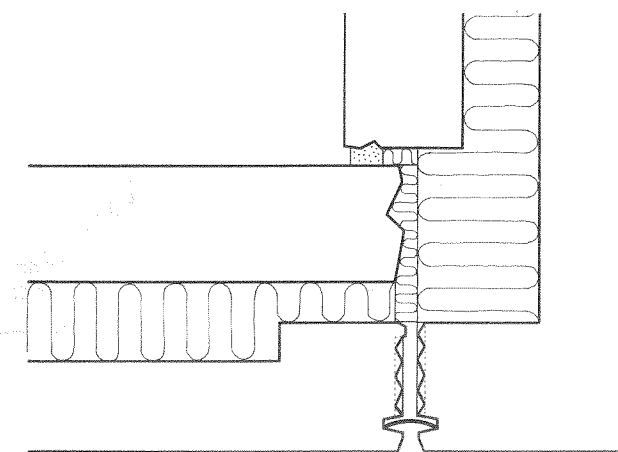
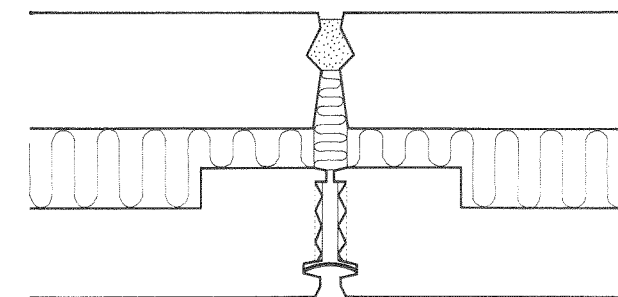
4 Vandret snit i samling mellem væg- og facadeelementer. Eksempel på facade, hvor det er den indvendige betonskal, som er bærende. Forbindelsen til de bærende tværvægge sker gennem fortandede noter, der optager egenvægt og vandrette kræfter. Fugemørtlen fastholdes ved hjælp af u-bøjlerne til facadeelementet, og uundgåelige svindrevner er fikseret til bunden af væggenes not ved strygning med 1 mm varm asfalt. Foran de udstøbte noter er stoppet med mineraluld. Den udvendige fuger er udført med Neoprene-liste og „vaskebræt“ og ventileret til det fri. For at tilsløre forskellen mellem de lukkede lodrette og de åbne vandrette fuger er bunden i alle fugefalse sort. De store facadeelementer (og gavlelementer) er delt op hver med en vandret og en lodret skinfuger for at opnå arkitektonisk tiltalende formater. Også skinfuger er sorte (Bellmannsgade, København).



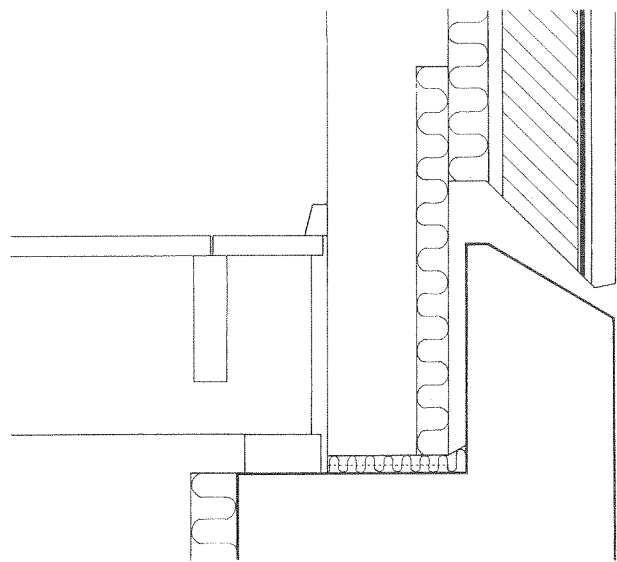
5 Vandret snit i samling mellem væg- og facadeelementer. Eksempel på facadeelement med udvendig bærende betonskal. Facadens vægt overføres her til de bærende tværvægge ved at facadeelementerne ophænges på knaster (punkteret) på tværvæggene. De vandrette kræfter overføres til dækket gennem rustfri forbindelser, der svejses til rustfri dome i dækket. Disse bolteforbindelser er i stand til at kunne følge med facadens lodrette og vandrette bevægelser, samtidig med at de kan optage kræfterne som søjler. Kuldebroen ved knasterne er reduceret væsentligt ved isolering og ved benyttelse af 5 mm Neoprene som underlagsplade. Denne løsning benyttes i dag stort set kun ved facader, hvor arkitektoniske grunde taler for anvendelse af ribber eller kraftigt mønster, som samtidig kan udnyttes til at bære elementets vægt. Den indvendige skal bør være 3 cm. (Kongeledet, Rødby).



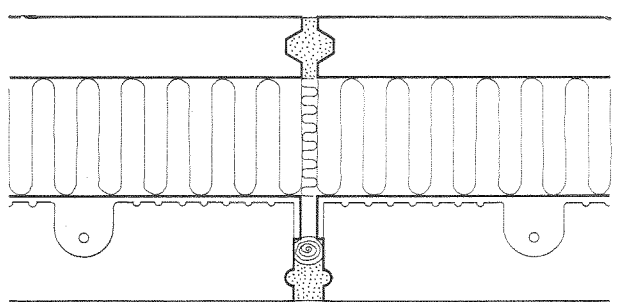
Albertslund Syd, Albertslund. Fodgængersti i gårdhuskvarteret.



6 Vandret snit mellem facadeelementer og mellem facadeelement og hjørneelement. Eksempel på fugeløsninger ved bærende facadeelementer i beton anvendt ved én-etages montagebyggeri. Vandtætningen ved de lodrette fuger er udført som beskrevet ved betonfacader i etagebyggeri ved anvendelse af Neoprene-liste og „vaskebræt“. Eventuelt indsvivende vand ledes ud foruden ved den skråt afskårne sokkel. Mellem elementerne stoppes med mineraluld og inderst udfuges med bastadmørtel. (Albertslund Syd).



7 Lodret snit i fuger mellem facadeelementer og sokkel. Den udvendige betonskal er på gårdhusene ført ca. 50 cm længere op end den indvendige betonskal, hvorved tagkonstruktionen helt gemmes bag betonfacaden. Betonskallen danner samtidig brandkam mellem de sammenbyggede huse. Foruden er den indvendige betonskal ført længst ned, så at samlingen mellem facadeelement og sokkel ligger et godt stykke under færdigt gulv. Der er derfor ikke udført vandtætning af den vandrette fuger. Ved montagen opsættes facadeelementerne på Neoprene-plader, og den indvendige vandrette fuger stoppes med værk. (Albertslund Syd).

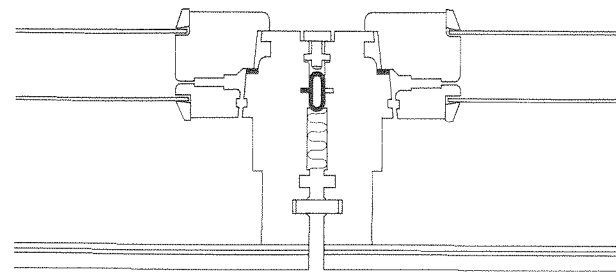


8 Vandret snit i samling mellem facadeelementer. Flere steder i landet er udviklingsarbejde igang med fremstilling af etagehøje teglelementer til montagebyggeri. Her vises et eksempel på et 19 cm tykt teglelement udført som en sandwichkonstruktion med 80 mm mineraluldisoliation mellem en udvendig sammenstøbt, armeret teglstensskal og en indvendig 40 mm armeret bagstøbning. Elementerne kan benyttes enten som bærende ydervægge i én-etages byggeri eller som beklædningselementer i etagebyggeri med bærende tværvægge eller bærende søjlekonstruktioner. Anvendt som bærende facadeelementer fuges udvendig med fugemørtel med glasuldnsor som bund, og indvendig udstøbes med beton. Mellem isoleringen i elementerne stoppes med mineraluld. Ved anvendelse som ikke-bærende facadeelementer kan en Neoprene-liste indsat i de viste noter benyttes som regnskærm. (A/S Montage-tegl).

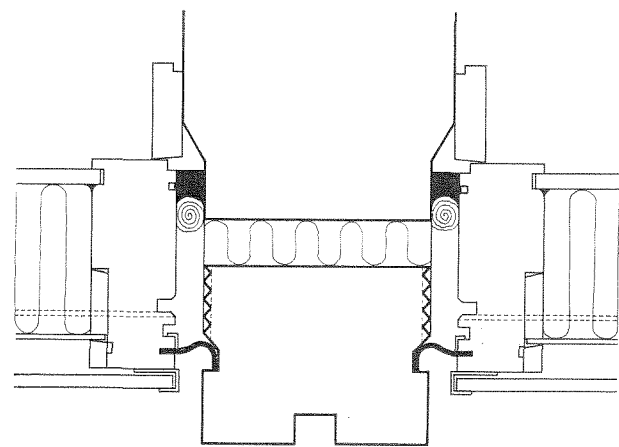


Baltorpevej, Ballerup (Ballerupplanen). Facadeudsnit af 4 etages boligblok.

Den lette facade, udført som en tillempet curtain wall, finder stadig større anvendelse i montagebyggeriet bl. a. på grund af voksende krav til varmeisolation og ventilationsmuligheder. De viste eksempler på denne side er hentet fra en industrielt tilvirket træelementfacade, hvis principielle opbygning har dannet skole for udførelse af tilsvarende lette facadetyper i træ.

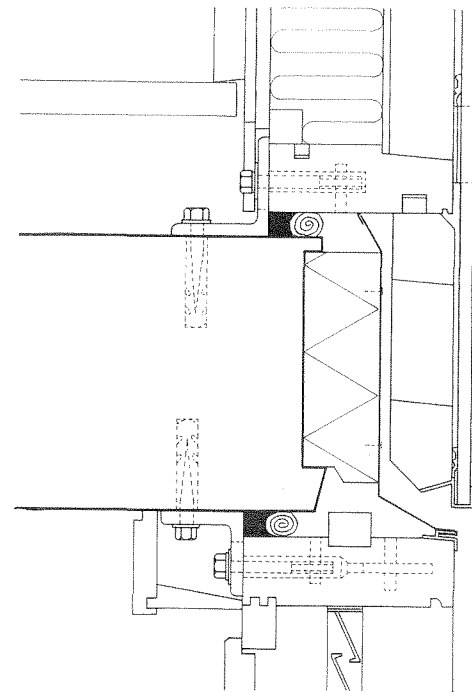


9 Vandret snit i karmsamling. I den lodrette fuger er yderst anbragt en liste af vandfast krydsfinér, som centrerer og afstiver facadeelementerne. Den virker samtidig som regnskærm mod slagregn (analog med Neoprene-listen ved betonfacader). Bagved i det ventilerede hulrum er karmene forsynet med en skarpkantet not (vandtrille). Eventuelt indsvivende vand vil på grund af overfladespændingen blive standset af de skarpe kanter, og derefter ledet ned til den vandrette fuger og ud. Indefter er stoppet med mineraluld (brandsikring), og inderst er benyttet en slange af Neoprene, som giver en effektiv vindtætning. Fugen afdekkes med en liste, som fastskrues ved hjælp af et særligt nylonbeslag. (Ballerupplanen).



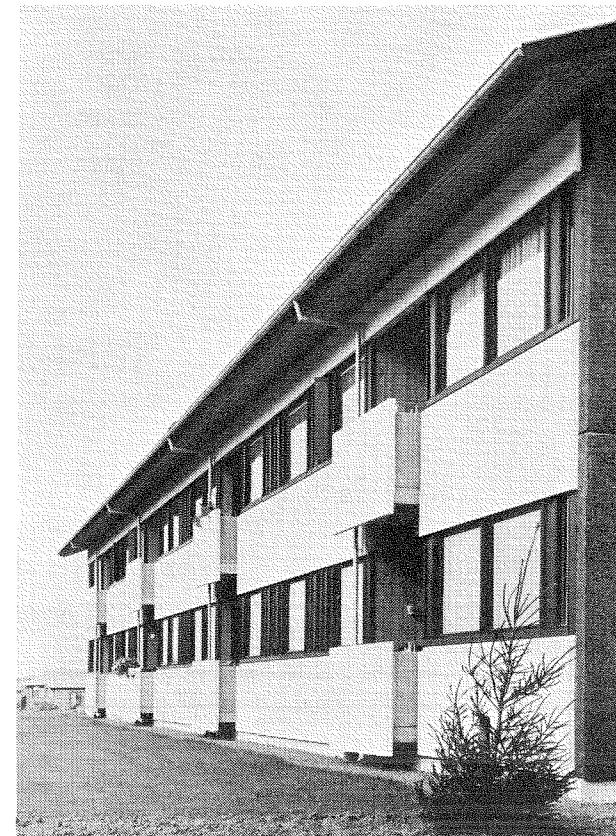
10 Vandret snit mellem bærende tværvæg og træelementfacade. Den viste fugeløsning er i sin opbygning analog med den, der anvendes i Ballerupplanen. Yderst en regnskærm af Neoprene, som fastgøres til karmen og ved montagen bringes til at spænde mod betonvæggen. Bagved i det ventilerede og dræned hulrum (de punkterede linier i underkarmen angiver Neoprene-listen, som føres udover altanpladen) vil vandtrillerne i karmen og „vaskebrættet“ i betonvæggen standse evt. indsvivende vand og lede dette ud over altanpladen forned. Inderst som vindtætning er anbragt en glasuldsnor som bund for fugemasse. Vindtætningen langs væg og dek løber ubrudt rundt. Kuldebro er undgået ved isolering af facadesøjle. (Gladaxeplanen).

18

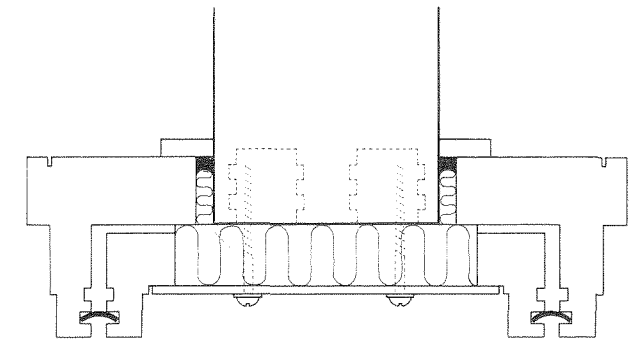


11 Lodret snit i samling mellem facadeelementer og dek. Facadeelementerne fastholdes med vinkelbeslag, som med franske skruer er fastgjort til dækket i dybde fastboret på stedet efter borelere, således at montagen kan udføres hurtigt og nøjagtigt. Vandtætningen sker automatisk ved den påsatte „tå“ på elementerne. Dækforkanten er isoleret mod kuldebro. På isoleringen sømmes den gennemgående zinklaskant for at sikre den vandrette fuges vandtæthed samt bortledning af evt. vand fra den lodrette fuger. Zinklaskanten fungerer samtidig som brandsikring mellem to etager. Vindtætningen inderst langs dek og vægge er tidligere udført ved stopning med mineraluld. Nu anvendes fugemasse med en glasuldsnor som modhold. (Ballerupplanen).

11

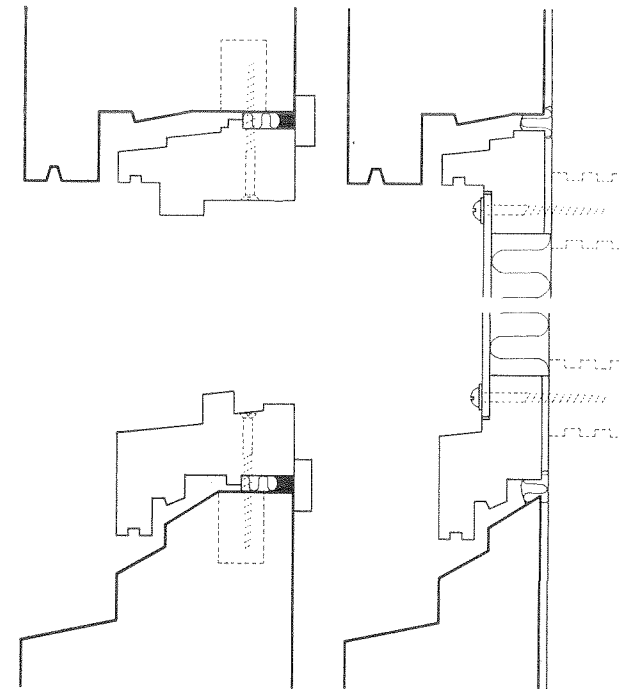


Sydjyllandsplanen, altanfacade ved 2 etages boligblok.



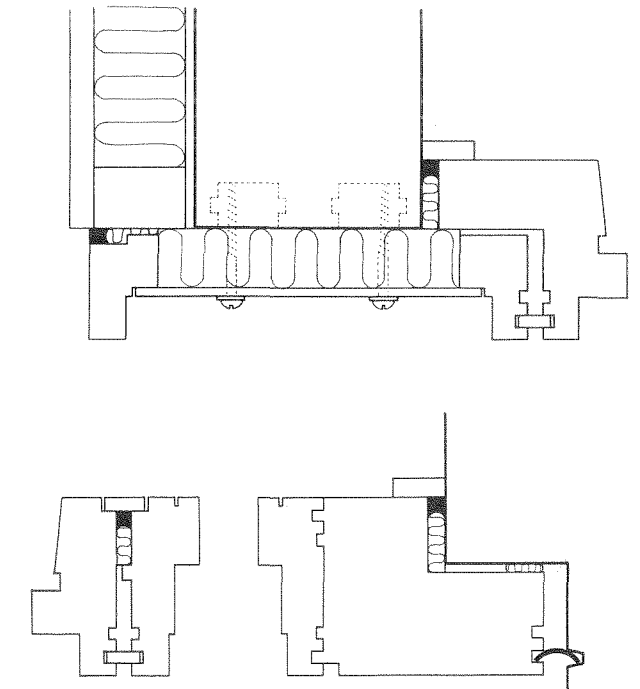
12 Vandret snit i samling mellem facadeelementer og bærende tværvæg. Hvor en let facadevæg passerer forbi et lejlighedsstel, må der træffes særlige forholdsregler mod lydbrøer, som kan være helt ødelæggende for lydisolationen. En væsentlig forbedring opnås ved at føre væggen (og dækket) ud i den indvendige del af facadekonstruktionen, hvorved risikoen for flanketransmission reduceres. I det her viste eksempel er man gået et skridt videre ved at gøre forbindelserne mellem karme, tværvæg og jokerelement „elastiske“. Udvendig er som regnskærm anvendt en Neoprene-liste og indvendig er fugen forsejlet med plastisk fugemasse. Ved fastgørelsen af jokerelementet er anvendt et fjedrende mellemlæg, og hulrummet er isoleret med mineraluld. (Sydjyllandsplanen).

12



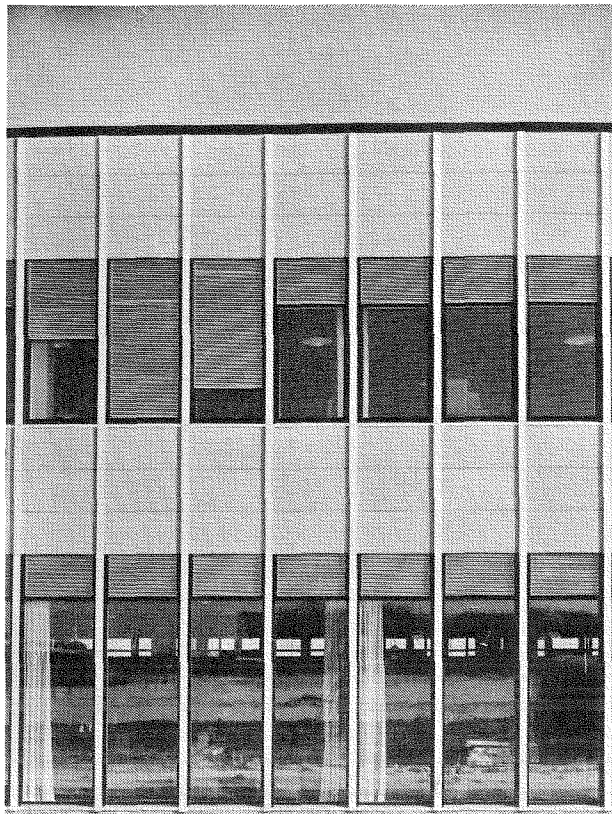
13 Lodret snit i facadeelement samt jokerelement foran tværvæg. Vindueselementerne er fastgjort med skruer til indstøbte træklodser i betonbrystningen. Denne er ophængt på de bærende tværvægge og spænder fra etage til etage. De vandrette fuger er beskyttet mod slagregn, dels ved den nedragende flig på brystningselement og underkarm, som begge desuden er forsynet med vandnase, og dels ved at fugen er gjort så bred, at indtrængning af vand ved kapillær- eller pumpevirkning ikke kan forekomme. Vindtætningen indvendig er udført med plastisk fugemasse på en stopning af mineraluld. Vandrette fuger mellem jokerelement og tværvæg er tættest med skumnylon for at nedsætte luftcirkulationen bag jokerelementet. (Sydjyllandsplanen).

13

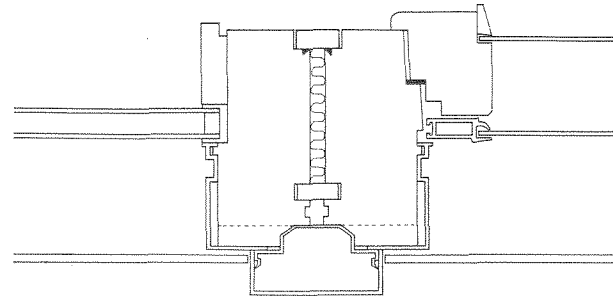


14 Vandret snit i facadeelementer ved altan, karmsamling og tilslutning mellem facadeelement og gavl. Ved samling mellem jokerelement og tværvægens beklædningselement ved altan er regn- og vindtætningen kombineret i ét lag ved lukning af fugen med elastisk fugemasse. Anvendelsen af Neoprene-liste som regnskærm er af økonomiske grunde begrænset til samlinger ved lejlighedsstel (se fig. 12) og tilslutninger til gavl som vist herover. Ved øvrige ventilerede fuger er anvendt træliste. Evt. indsvivende vand vil på grund af overfladespændingen blive standset af de skarpkantede vandtriller i karmene, og ledt ud forned. Indvendig vindtætning er udført med plastisk fugemasse, dækket af en træliste. (Sydjyllandsplanen).

14



FDB's centrallager, Herstedvester. Facadeudsnit af kontorbygning.



15

Vandret snit i samling mellem facadeelementer. Eksempel på let facadekonstruktion udført i træ og aluminium. De lodrette trækarme udgør facadens afstivende konstruktion og overfører vindtrykket fra facaden til etagedækkene. Fugen mellem facadeelementerne er yderst afdækket med et løst aluminiumsprofil, der virker som regnskærm. Evt. indsvivende regnvand ledes væk gennem det ventilerede hulrum bag regnskærmen. Som vindtætning (og afstivning af karme) er anvendt en liste af vandfast krydsfinér, og denne danner samtidig stopbund for isoleringen. Inderst afdækkes fugen med en træliste forsynet med noter, hvori der er indsat en selvklæbende plastisk tætningsnor som dampspærring (FDB's centrallager i Herstedvester).

Ved glatte facader af metal/glas må man regne med, at store vandmængder løber ned over facaden med god fart. Norske undersøgelser viser således, at 60-70 l/h kan passere felter på én meters bredde i de nederste etager ved højhuse. Inde ved væggen vil vinden blive bøjet af, både til siderne og opad. Sidevinden vil presse regnfilmen over mod fremspringende vertikale lister og profiler, og den vil her blive omdannet til tykkere, koncentrerede vandstrømme, som vil søge ind ved huller og utætheder ved hjørner og sammenføjninger. Det er derfor vigtigt, at alle facadeelementer har luft- og vandtætte sammenføjninger, og at denne tætning ikke er gjort afhængig af fugemasse. Endvidere bør alle vandrette fuger sikres ved passende overlæg og vertikalt vandstop, så vand ikke kan trænge ind i konstruktionen ved opadgående vindpåvirkning. De lodrette fuger vil i princippet kunne udføres ventilerede med deraf følgende let mulighed for reparations- og udskiftningsarbejder.

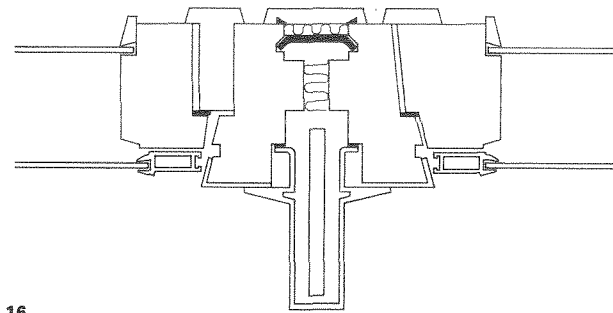
Udover problemer vedrørende vind- og vandtæthed knytter der sig til projektering af curtain walls en lang række detailproblemer, som det ikke er muligt at behandle i denne oversigtsartikel.

Særligt interesserede henvises til den righoldige speciallitteratur, hvoraf fremhæves følgende:

Rostron, R. Michael: Light cladding, artikelserie i *The Architects' Journal*, b. 131 og 132, 1960, 13 artikler fra 25.2.1960 til 20.10.1960.

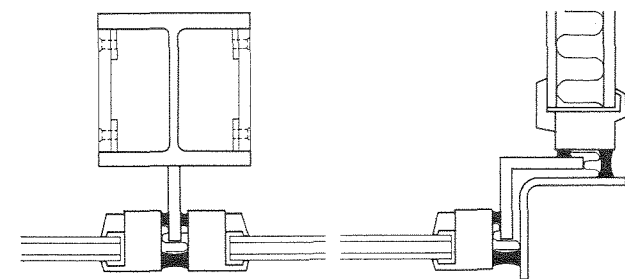
Rostron, R. Michael: Light cladding, jointing and sealing, artikelserie i *The Architects' Journal*, 27.2.1963, 6.3.1963, 24.4.1963.

Birkeland, Øivind: Ikke-bærende yttervegger, *NBI-håndbok 11*, 1960.



16

Vandret snit i samling mellem facadeelementer. Eksempel på tillempet dansk curtain wall udført i stål, træ og aluminium. Elementerne er her ophængt på et sekundært bæresystem af lodrette fladjern, der er fastgjort til dækkene. Den lodrette fuge består yderst af et u-formet aluminiumsprofil som regnskærm. De to hulrum mellem profil og karme er ventileret og drænet til det fri, så evt. indsvivende vand kan ledes ud. Vindtætningen er placeret inderst i form af en Neoprene-liste, der fastklemmes i noterne ved hjælp af den isolerede deklister. Denne er tillige forsynet med noter til indlæg af selvklæbende tætningsnor. (Kvindeligt Arbejderforbund, København).



17

Vandret snit i samling mellem facadeelementer. Eksempel på en præfabrikeret rammekonstruktion i stål, hvori er indsat ikke-bærende facadeelementer udført af plastovertrukne aluminiumsprofiler. Facadeelementerne, der helt eller delvis består af glas, er fastgjort til den bærende stålkonstruktion ved hjælp af vinkeljernslasker. Regn- og vindtætningen er her kombineret i ét lag ved forsegling med elastisk fugemasse, der er i stand til at kunne optage ret store fugebevægelser. Samme fugemasse er benyttet til lukning af fugen indvendig. Mellemrummet er isoleret med skumnylon, som samtidig danner bund for fugemassen. Fugestregens bikonkave tværsnit giver stor vedhæftningsflade, samtidig med at modstanden mod fugens udvidelse bliver mindre. (Statens Åndssvageforsorg - montageskoler).

