



Forblad

Fugeløsninger

Johannes Brixen

Tidsskrifter

Arkitekten 1964

1964

Nedenfor bringes den tredje og afsluttende artikel i SBI's artikelserie vedrørende fugeproblemer i elementbyggede ydervægge. De to første artikler, *Fugeprincipper* og *Fugematerialer*, bragtes i nr. 9 og 10/1964.

Fugeløsninger

Arkitekt **MAA Johannes Brixen,**
Statens Byggeforskningsinstitut

Krav til fuger

For at forårsage mindst mulig afbrydelse af ydervæggens 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 konstruktions levetid.

Ovennævnte krav optræder ikke med lige stor vægt ved alle ydervægge, og oftest vælges fuger og fugematerialer 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 regnspærringen etableres et luftmellemrum, som ventileres til det fri, heraf betegnelsen *ventileret fuger*.

Mens den lodrette og vandrette fuger principielt kan udføres ens, når fugen er forsejlet, 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. Luftmellemrummet bør derfor udformes således, at eventuelt indsvivende vand kan ledes bort uden at gøre skade.

Ved lette træfacader opnås dette ved hjælp af lodrette vandriller med skarpe kanter. På grund af overfladespændingen 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 forsejling udvendig. Endelig er udførelsen uafhængig af vejrforholdene.

Eksempler fra praksis

På de følgende sider gennemgås en række eksempler på anvendelse af de ovenfor beskrevne fugeløsninger i nyere montagebyggeri her i landet. Hovedvægten er lagt på selv bærende 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.

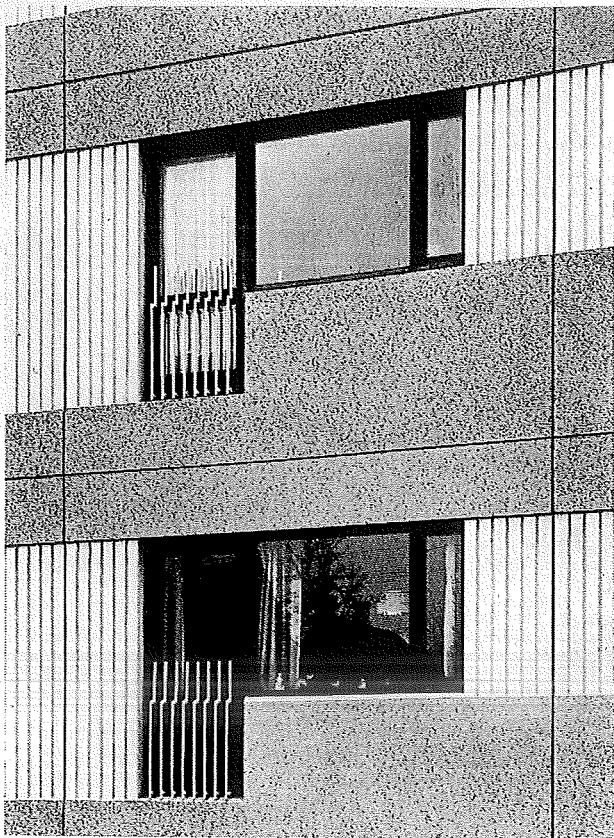
Litteratur

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

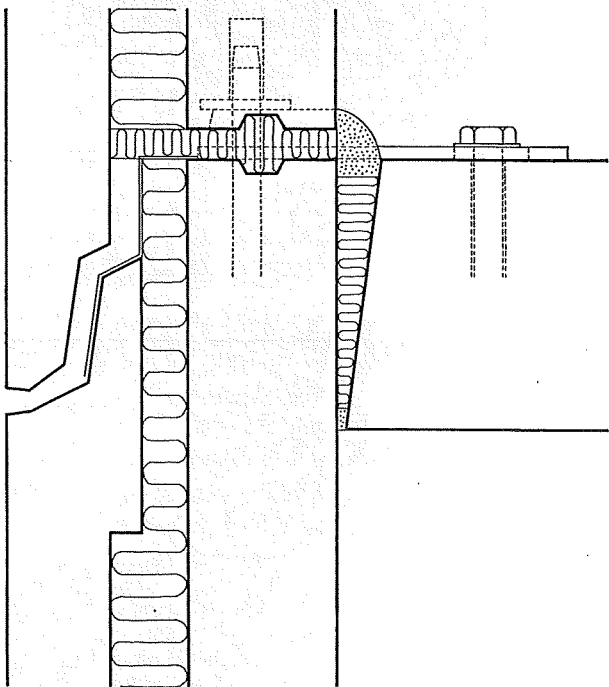
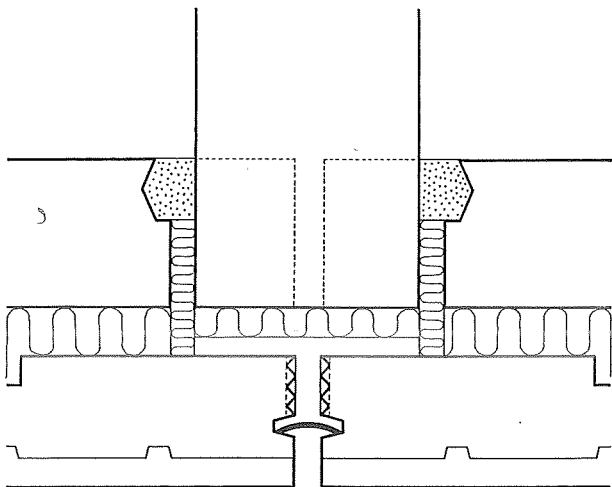
Isaksen, Trygve: Fuger og fugeløsninger, Bygg nr. 4, 1962, side 73–84. NBI-særtryk 71, 1962.

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

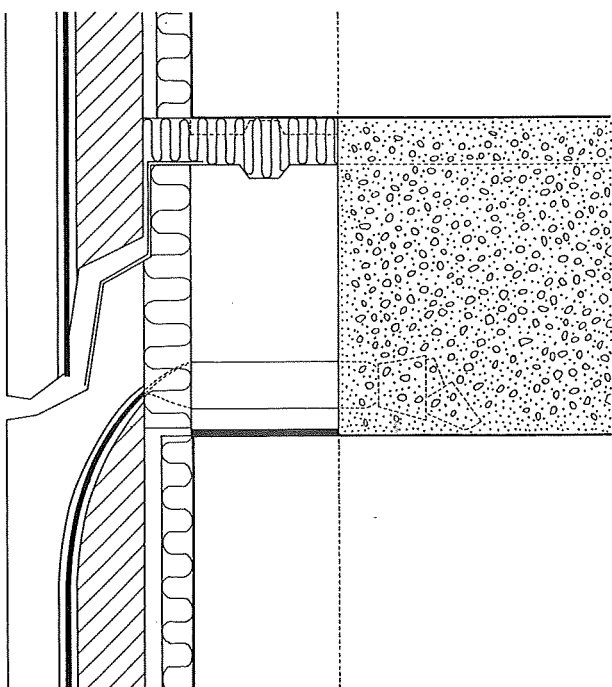
Munch-Petersen, Johs. F. og Eriksson, Owe: Samlingsproblemer i montagebyggeri, SBI-rapport 38, 1963.



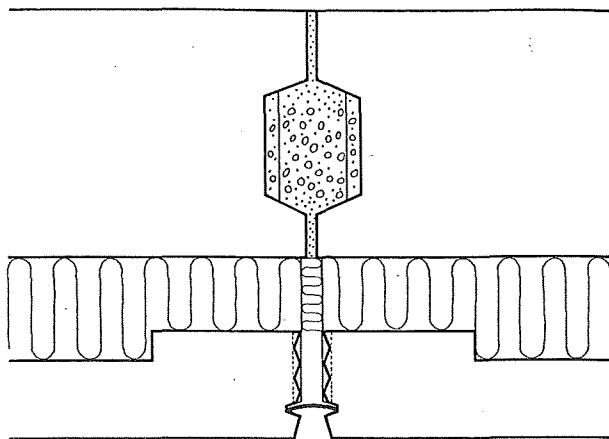
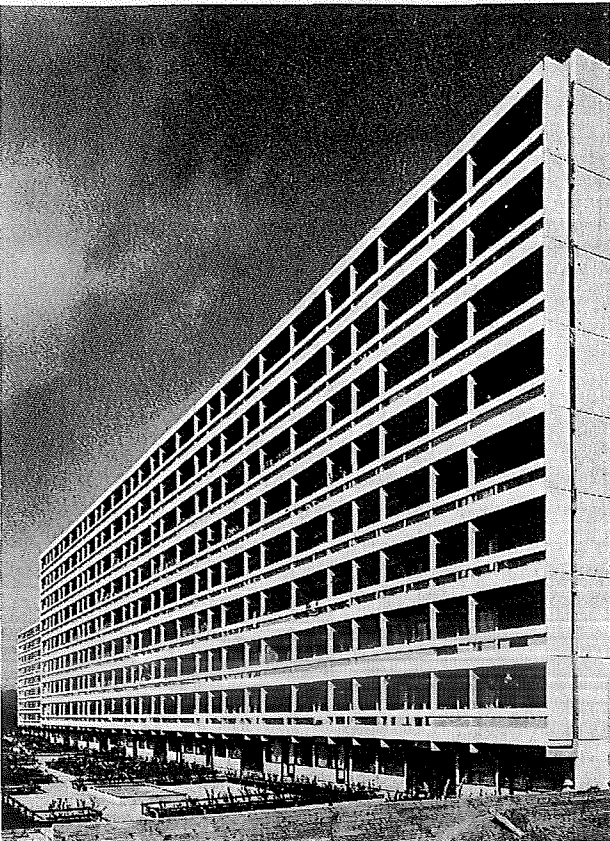
For at undgå specialårmerede dæk langs facaden udføres betonefacader i montagebyggeri i reglen selvbærende, dvs. at facaden selv er i stand til at overføre sin egen vægt og vindkræfter til de bærende tværvægge. Facaderne opbygges af etagehøje betonelementer i bredder svarende til spændvidderne mellem 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 dakelement. Facadeelementerne hviler ved bæreknaster af på de bærende tværvægge, som går halvt ud i facaden, mens dækket går helt fri heraf. De er styret ved indstøbte, rustfri dorne og fastholdt til dækket med rustfri pladeankre. For at sikre at vand ikke kan trænge ned i isoleringslaget under montagen, er der på overkanten af facadeelementerne klæbet en 0,15 mm plasticfolie. Efter stopning med mineraluld er indvendig lukket vindtæt med cementmørtel (fugemasse bør foretrækkes). Fugen er vandtæt uden brug af fugematerialer, dels på grund af „overlapningen“, dels fordi fugen er så bred, at indtrængning af vand ved kapillarvirkning eller pumpevirkning undgås (Backersvej, København).

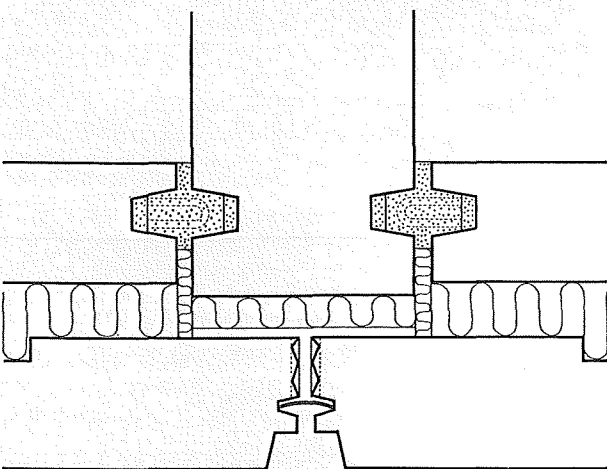


2
Ventileret lodret fuger. Vandret og lodret snit i fuger mellem facadeelementer. Udvendig er fugen afdækket med en Neoprene-liste fastspændt i noter. Listen føres bagud mellem knasterne, hvor den fastgøres. Hulrummet foran varmeisoleringsen står i forbindelse til det fri gennem den åbne vandrette fuger.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



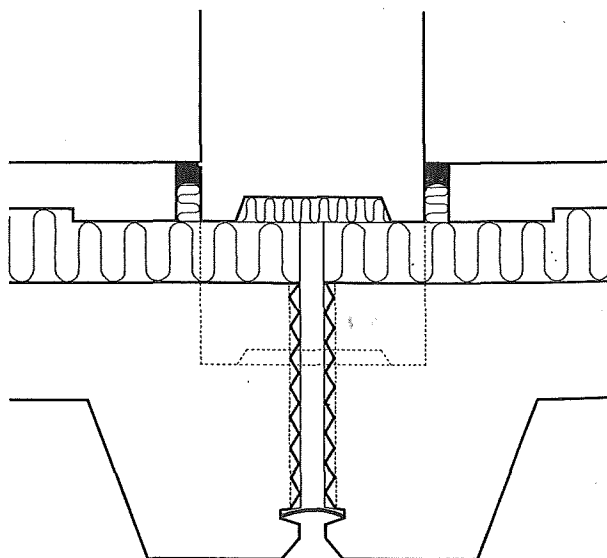
3

Vandret snit i samling mellem gavlelementer. Gavlelementerne udføres i princippet som facadeelementer, men med bærende indvendig betonskal, som dekelementerne 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).



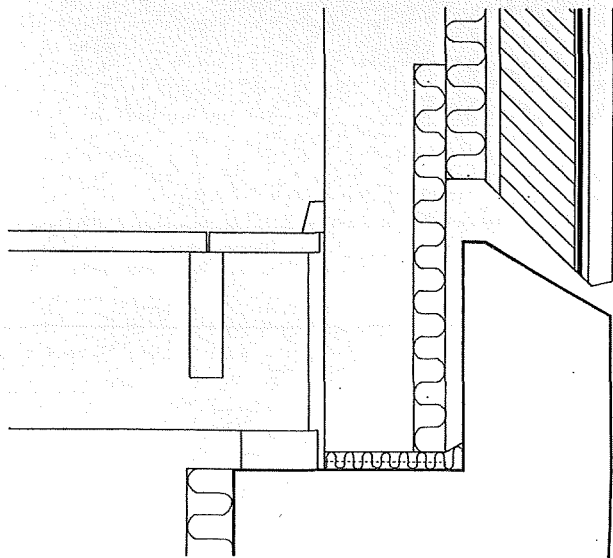
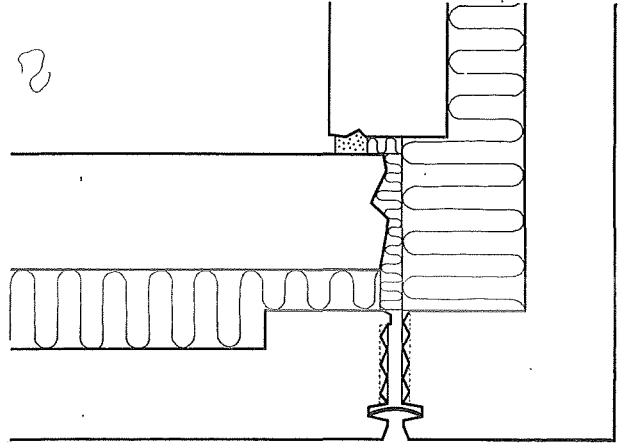
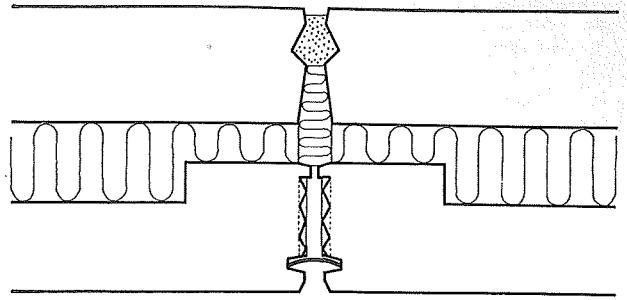
4

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 svindreoner er fikseret til bunden af væggen's not med 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 fugefalser sort. De store facadeelementer (og gavlelementer) er delt op hver med en vandret og en lodret skinfuge 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 dorne 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.)



6

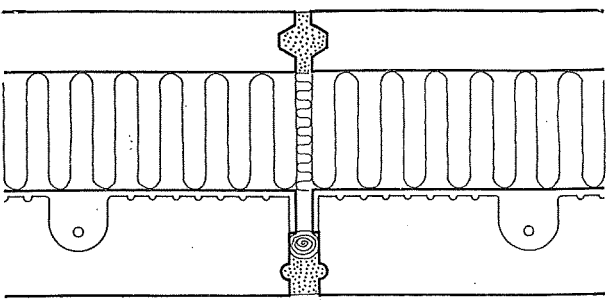
Vandret snit mellem facadeelementer og mellem facadeelement og hjørneelement. Eksempel på fugelosninger ved bærende facadeelementer i beton anvendt ved én-etages montagebyggeri. Vandtætningen ved de lodrette fuger er udført som beskrevet ved betonfacader i etagebyggeri ved anvendelse af Neoprene-liste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

7

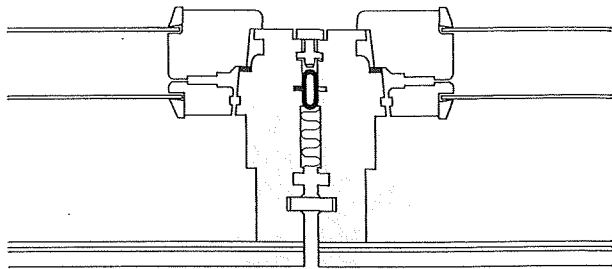
Lodret snit i fuger mellem facadeelementer og sokkel. Den udvendige betonskal er på gårdhusene ført ca. 50 cm længere op end den indvendige betonskal, hvorved tagkonstruktionen helt gemmes bag betonfacaden. Betonskalen danner samtidig brandkam mellem de sammenbyggede huse. Forne den er den indvendige 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 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 mineraluldisololation 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 glasuldsnor 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.)

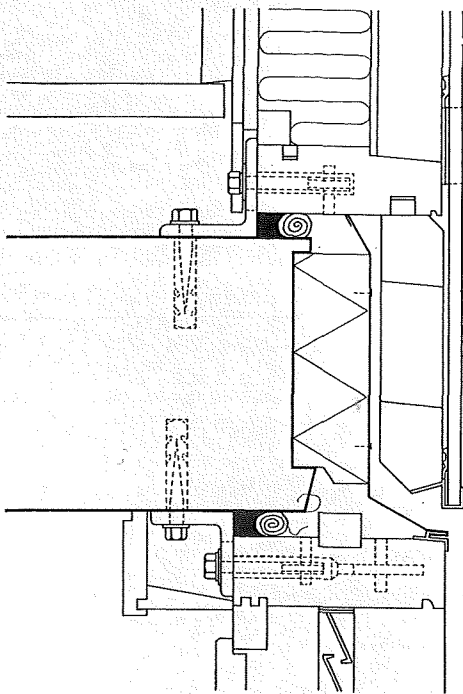


Den lette facade, udført som en tillempet curtain wall, finder stadig større anvendelse i montagebyggeriet bl. a. på grund af voksende krav til varmeisolation og ventilationsmuligheder. De viste eksempler på denne side er hentet fra en industrielt tilvirket træelementfacade, hvis principielle opbygning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



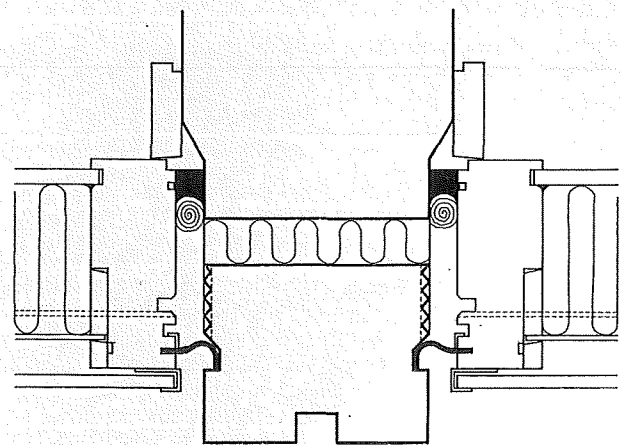
9

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 (vanddrille). Eventuelt indsvivende vand vil på grund af overfladespændingen blive standset af de skarpe kanter, og derefter ledet ned til den vandrette fuger og ud. Indestfer 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.)



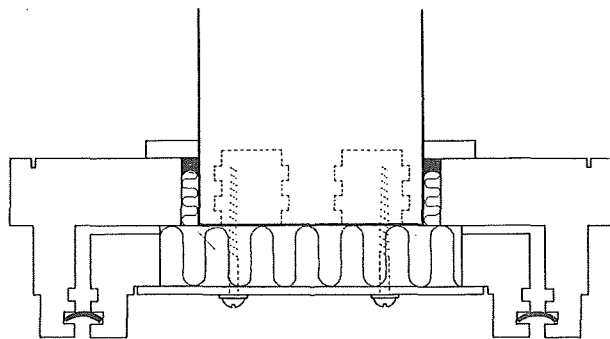
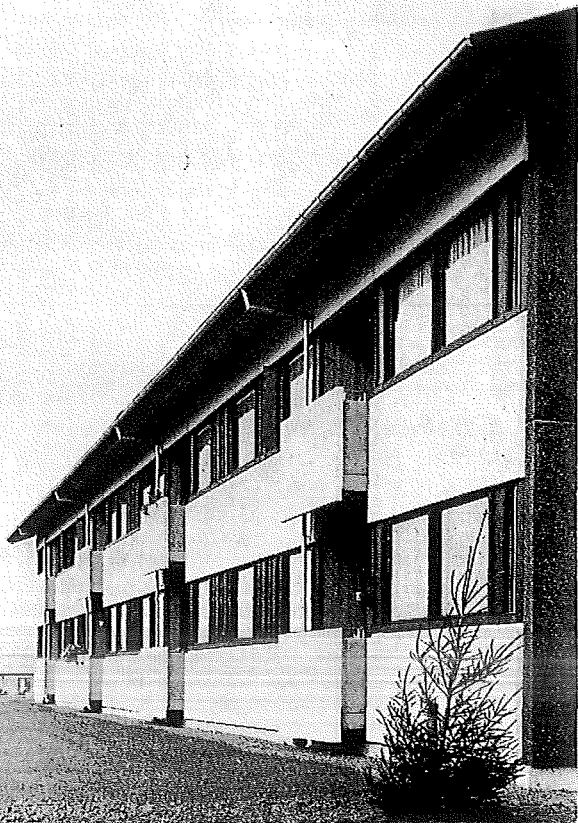
11

Lodret snit i samling mellem facadeelementer og dæk. Facadeelementerne fastholdes med vinkelbeslag, som med franske skrueer er fastgjort til dækket i dybder fastboret på stedet efter boreløber, således at montage kan udføres hurtigt og nøjagtigt. Vandtætningen sker automatisk ved den påsatte „tå“ på elementerne. Dækforkanten er isoleret mod kuldebro. På isoleringen sommes 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 dæk og vægge er tidligere udført ved stopning med mineraluld. Nu anvendes fugemasse med en glasuldsnor som modhold. (Ballerupplanen.)



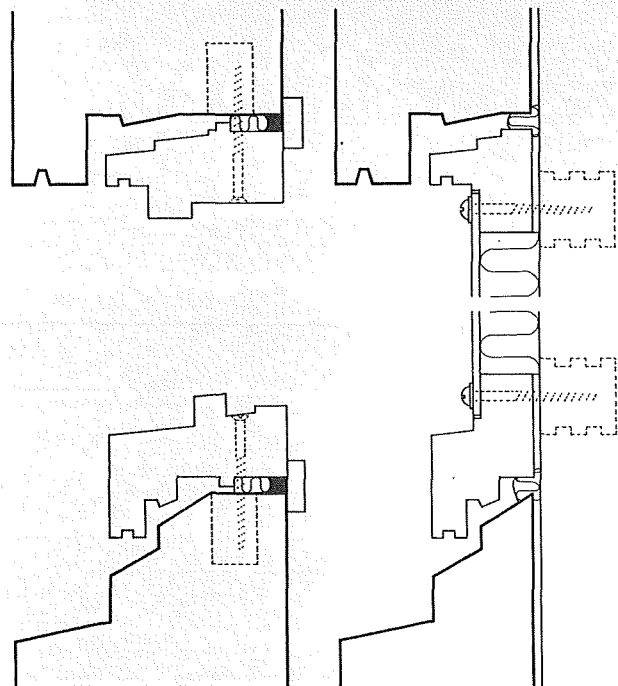
10

Vandret snit mellem bærende værvæg 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 Neoprenelisten, som føres udover altanpladen) vil vanddrillerne i karmen og „vaskebrættet“ i betonvæggen stands 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 dæk løber ubrudt rundt. Kuldebro er undgået ved isolering af facadesøjle. (Gladsaxeplanen.)



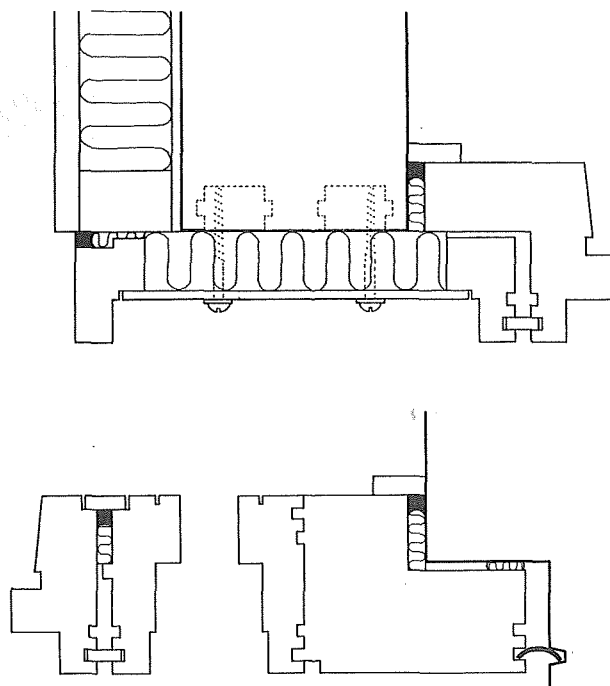
12

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. (Syddjyllandsplanen.)



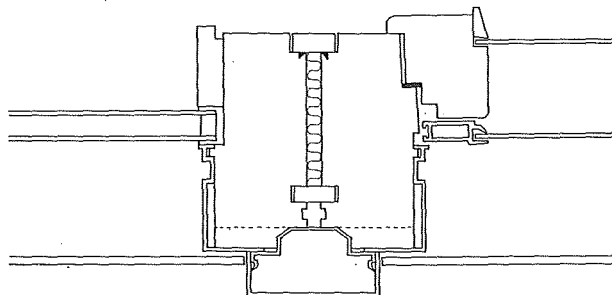
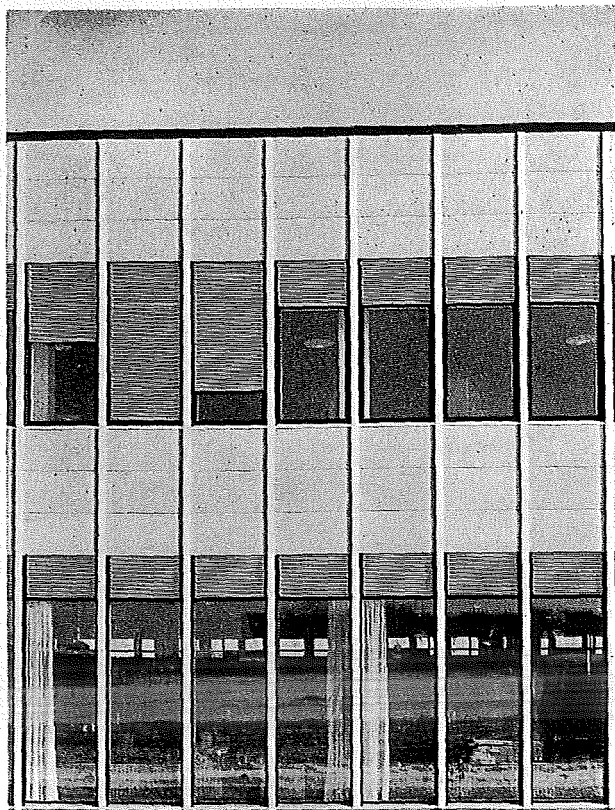
13

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 vandnåse, og dels ved at fugen er gjort så bred, at indtrængning af vand ved kapillareffekt eller pumpeeffekt 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. (Syddjyllandsplanen.)



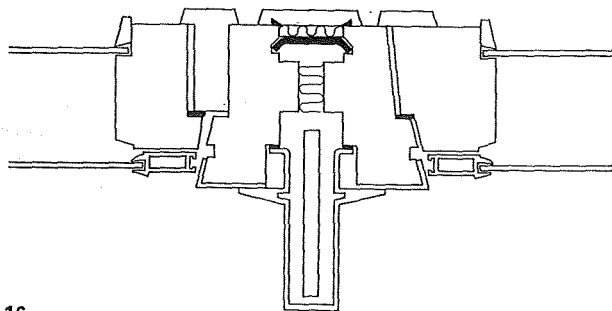
14

Vandret snit i facadeelementer ved altan, karmsamling og tilslutning mellem facadeelement og gavl. Ved samling mellem jokerelement og tværvægens beklædnings-element 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 vandriller i karmene, og ledt ud forned. Indvendig vindtætning er udført med plastisk fugemasse, dækket af en træliste. (Syddjyllandsplanen.)



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 selvklebende plastisk tætningsnor som dampspærring (FDB's centrallager i Herstedvester).



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 fuger består yderst af et u-formet aluminiumsprofil som regnskærm. De to hulrum mellem profil og karmé 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 dæklister. Denne er tillige forsynet med noter til indlæg af selvklebende tætningsnor. (Kvindeligt Arbejderforbund, København.)

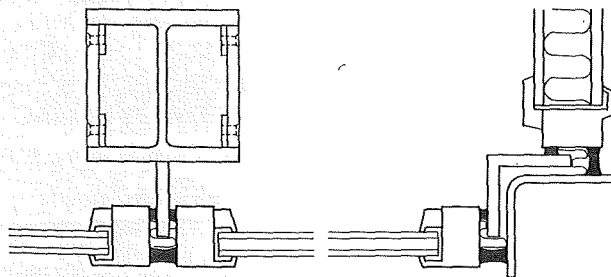
Ved glatte facader af metal/glas må man regne med, at store vandmængder løber ned over facaden med god fart. Norske undersøgelser viser således, at 60-70 l/h kan passere felter på én meters bredde i de nederste etager ved højhuse. Inde ved væggen vil vinden blive bøjet af, både til siderne og opad. Sidevinden 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, Øvind: Ikke-bærende yttervegger, NBI-håndbok 11, 1960.



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.)