

SBI - 1061

Komponenter til udvendig facadeisolering



SBI-RAPPORT 157 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1984



Komponenter til udvendig facadeisolering

MOGENS NØRREGAARD
GEORG CHRISTENSEN
JOHANNES EVALD

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

1984

00270 P
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
erstatnings expl.
- 9 NOV. 1994



Indhold

Forord	3
Sammenfatning	4
1. Bygningsforbedring og ydervægisolering	6
2. Ydervægge egnede til udvendig isolering	7
3. Principløsninger og ydeevnebeskrivelse	11
4. Materialer til udvendig isolering	19
Varmeisoleringsmaterialer	19
Udvendige beklædningsplader og murstensbeklædning	21
Strukturoverflader	21
5. Udformning af komponenter til udvendig isolering ..	24
Ventilerede komponenter med profilerede plader (A) ..	25
Ventilerede komponenter med plane plader (B)	33
Komponenter med murstensbeklædning (C)	40
Komponenter med strukturoverflade (D)	48
6. Økonomiske forhold	55
Ventilerede komponenter med profilerede plader (A) ..	55
Ventilerede komponenter med plane plader (B)	56
Komponenter med murstensbeklædning (C)	57
Komponenter med strukturoverflade (D)	57
Økonomisk sammenfatning	57
Vurdering af lønsomhed	58
Finansiering og støtteordninger	59
7. Byggeslovgivning og myndighedsbehandling	60
8. Eksempler på udvendig efterisolering	62
Eksempel 1: 3-etages ejendom fra 1950	62
Eksempel 2: Enfamiliehus fra 1955	70
Eksempel 3: 4-etages ejendom fra 1960	73
Litteratur	79
Summary	79

SBI-rapporter

er beretninger om afsluttede forskningsprojekter og afsluttede faser i fasedelte projekter samt beretninger fra visse konferencer og symposier.

SBI-publikationer

Statens Byggeforskningsinstituts publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Landbrugsbyggeri, Byplanlægning, Pjecer, Ydeevnebeskrivelser, Særtryk og Nomo-grammer. Salg sker gennem boghandelen eller direkte fra SBI. Instituttets årsberetning og publikationsliste er gratis og kan rekvireres fra SBI.

SBI-abonnement

Instituttets publikationer kan også fås ved at tegne et abonnement. Det sikrer samtidig løbende orientering om alle nye udgivelser. Information om abonnementsernes omfang og vilkår fås hos SBI.

ISBN 87-563-0547-8.
ISSN 0573-9985.
Pris: Kr. 165,00 inkl. 22 pct. moms.
Oplag: 1500.
Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.
Tegninger: Dominias tegnestue og Helle Vestergaard, SBI.
Omslag: Henning Holmsted.

Statens Byggeforskningsinstitut:
Postboks 119, 2970 Hørsholm. Telefon 02-86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:
SBI-rapport 157: Komponenter til udvendig facadeisolering.
1984.

På siderne 29-31, 36-38, 44-46 og 51-53 er vist de mest almindelige samlingsdetaljer for at give et indtryk af de problemer, der knytter sig til anvendelsen af den beskrevne komponenttype. For at gøre læseren opmærksom på, at der er tale om skitse-mæssige forslag og ikke om egentlige løsninger, er disse sider langs kanten markeret med en grå farvetone. Anvendelsen af disse samlingsdetaljer i det konkrete projekt eller i forbindelse med udviklingsopgaver på dette område vil forudsætte en kvalificeret arkitektbistand. Tilsvarende synspunkter gør sig gældende for eksemplerne, der er vist på side 62-78. Se i øvrigt omtalen af de arkitektoniske forhold side 4.

Forord

På Entreprenørforeningens byfornyelseskonference i 1980 blev der peget på en række væsentlige problemer af betydning for gennemførelsen af byfornyelsesopgaver.

Ved nybyggeri beskæftiges således 1 specialarbejder for hver 3 faglærte arbejdere, medens der ved reparations- og vedligeholdelsesarbejder – baseret på traditionel udførelse – kun beskæftiges 1 specialarbejder for hver 10 faglærte.

De beskæftigelsesmæssige aspekter med bl.a. risikoen for arbejdskraftmæssige flaskehalse, var ud fra de anførte oplysninger et af de berørte problemer.

Flere byggekyndige pegede ved samme lejlighed på nødvendigheden af at overføre principperne fra det industrialiserede nybyggeri til byfornyelsesarbejderne.

Konferencen førte til dannelsen af en interessegruppe blandt foreningens medlemsvirksomheder med det formål at søge virksomhedernes know-how om planlægning, styring og udførelse af byggeopgaver overført til bygningsforbedringsopgaver.

Gruppen fandt bl.a. på baggrund af Energiplan 81, at et udviklingsarbejde, specielt omkring den udvendige bygningsisolering, var relevant og tog initiativ til et samarbejde med det rådgivende ingeniørfirma A/S Dominia og Statens Byggeforskningsinstitut om emnet.

Udvendig isolering baseret på traditionelle håndværksmæssige metoder har tidligere været afprøvet i et forsøgsprojekt, der er beskrevet i SBI-rapport 132, »Udvendig efterisolering af en etageejendom«.

Den foreliggende rapport har til formål at analysere problemerne ved fremstilling og montering af komponenter til udvendig isolering, som kan opsættes af specialarbejdere. Projektet indebærer ikke en egentlig produktudvikling, men der redegøres for en række grundlæggende økonomiske og tekniske forhold.

Teknologirådet har imødekommet en projektansøgning om støtte til 50 pct. af omkostningerne med et maksimumbeløb på kr. 200.000. Den resterende finansiering er fremskaffet ved bidrag fra følgende:

A/S Dominia.
Entreprenørforeningen.
Faxe Kalk A/S.
Chr. Islef & Co. A/S.
Torben Ivarsson A/S.
Jens Villadsens Fabriker A/S.
M. Wewers Teglværker A/S.

I forbindelse med projektet er der nedsat en styringsgruppe bestående af:

Kontorchef K. Almer Nielsen, Entreprenørforeningen.
Direktør E. Bøge Mikkelsen, Jens Villadsens Fabriker A/S.

Afdelingsleder G. Christensen, Statens Byggeforskningsinstitut.

Direktør H. N. Gosvig, A/S Dominia.

Styringsgruppens møder har alle været åbne for repræsentanter fra de bidragydende firmaer.

Projektdeltagere

De brandtekniske forhold har været drøftet med civilingeniør John Larsen, Byggestyrelsen, der har kommenteret afsnittet om brandmodstandsevne.

Kapitel 7 om byggeslovgivning og myndighedsbehandling er udarbejdet af arkitekt m.a.a. Harald From fra Stadsarkitektens Direktorat, København.

Projektet er i øvrigt gennemført i samarbejde mellem det rådgivende ingeniørfirma A/S Dominia, Statens Byggeforskningsinstitut og Chr. Islef & Co. A/S. Sidstnævnte firma har forestået de økonomiske kalkulationer. Ved udarbejdelse af denne rapport har medvirket:

Fra A/S Dominia: Akademiingeniør Mogens Nørregaard.

Fra SBI: Civilingeniør Georg Christensen.

Fra Chr. Islef & Co. A/S.: Ingeniør Johannes Evald.

SBI vil gerne rette en tak til projektdeltagerne samt til de mange firmaer og enkeltpersoner, som beredvilligt har stillet produktinformation og viden til rådighed for projektet.

Med udgangspunkt i den foreliggende rapport er det tanken at søge et demonstrationsprojekt gennemført.

Dette projekt påregnes at omfatte udvikling af komponenter og efterisolering af en konkret bygning med nødvendig arkitektbistand.

Statens Byggeforskningsinstitut
Afdelingen for bygningsfysik, august 1984
Georg Christensen.

Sammenfatning

Markedets størrelse

En analyse af den danske bygningsbestand viser, at omkring 40 millioner m² massive ydervægge har behov for efterisolering, som i princippet kan foretages enten indvendig eller udvendig. Da den udvendige isolering må betragtes som den teknisk set mest fordelagtige metode, er det potentielle marked for komponenter til udvendig isolering betydeligt. Hertil kommer mulighederne for at tilpasse komponenterne til nybyggeriet og eventuel eksport – muligheder, der dog ikke er nærmere behandlet i rapporten.

Materialer til komponentfremstilling

De i dag anvendte byggematerialer kan i vid udstrækning anvendes til fremstilling af komponenter til udvendig isolering af ydervægge. For en del af materialerne gælder, at egenskaber som det er nødvendigt at kende for at vurdere anvendeligheden, skal være veldokumenterede. En del nyere materialer mangler dog oplysninger om nogle væsentlige egenskaber (fx holdbarhed), hvilket gør en fuldstændig vurdering vanskelig.

Montage- og fugeløsninger

Komponenterne kan monteres traditionelt med skjulte beslag eller gennemgående bolte, medens fugerne kan udformes som 2-trinsfuger. På begge områder er der muligheder for en videre udvikling og forenkling af de skitserede løsninger. Specielt på disse punkter vil der kunne høstes nyttige erfaringer, hvis der viser sig mulighed for at gennemføre et demonstrationsprojekt med anvendelse af komponenter til udvendig isolering af ydervægge.

Økonomi

Prisberegningerne for de forskellige komponenttyper har vist, at de kan fremstilles og monteres til en pris, der svarer til de i dag traditionelt udførte efterisoleringer. På længere sigt må det derfor antages, at en rationelt anlagt serieproduktion og en videre udvikling af montagearbejdet vil kunne medføre en mærkbar billiggørelse.

Kalkulationerne viser desuden, at en udvendig isolering med komponenter vil kunne holdes inden for rimelige økonomiske rammer for ejerboliger, når de gældende beskatningsregler tages i betragtning. Ikke helt så gunstig er situationen for lejeboligerne, men i visse tilfælde vil de økonomiske forhold kunne forbedres væsentligt gennem tilskud fra Landsbyggefonden.

Undertiden vil den udvendige facadeisolering i øvrigt skulle ses som en del af en nødvendig facaderenovering.

Generelt set forekommer de tekniske og økonomiske forudsætninger for produktion og markedsføring af komponenter til udvendig isolering rimeligt gode.

De arkitektoniske forhold

De arkitektoniske forhold er ikke behandlet i rapporten, men de kan naturligvis få afgørende indflydelse på, om en udvendig isolering kan gennemføres. Bygningsmyndighederne vil således normalt nøje overveje de arkitektoniske konsekvenser inden der gives byggetilladelse. En udvendig isoleret bygning ændrer ofte totalt udseende, og et tilfredsstillende resultat uden en grundig arkitektonisk bearbejdning er det normalt vanskeligt at opnå. Ved en eventuel udvikling og markedsføring af komponenter vil der derfor være et stort behov for arkitektbistand.

Udtalelse fra Akademirådets Facaderenoveringsudvalg

Akademirådets Facaderenoveringsudvalg har vurderet den her foreliggende rapport og har udtalt følgende:

»Rapportens anvisninger vil, i lighed med SBI's andre tekniske vejledninger, danne grundlag for, hvad der må opfattes som forsvarlige, anerkendte løsninger.

Udgivelsen af en SBI-rapport om komponenter til udvendig isolering, er efter udvalgets opfattelse et meget væsentligt led i de bestræbelser, der bør udfoldes for at hindre, at kommende udvendige isoleringer bliver en forringelse af vort bestående miljø.

Udvalget nærer derfor nogen betænkelighed ved, at rapportudkastet indeholder detaljer og tekniske løsninger, der som anført ikke er udformet på grundlag af arkitektoniske vurderinger.

Efter udvalgets opfattelse bør rapporten begrænses til alene at angive beskrivelser og anvisninger af overordnet og principiel karakter, og det bør – i langt højere grad end tilfældet er – i rapporten fastslås, at efterisoleringer af bygninger må ske ud fra bygningskunstneriske vurderinger, og med kvalificeret arkitektonisk bistand.«

Det kan oplyses, at SBI og forfatterne meget nøje har drøftet udvalgets vurdering, men mener, at rapporten i sin nuværende form indeholder en betydelig mængde oplysninger, som vil kunne anvendes ved et udviklingsarbejde.

SBI og forfatterne kan helt tilslutte sig udvalgets synspunkt vedrørende en risiko for, at kommende udvendige isoleringer kan medføre en forringelse af vort bestående miljø. Som også anført i rapporten må arkitektoniske overvejelser derfor indgå med stor vægt på dette punkt.

Hvad angår udvalgets betænkelighed ved at rapporten indeholder detaljer og tekniske løsninger, som ikke er udformet på grundlag af arkitektoniske vurderinger, må det præciseres, at dette som ovenfor anført ikke har været tilstræbt, idet en sådan vurdering må indgå som et væsentligt led i det konkrete udviklingsarbejde.

Udvalgets forslag om at begrænse rapporten til alene at angive beskrivelser af overordnet og principiel karakter har været overvejet nøje. SBI har dog valgt at bibeholde eksemplerne, idet disse på en mere direkte måde viser de praktiske problemer, som skal løses ved en udviklingsopgave på området.

På denne baggrund skal det, så kraftigt som det er muligt, påpeges, at de i rapporten viste detaljer og løsninger skal betragtes som skitse-mæssige *forslag*, der kan danne grundlag for konkret udviklingsarbejde, i hvilket der skal foretages en detaljering, som tilgodeser såvel tekniske som arkitektoniske synspunkter. SBI anser således en kvalificeret arkitektindsats som en nødvendighed i forbindelse med udviklingsopgaver på dette område. Sider, hvor sådanne detaljer og løsninger forekommer, er markeret med en grå tone langs kanten.

1. Bygningsforbedring og ydervægsisolering

Baggrund

I de kommende 10-20 år skal en væsentlig del af bygningsmassen forbedres. Et af formålene med denne omfattende bygningsforbedring er at nedbringe energiforbruget til et rimeligt niveau. Af økonomiske grunde sker dette normalt med de traditionelle energibesparende foranstaltninger i form af isolering af tagkonstruktion, hule mure og dæk mod kolde rum, samt forbedring eller udskiftning af vinduer og varmeanlæg.

I en stor del af boligbyggeriet findes der uisolerede, massive murede ydervægge. En væsentlig del af varmetabet sker derfor gennem sådanne ydervægge i de bygninger, hvor de mest almindelige former for efterisolering allerede er foretaget. Hvis disse bygningers varmemeforbrug derfor skal nedbringes til et niveau, der nærmer sig nybyggeriets, vil en indvendig eller udvendig isolering af ydervæggene være nødvendig.

Fordele ved udvendig isolering

Set fra et energimæssigt synspunkt vil udvendig isolering af de massive ydervægge være den bedste løsning, da kuldebroerne stort set undgås. Sammenlignes energibesparelsen ved udvendig og indvendig efterisolering af en 3-etages ejendom, vil den teoretiske besparelse være godt 30 pct. større, hvis der isoleres udvendigt fremfor indvendigt, på grund af de uundgåelige kuldebroer ved dæk og tværvægge. Også ud fra et byggeteknisk synspunkt må den udvendige isolering foretrækkes. Sammenlignet med den indvendige isolering opnås færre kuldebroer, som nævnt ovenfor, og hermed færre gener som følge af fugt og støvansamlinger. Opfugtning og afkøling af den eksisterende ydervæg hindres, så risikoen for bygningskader nedsættes (frostsprængninger af sten og ødelagte fuger). Den udvendige isolering betyder også, at de tunge vægges varmeakkumulerende evne bedre kommer rummene til gode.

Kombination af reovering og energibesparelse

Udvendig isolering er også fordelagtig, fordi isoleringsarbejdet kan foregå uden større gener for beboerne. Der sker heller ikke en reduktion af beboelsesrummets areal, som det er tilfældet med indvendig isolering. Endvidere vil en udvendig isolering være en umiddelbart fordelagtig løsning ved ejendomme, hvor der er behov for en facaderenovering. Dette gælder for eksempel for ældre pudsede og malede facader, betonfacader, hvor nedbrydning af betonen har sat ind, eller facader med stærkt tilsmudset tegl eller ødelagte fuger.

Endelig bør det nævnes, at efterisolering af ydervægge gi-

ver en højere overfladetemperatur på beboelsesrums ydervægsflader, hvilket giver en komfortforbedring og skulle muliggøre en sænkning af rumtemperaturen, med energibesparelse til følge.

Det kan måske i denne sammenhæng også påpeges, at visse bygninger vil kunne få et bedre udseende, hvis de forsynes med en udvendig efterisolering.

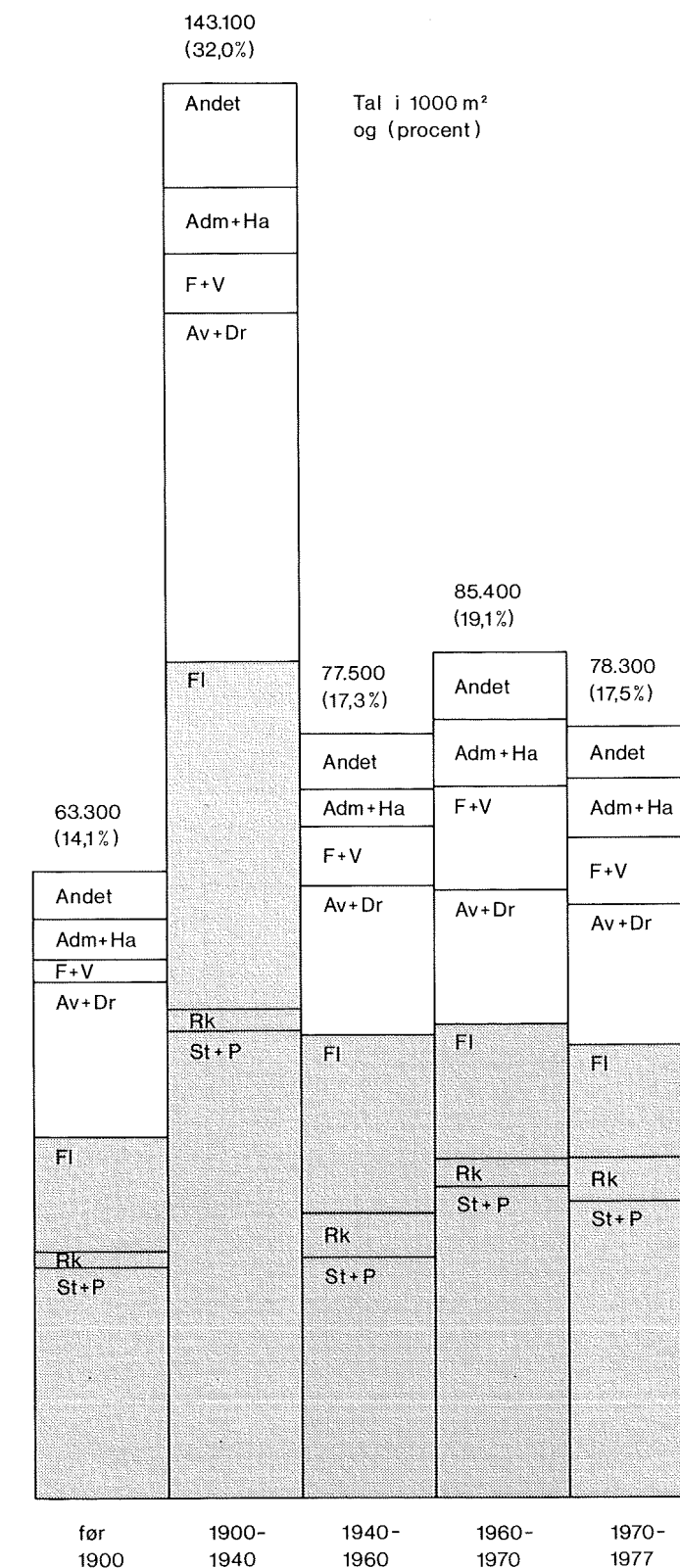
Anvendelse af komponenter

Udvendig efterisolering har hidtil stort set været baseret på traditionelle konstruktioner, med overflader af plane bygningsplader, metalbølgeplader eller puds. Ved en fremtidig udvikling af systemer med anvendelse af fabriksfremstillede komponenter, vil det være ønskeligt, om udvalget af overflader blev betydeligt bredere. Da en meget stor del af de eksisterende bygninger har facader af blankt murværk, vil især anvendelse af teglstenoverflader (skaller) i mange tilfælde være en nærliggende løsning.

De økonomiske forhold er naturligvis af afgørende betydning, og hovedsigtet med udviklingen må da også være, at den udvendige efterisolering kan udføres betydeligt billigere, end det er tilfældet i dag. Dette mål synes umiddelbart at være i modstrid med ønsket om fleksible og bearbejdelige produkter, da alle erfaringer med fremstilling af bygningskomponenter viser, at afvigelser fra standardproduktionen er fordyrende og besværlige.

Ikke desto mindre skønnes det, at det er muligt at udvikle teknisk og økonomisk tilfredsstillende komponenter, som vil kunne tilpasses de arkitektoniske ønsker.

2. Ydervægge egnede til udvendig isolering



Med udgangspunkt i oplysninger fra BBR-registeret (BBR = Bygge- og boligregisteret) er det potentielle marked for ydervægsisolering vurderet.

Figur 2.1 viser den samlede bygningsmasse i 1977 fordelt efter opførelsesperioder. Hver søjle viser bygningernes samlede areal inkl. kælder og udnytteligt tagetageareal. Procenttallet angiver hvor stor en del af bygningsmassen, der stammer fra den pågældende periode. Som det ses, er en væsentlig del af bygningerne opført før 1940.

Figur 2.2 viser de tilhørende ydervægsarealer. Omkring 44 pct. af ydervæggene er fra før 1940. Samtlige ydervægge i boliger og en del af ydervæggene i andre bygninger (primært administration, handel m.v.) adskiller opvarmede rum fra det fri.

Figur 2.3 og 2.4 viser kravene til ydervæggens k-værdier i opvarmede bygninger fra statslånskravene 1952 via bygningsreglementets krav 1961-1972 til de nuværende BR-82 krav. Kravene er indtegnet som trappekurver.

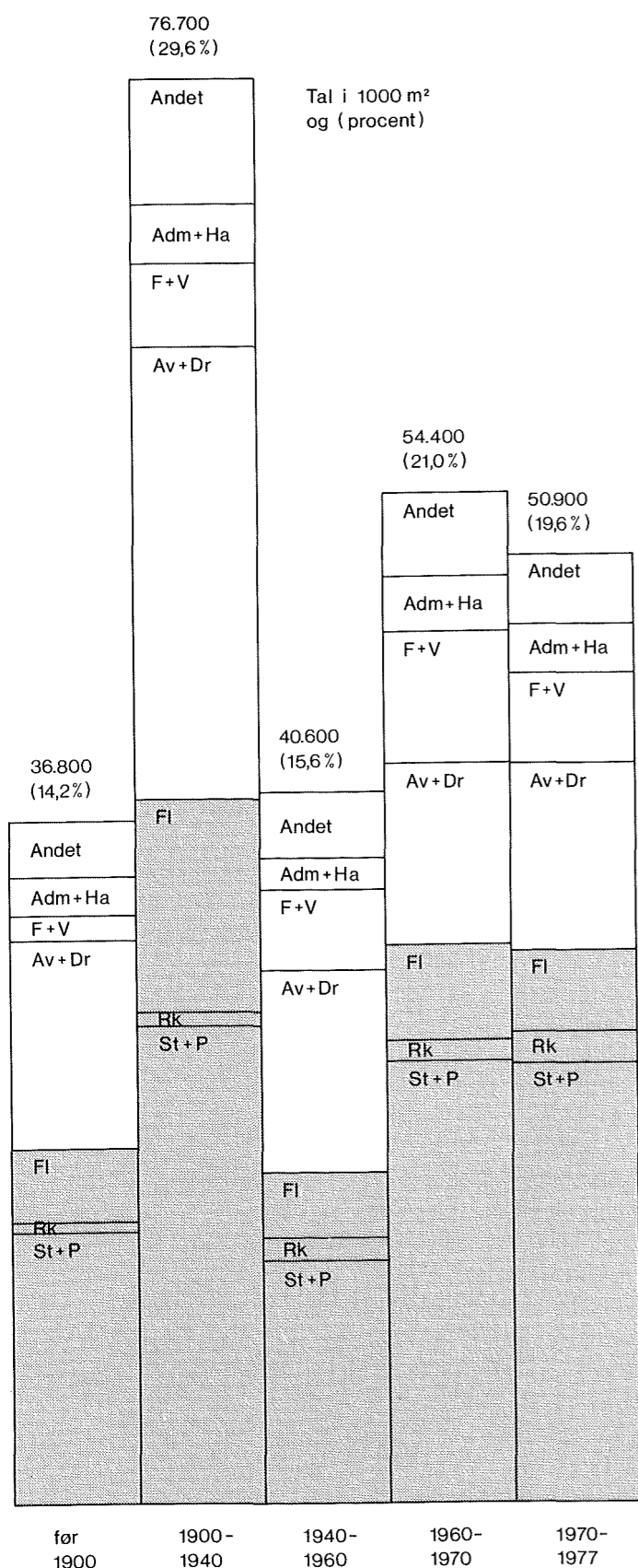
Som det ses, er der stillet væsentligt strengere krav til k-værdier for lette ydervægge end for tunge. Endvidere er der i perioden 1952 til 1982 ikke stillet helt så strenge krav til k-værdier for tunge ydervægge, når det gælder højt byggeri.

Desuden vises k-værdierne for de normalt anvendte ydervægskonstruktioner i opvarmede bygninger i perioden 1900-1980. Som det ses, har ydervæggens varmeisolering ændret sig væsentligt i perioden fra 1950 og frem, dels på grund af skærpede lovkrav og dels på grund af stigninger i energipriserne. Det fremgår, at ydervæggene generelt har været bedre isolerede end krævet i bygningsreglementet, især i perioden 1960-1975. Ligeledes ses, at det primært er ydervægge opført før 1960, der har så høje k-værdier, at en efterisolering bør overvejes.

En væsentlig del af ydervæggene i den opvarmede bygningsmasse opfylder således langt fra dagens varmeisoleringskrav, hvorfor det vil være rimeligt at overveje en efterisolering.

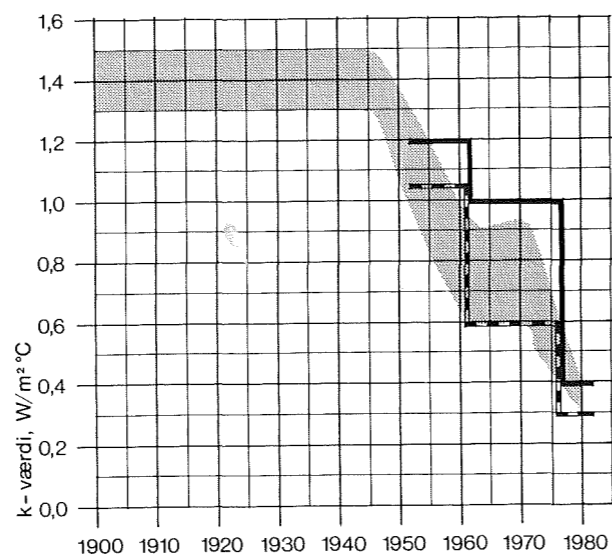
◁

Figur 2.1. Bygningernes samlede areal i 1977 fordelt på opførelsesperioder og bygningskategorier.



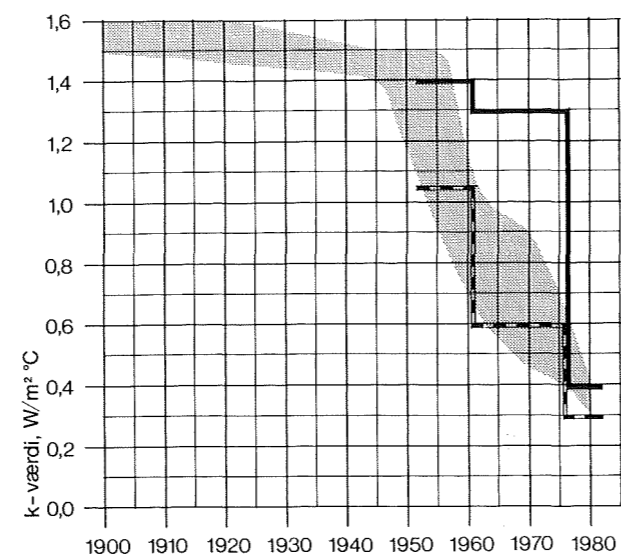
Figur 2.2. Bygningernes samlede ydervægsareal i 1977 fordelt på opførelsesperioder og bygningskategorier. Tallene fremgår i øvrigt af figur 2.5.

Andet Off. værker, transport kultur, fritid, service
 Adm+Ha Administration, handel
 F+V Fabrikker, værksteder
 Av+Dr Avis- og driftsbygninger
 FI Flerfamiliehuse, inkl. kollegier, døgninstitutioner og anden helårsbeboelse
 Rk Række- og kædehuse
 St+P Stuehuse og parcelhuse



Figur 2.3. Udviklingen i k-værdier for ydervægge i lavt byggeri.

■ Anvendte ydervægges k-værdier.
 - - - Krav til ydervægge med vægt ≤ 100 kg/m².
 ——— Krav til ydervægge med vægt > 100 kg/m².



Figur 2.4. Udviklingen i k-værdier for ydervægge i højt byggeri.

■ Anvendte ydervægges k-værdier.
 - - - Krav til ydervægge med vægt ≤ 100 kg/m².
 ——— Krav til ydervægge med vægt > 100 kg/m².

Nedenfor er opstillet et skøn over de ydervægsarealer, hvor en udvendig isolering rimeligt kan overvejes. Grundlaget for vurderingen er BBR-registerets bygningstabeller pr. 1. april 1977.

Ydervægsarealerne i det følgende skema er udregnet ud fra bruttoetagearealerne af normaltagerne, idet der overslagsmæssigt er regnet med 0,9 m² ydervæg pr. m² bruttoetageareal for fritliggende boliger, og 0,45 m² ydervæg pr. m² bruttoetageareal for rækkehuse, flerfamiliehuse og bygninger til handel og administration m.v. Eventuelle ydervægsarealer i kælderetager og tagetager er således ikke medtaget i overslaget, hvorfor en del af tallene i skemaets højre kolonner er mindre end hvad der umiddelbart kan beregnes på basis af ovenstående oplysninger. Tallene er afrundet til nærmeste 1000 m².

De øvrige bygningskategorier er ikke medtaget i oversigten over ydervægge egnet til efterisolering. Dette skyldes, at de

hovedsagelig omfatter bygninger, der normalt ikke er opvarmede som boliger, hvorfor en efterisolering vil give væsentligt mindre besparelser i energiforbruget til opvarmning. En væsentlig del af disse bygninger er uopvarmede, delvist opvarmede eller opvarmede med spildvarme, fx fra produktion.

Ydervæggene i figur 2.5 svarer således til omkring 57 pct. af de samlede ydervægge.

Den procentvise fordeling af disse ydervægge efter materiale fremgår direkte af bygningstabellerne. Fordelingen på + (egnet til udvendig/indvendig isolering) og - (uegnet, kan isoleres i konstruktionen eller har rimelig lav k-værdi) er baseret på et skøn ud fra de normalt anvendte konstruktioner i de pågældende perioder.

Det antages overslagsmæssigt, at den procentvise bygningsfordeling i BBR-oversigterne svarer til den procentvise arealfordeling, og at der derved ikke er sammenhæng imellem bygningsstørrelse og ydervægsmateriale.

Kategori og opførelsesperiode	Bruttoetageareal i alt	Ydervægsareal i alt	Ydervægsmaterialer					Ydervægsareal egnet for efterisolering			
			Tegl +/-	Letbeton +/-	Bindingsværk +/-	Beton-elementer +/-	Lette ydervægge** +/-	Tegl +	Letbeton +	Bindingsværk +	Beton-elementer +
	1000 m²	1000 m²	%	%	%	%	%	1000 m²	1000 m²	1000 m²	1000 m²
Stuehuse og parcelhuse opført											
før 1900	23.100	14.800	77/0	2/0	17/0	0	0/4	11.400	300	2.500	0
1900-1940	47.600	25.700	25/70	1/0	1/0	0	0/3	6.400	300	300	0
1940-1960	24.300	13.100	14/70	12/0	0	1/0	0/3	1.800	1.600	0	100
1960-1970	31.200	23.800	8/80	6/3	0	1/0	0/2	1.900	1.400	0	200
1970-1977	30.100	23.600	0/95	0/2	0	0/1	0/2	0	0	0	0
Rækkehuse opført											
før 1900	1.500	500	86/0	1/0	12/0	0	0/1	400	0	0	0
1900-1940	2.500	700	40/58	0	1/0	0	0/1	300	0	0	0
1940-1960	4.300	1.200	25/65	6/0	0	1/1	0/2	300	100	0	0
1960-1970	2.900	1.100	11/65	2/1	0	10/10	0/1	100	0	0	100
1970-1977	4.200	1.700	0/77	0/1	0	0/16	0/6	0	0	0	0
Flerfamiliehuse*) opført											
før 1900	11.400	3.700	95/0	0	4/0	0	0/1	3.500	0	100	0
1900-1940	34.900	11.100	80/19	0	0	0	0/1	8.900	0	0	0
1940-1960	17.900	5.800	45/50	2/0	0	1/1	0/1	2.600	100	0	100
1960-1970	13.500	4.800	14/60	2/2	0	10/10	0/2	700	100	0	500
1970-1977	10.600	3.900	0/53	0/1	0	0/44	0/2	0	0	0	0
Adm., handel, lib.erh. m.v. opført											
før 1900	4.300	1.900	88/0	1/0	7/0	0	0/4	1.700	0	100	0
1900-1940	7.000	3.200	70/19	1/0	1/0	0	0/9	2.200	0	0	0
1940-1960	3.900	1.800	34/38	4/5	0	1/1	0/17	600	100	0	0
1960-1970	6.800	3.100	12/53	3/9	0	2/3	0/18	400	100	0	100
1970-1977	6.200	2.800	0/55	0/10	0	0/10	0/25	0	0	0	0
								43.200	4.100	3.000	1.100

*) Inkl. kollegier, døgninstitutioner og andre bygninger til helårsbeboelse.

***) »Lette ydervægge« omfatter ydervægge beklædt med asbestcementplader, træbeklædning m.v.

Figur 2.5. Oversigt over ydervægsarealer, hvor en udvendig eller indvendig efterisolering kan overvejes. Bygningsmassen 1977. I kolonnerne »ydervægsmaterialer« angiver tallene det antal procent af det samlede ydervægsareal, som i de enkelte tidsperioder skønnes at være velegnet/ikke velegnet til efterisolering.

I alt er der ca. 51,4 millioner m², hvor en udvendig eller indvendig isolering teknisk set kan overvejes. En væsentlig del af dette areal vil være egnet til udvendig isolering. De følgende procenttal er udtryk for et groft skøn, som dog antages at markere en rimelig størrelsesorden:

Teknisk set egnede ydervægge:	100 pct.
Fredede og bevaringsværdige bygninger:	- ½ pct.
Bygninger, hvor efterisolering ikke kan accepteres af arkitektoniske grunde:	- 10 pct.
Bygninger, der rives ned (ca. 10.000 boliger om året i perioden 1977-2000):	- 10 pct.
Allerede efterisolerede ydervægge:	- ½ pct.
Resterende ydervægge:	79 pct.

Ydervægsarealet, hvor en udvendig eller indvendig isolering kan overvejes, svarer til ca. 79 pct. af 51,4 millioner m² = 40,6 millioner m².

Med de anførte forudsætninger viser beregningerne, at der vil være omkring 40 millioner m² ydervæg i de eksisterende bygninger, hvor en udvendig isolering kan overvejes.

Som det fremgår af figur 2.5 med fordelingen af dette areal på bygningskategorier og opførelsesperioder vil den væsentligste del af disse bygninger sandsynligvis udgøres af ydervægge i stuehuse, parcelhuse og flerfamiliehuse opført før 1940.

3. Principløsninger og ydeevnebeskrivelse

Der findes i dag et bredt spektrum af isoleringssystemer til brug for udvendig efterisolering af bygninger. Systemerne spænder fra ganske enkle metoder, hvor blot selve isoleringsmaterialet med en særlig overfladebehandling opklæbes på ydervæggen, til mere komplicerede systemer bestående af rigler, isoleringsmateriale, vindtæt lag og overfladebeklædning af plane eller profilerede plader.

I princippet kan den udvendige isolering udføres på tre forskellige måder som anført nedenfor, selv om overgangen mellem de beskrevne principper ikke er helt skarp.

a. Komponent af isoleringsmateriale uden overfladebeskyttelse

Dette princip stiller meget store krav til isoleringsmaterialet, der må besidde gode overflade- og brandtekniske egenskaber og nogen styrke, udover de traditionelle kvaliteter, der kræves af et godt isoleringsmateriale, se figur 3.1.

b. Komponent med regnskærm direkte på isoleringen

Kravene til overfladeegenskaberne tilgodeses af regnskærmen, og muligheden for variation i udseendet er stor. Regn-

skærmen må vælges tilstrækkelig åben for dampdiffusion og under hensyntagen til brandkravene.

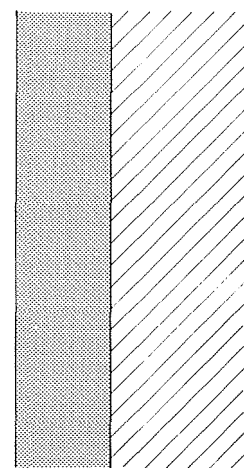
Montagen og fugeløsningerne bør nøje vurderes, se figur 3.2.

c. Komponent med ventileret regnskærm foran isoleringen

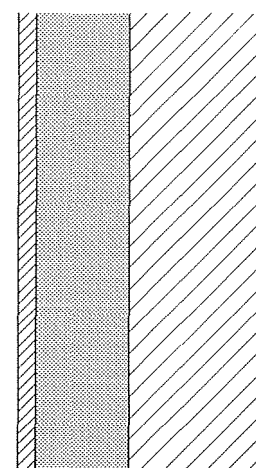
Dette princip ligger tæt op ad det traditionelle lette ydervægs-element, hvor de ønskede egenskaber opnås ved anvendelse af flere forskellige materialer med hver deres funktion. Komponenter af denne type vil antagelig give sikre fugeløsninger og sikker funktion samt endnu flere variationsmuligheder i udformning og udseende, se figur 3.3.

Til brug for en vurdering af de forskellige isoleringsprincipers fortrin og svagheder er der i dette kapitel udarbejdet en forenklet ydeevnebeskrivelse baseret på SBI-ydeevnebeskrivelse 3: »Ikke-bærende ydervægge«. Beskrivelsen giver ikke mulighed for en fuldstændig og tilbunds-gående vurdering af alle relevante egenskaber, men kan benyttes som en checkliste.

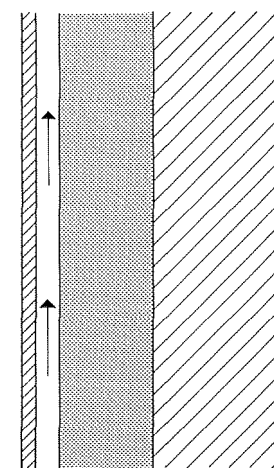
Betragtes en komponent til udvendig isolering, kan de funktioner, komponenten skal opfylde, de påvirkninger den udsættes for og de egenskaber, den bør besidde, oversigtsmæssigt beskrives som vist øverst på næste side.



Figur 3.1. Komponent af isoleringsmateriale uden overfladebeskyttelse.



Figur 3.2. Komponent med regnskærm direkte på isoleringen.



Figur 3.3. Komponent med ventileret regnskærm foran isoleringen.

Oversigt

Funktion	Påvirkning	Egenskab
1. At yde tæthed mod nedbør	Nedbør	Tæthed mod nedbør
2. At yde tæthed mod vind	Vind	Lufttæthed
3. At isolere mod kulde	Temperaturforskelle	Termisk isolation
4. At hindre kondensation	Fugt og temperatur	Tæthed mod fugt i rumluft
5. At være lydisolierende og lydabsorberende	Lyd	Lydisolation og lydabsorption
6. At være ufarlig, fysisk	Brug og ødelæggelse	Stabilitet
7. At yde brandteknisk sikkerhed	Brand	Modstandsevne mod brand
8. At være bestandig	Kemiske, fysiske, biologiske	Ældningsbestandighed
9. At være hygrottermisk stabil	Fugt og temperatur	Hygrottermisk stabilitet
10. At være trykfast	Koncentrerede dynamiske kræfter	Indtryknings- og gennemlokningsstyrke
11. At være slagfast	Koncentrerede dynamiske kræfter	Robusthed
12. At være belastningsoverførende	Vægt fra udenørsinstallationer, skilt og lignende	Fastholdelseevne
13. At være af tilstøttet udseende	-	Udseende
14. At være mål- og detailgennemklaret	-	Sammenbygghed
15. At være håndterlig	Transport, lagring, montage	Transport- og monteringslethed

1. Tæthed mod nedbør

Krav/ønsker

Nedbør (slagregn) må ikke kunne trænge ind i komponenten, så dens varmeisolation nedsættes, eller der opstår fugtskader på materialer.

Prøvning/vurdering

Prøvningsmetoder er angivet i SBI-ydeevnebeskrivelse 3: »Ikke-bærende ydervægge«.

Bemærkninger

Er den ønskede egenskab til stede, vil fugtindtrængen gennem den eksisterende væg til indersiden normalt altid være forhindret. Der kan dog forekomme fugtproblemer i bygningsdele, der støder op til isoleringen, hvis vandet ikke ledes effektivt bort med vandnæser, fx ved vinduer, sokler og altaner, eller hvis isoleringen stopper ved fremspringende bånd i facaden. Af hensyn til misfarvninger af den nye overflade og faren for fugtophobning med frostsprængninger til følge,

bør komponenten udformes, så vandet bortledes bedst muligt fra overfladen.

Kravet til komponentens tæthed mod nedbør kan lempes for ydervægge i lave bygninger med store tagudhæng, eller hvor ydervæggen på anden måde er beskyttet. Ved terræn bør der tages hensyn til, at der kan forekomme opsprøjt af jord og vand.

2. Lufttæthed

Krav/ønsker

Komponenter skal være så tætte mod vind, at der ikke opstår luftbevægelser i komponenten, som nedsætter varmeisoleringssevnen.

Prøvning/vurdering

Der findes ingen prøvningsmetode til vurdering af den nævnte egenskab. Der må foretages en subjektiv vurdering af komponenten.

Bemærkninger

Ved efterisolering af massive ydervægge af tegl, porebeton eller beton, vil der normalt aldrig forekomme utætheder i selve vægfladen.

Anderledes forholder det sig med fuger mellem væggen og andre bygningsdele, først og fremmest vinduer og døre. Her bør komponenten udformes således, at lufttætheden mellem de forskellige komponenttyper bliver tilfredsstillende.

3. Termisk isolation

Krav/ønsker

Komponenten bør have en varmeisolationsevne, så transmissionstabt minimeres. Under vinterforhold må overfladetemperaturen mod det opvarmede rum ikke på noget punkt være lavere end rumluftens dugpunktstemperatur (under normale forhold 12°C).

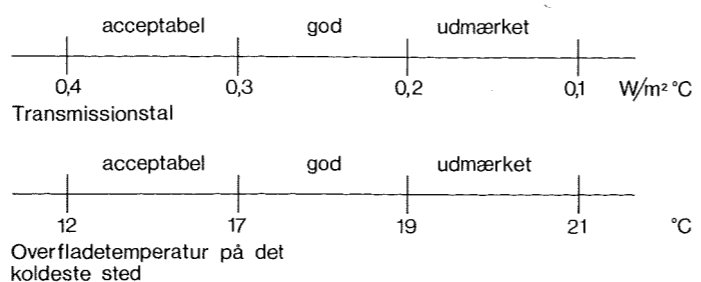
Den indvendige overfladetemperatur bør være ensartet, så støvaftegninger undgås.

Prøvning/vurdering

Væggens varmeisolationsevne beregnes efter DIF's regler, evt. med anvendelse af beregningsregler for flerdimensionale varmestømme.

Overfladetemperaturen måles på den varme side af væggen, når denne er indsat mellem et rum på -12°C og et på 22°C.

Den samlede konstruktions varmeisolationsevne bedømmes ud fra nedenstående skalaer.



Vurderingsskalaen for transmissionstallet er udarbejdet under forudsætning af, at der er tale om efterisolering af tunge ydervægge, dvs. vægge med en vægt større end 100 kg/m² (jf. BR-82 kravene).

En tilsvarende skala for lette konstruktioner er ikke udarbejdet, da det formodes, at langt den overvejende del af de ydervægge, der skal efterisoleres, er tunge vægge.

Bemærkninger

Valget af isoleringsmateriale er afgørende for k-værdien. De opstillede krav til isoleringsevnen betyder i praksis, at valget normalt kommer til at stå mellem celleplast og mineraluld.

Celleplastens λp ligger fra 0,26 til 0,29 W/m² °C, lidt lavere end for mineraluld, der har λp fra 0,36 til 0,45 W/m² °C, afhængig af type.

Overfladetemperaturen på indersiden af ydervæggen vil kunne blive for lav ved kuldebroer. Eksempler herpå er vindueslysninger og altaner. Udføres der samtidig med isoleringen en fugetætning, i og omkring vinduerne, kan luftsiftet i boligen blive nedsat så meget, at der kan opstå fugtproblemer.

For de systemer, der indeholder rigler, nedsætter disse mindre kuldebroer naturligvis komponentens samlede k-værdi, men de vil være uden betydning for overfladetemperaturen på indersiden af den eksisterende ydervæg. Endelig bør det bemærkes, at eventuel opfugtning af isoleringsmaterialet midlertidigt nedsætter varmeisoleringssevnen. Her kan isoleringsmaterialer med lukkede celler have visse fordele, idet de ikke er vandsugende.

4. Tæthed mod fugt i rumluft

Krav/ønsker

Komponenten skal opbygges således, at der ikke kan ske skader på materialerne som følge af kondensation af inde fra kommende fugt. Endvidere må isoleringsmaterialet kun kortvarigt få nedsat varmeisoleringssevne på grund af kondensationsfugt.

Prøvning/vurdering

Komponenten kan vurderes ved prøvning med klimasimuleringsudstyr eller ved beregning af den mængde fugt, der akkumuleres og bortledes inden for den gældende kondensationscyklus. I vurderingen må komponentens bestandighed over for fugt indgå.

Bemærkninger

De formulerede ønsker kan normalt opfyldes, hvis den eksisterende ydervæg eller et lag på komponentens varme side har en vanddampdiffusionsmodstand, som er 10 gange større end lagene på varmeisoleringsens kolde side. Isoleringsmaterialets dampdiffusionsmodstand kan have betydning, hvis den eksisterende ydervægs vanddampdiffusionsmodstand ønskes benyttet som »dampspærre«.

Dette forhold medfører i øvrigt, at komponenter uden ventileret hulrum må have diffusionsåbne overflader. Ønskes omvendt en overflade af metal eller andre diffusionstætte materialer, må komponenten udføres efter princip c.

5. Lydisolation og lydabsorption

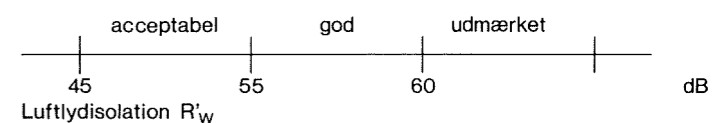
Krav/ønsker

Komponenten skal sammen med den eksisterende ydervæg yde en så god lydisolation, at støj udefra ikke generer i det bagved liggende rum.

Komponentens lydabsorberende egenskaber skal medvirke til at give et tilfredsstillende udendørs miljø.

Prøvning/vurdering

Komponentens lydisolation kan måles i laboratorium. Den samlede konstruktions lydisolation kan også måles, men må ofte baseres på overslagsberegninger ud fra delkonstruktionernes lydisolation. Den samlede konstruktions lydisolation bedømmes efter følgende skala:



Komponentens lydabsorberende egenskaber kan vurderes på grundlag af lydabsorptionskoefficienten, der måles i laboratorium.

Bemærkninger

En facades resulterende lydisolation afhænger af ydervægens, vinduers og døres lydisolation og deres indbyrdes størrelsesforhold. De mest almindelige ydervægskonstruktioner i murværk og beton yder i sig selv god isolation mod støj fra trafik og har lydisolation R'_w på omkring 55 dB. Ved indsætning af vinduer reduceres lydisolation. Almindelige termorunders lydisolation R'_w er ca. 30 dB.

Om der er behov for lydisolation kan vurderes ud fra støjniveauets såkaldte døgnmiddelværdi, dvs. niveauet målt over et tidsrum på 24 timer. Niveauet måles i dB og symboliseres ved L_{Aeq}(24). Det indendørs støjniveau L_{Aeq}(24) må ikke overstige 30 dB i opholdsrum. Behovet for en lydisolation udtrykt ved facadens resulterende lydisolation R'_w kan bestemmes af følgende udtryk:

$$R'_w > L_{Aeq}(24) \text{ udendørs} - L_{Aeq}(24) \text{ indendørs} + 5 \text{ dB.}$$

Størrelsen af L_{Aeq}(24) er 45-55 dB i stille boligområder og op til ca. 80 dB i stærkt trafikerede hovedgader.

6. Stabilitet

Krav/ønsker

Komponenten må hverken helt eller delvis kunne falde ned med personskafe til følge, selv hvis de udsættes for unormalt store statiske eller dynamiske påvirkninger.

Prøvning/vurdering

Komponentens stabilitet og fastgørelse kan vurderes ved statiske beregninger ud fra DIF-normer for bærende konstruktioner. Beregningerne må om nødvendigt suppleres med laborieforsøg.

Bemærkninger

Den væsentligste påvirkning er vind og egenvægt. Ud over en beregning af komponenten og fastgørelsen må det undersøges, om den eksisterende konstruktion kan videreføre de kræfter den påføres efter opsætningen af komponenterne.

7. Modstandsevne mod brand

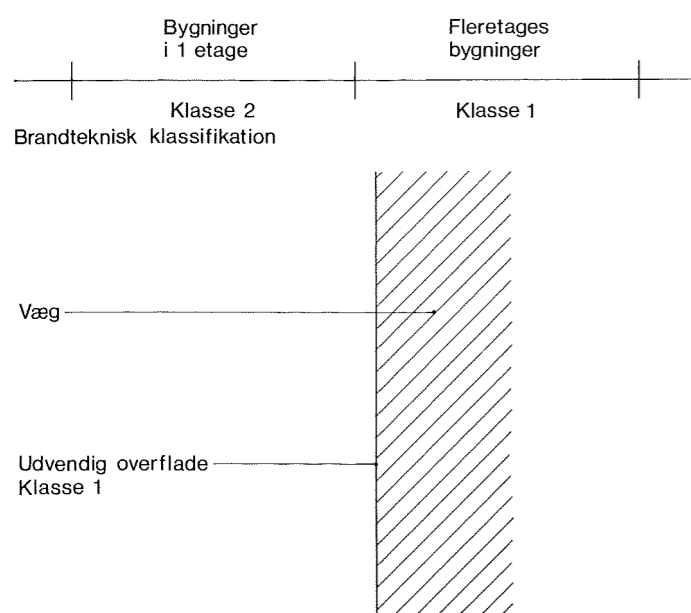
Krav/ønsker

Komponenten skal have sådanne egenskaber, at den ved brand ikke forøger faren for personskade og materielle skader ved at:

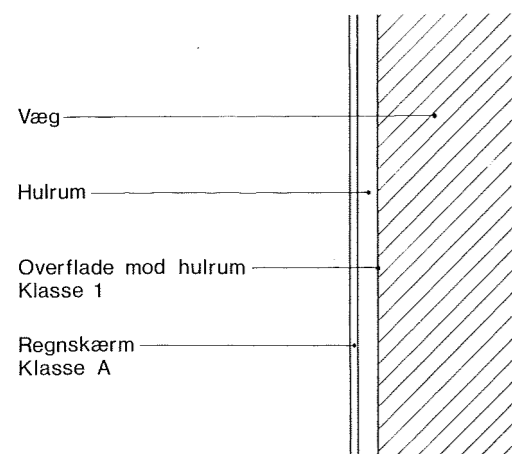
- befordre flammespredning
- yde større tilskud til branden
- udvikle kraftig røg
- udvikle giftige luftarter.

Prøvning/vurdering

Komponenten skal være i overensstemmelse med de brandtekniske krav, der er stillet i bygningsreglementet (BR-82). Det betyder primært, at de udvendige overflader skal kunne klassificeres som klasse 1 eller 2 efter følgende regler.



Figur 3.4. Overflade uden bagved liggende hulrum.



Figur 3.5. Overflade med bagved liggende hulrum.

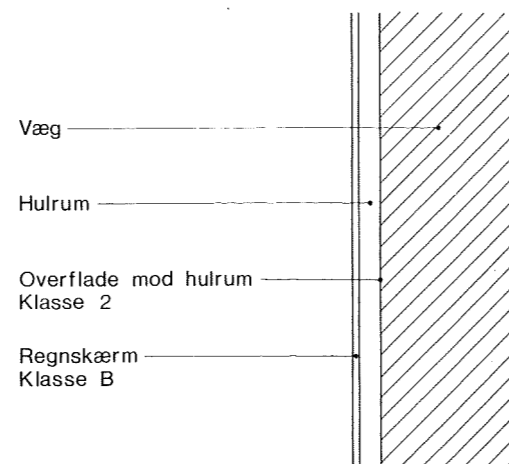
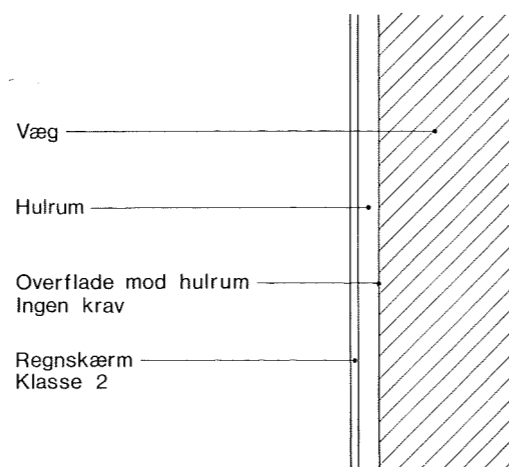
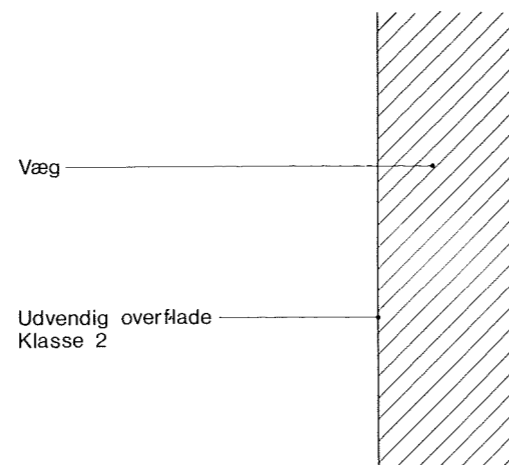
Overfladekravene skal ses i relation til komponentens opbygning (ventileret hulrum bag overfladen eller ej) og de øvrige materialer, der indgår (fx celleplast eller mineraluld).

På steder, hvor der stilles krav om, at udvendige overflader skal udføres mindst som klasse 1-beklædning, er der følgende principielle løsninger:

- uden bagved liggende hulrum (Figur 3.4)
- med bagved liggende hulrum (Figur 3.5)

I det omfang BR-82 tillader indtil 20 pct. af arealet udført som klasse 2-beklædning, kan regnskærmen udføres af klasse B-materiale.

På steder, hvor der stilles krav om, at udvendige overflader skal udføres mindst som klasse 2-beklædning, er der de på figur 3.6 viste principielle løsninger:



Figur 3.6. Principielle løsninger i forbindelse med klasse 2-beklædninger.

Ud over de krav, der er stillet i BR-82, forbereder Byggestyrelsen særlige regler for anvendelse af celleplast.

Heri forventes anført, at celleplastisolerede ydervægge i beboelsesbygninger skal afdækkes med mindst klasse 1-beklædning. Derudover skal væggen opdeles i felter på max. 50 m² samt ud for etageadskillelser og brandcelleafgrænsede vægge. Opdelingen skal udføres som mindst F-bygningsdel 30 i tæt forbindelse med beklædningen.

De oven for nævnte krav refererer til forskellige DS-standarder, som blandt andet er anført i BR-82, og hvor prøvningskravene er beskrevet. Prøvningen foretages som regel af Dantest, der udfærdiger prøvningsattester.

Prøvningsattesterne danner grundlag for eventuelle godkendelser fra Byggestyrelsen af komponenter til de påtænkte formål.

Bemærkninger

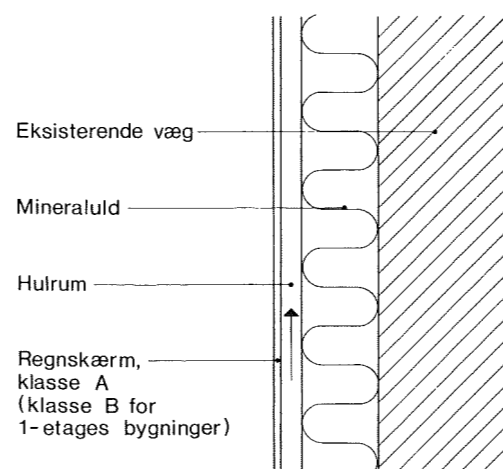
I det følgende vurderes betydningen af de oven for opstillede retningslinier for de forskellige komponenttyper.

(NB: BR-82 indeholder bestemmelser om, at bygningsdele skal samles eller sammenbygges på en sådan måde, at den samlede konstruktion i brandmæssig henseende ikke er ringere, end hvad der kræves af de enkelte dele af konstruktionen.)

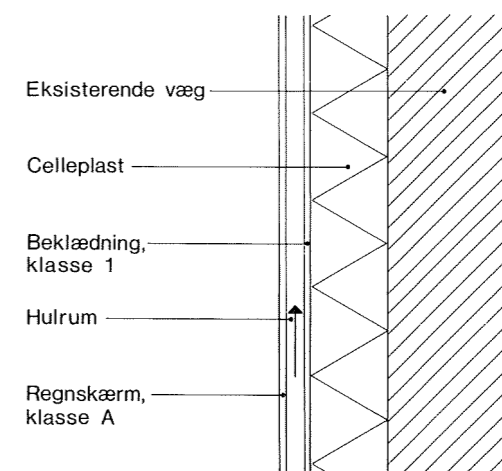
Komponent med ventileret hulrum

Opbygges komponenten af mineraluld og pladebeklædning uden vindafdækning af isoleringen, vil kravene være opfyldt, hvis pladebeklædningen er klasse A (klasse B for 1-etagesboliger). Ønskes en vindafdækning af mineralulden, skal den minimum være af klasse A i brandteknisk fast forbindelse med mineralulden eller væggen, se figur 3.7.

Vælges celleplast som isoleringsmateriale, må den ventilerede konstruktion opbygges som vist i figur 3.8 med klasse



Figur 3.7. Komponent med mineraluldisolering.



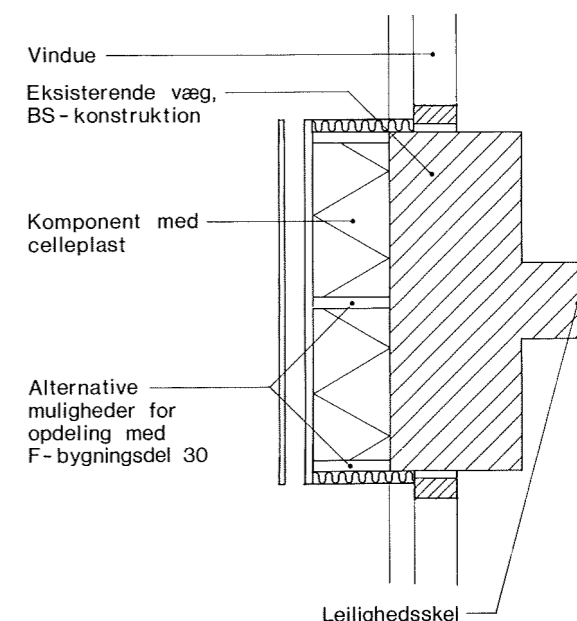
Figur 3.8. Komponent med celleplastisolering.

1-beklædning i tæt forbindelse med isoleringsmateriale og en regnskærm mindst af klasse A. Denne opbygning gælder både for lavt og højt boligbyggeri.

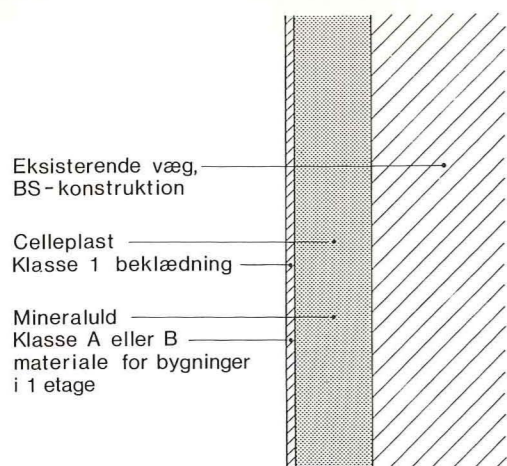
Opdeling af ydervæggen med F-bygningsdel 30

Som nævnt skal en celleplast-isoleret ydervæg opdeles i felter med F-bygningsdel 30, som vist i figur 3.9.

Hvordan opdelingen som F-bygningsdel 30 skal udføres kan ikke umiddelbart angives, men må evt. afgøres ved en brandprøve. Det er tænkeligt at de celleplaster, der har de bedste brandtekniske egenskaber »i sig selv« kan betegnes som F-bygningsdel 30. I øvrigt kan opdelingen ud for etageadskillelser og lejlighedsskel, hvis ydervæggen er BS-konstruktion, foretages uden hensyntagen til elementopdelingen. Dvs. at opdelingen ikke nødvendigvis skal placeres nøjagtigt ud for dæk og vægge.



Figur 3.9. Vandret snit i murpille og lejlighedsskel med F-bygningsdel 30 opdeling.



Figur 3.10. Vandret snit i murpille med forskellige løsninger for mineraluld- og celleplastisolering.

Komponent med beklædning direkte på isoleringen

Benyttes mineraluld som isoleringsmateriale, kan beklædningen udføres af klasse A- eller B-materiale i brandteknisk fast forbindelse med mineraluld eller BS-konstruktion. Beklædningen skal derimod udføres af klasse 1-beklædning, såfremt isoleringen er af celleplast, se figur 3.10. Den ovenfor beskrevne opdeling af celleplasten i felter med F-bygningsdel 30 gælder også i dette tilfælde.

For de beskrevne metoder er sammenbygningen af isoleringsmateriale og beklædningerne af stor betydning for komponentens brandmodstandsevne. Eksempelvis kan det frygtes, at klæbning mellem teglstensskaller og celleplast vil svigte ved brand på grund af de to materialers forskellige temperaturudvidelseskoefficienter.

8. Ældningsbestandighed

Krav/ønsker

De materialer, der indgår i komponenten, skal være modstandsdygtige over for normale ødelæggelsesfaktorer som fx UV-stråling, korrosion, svamp, skadedyr og indre kemisk nedbrydning.

Prøvning/vurdering

For overfladebehandlede komponenter kan ældningsbestandighed i relation til vejrligets påvirkninger afprøves i henhold til ASTM-G 23-69.

Prøvningen bør suppleres med vurderinger af materiale-specifikationer og praktiske erfaringer ved anvendelse af materialet.

Bemærkninger

De anvendte materialer må ikke afgive giftige/ildelugtende luftarter eller udsende skadelig stråling.

En bedømmelse af komponentens levetid og mulighederne for let og billig reparation eller fornyelse af nedbrudte dele bør foretages.

9. Hygrotermisk stabilitet

Krav/ønsker

Komponentens egenskaber skal være således, at der ved normalt forekommende variationer i temperatur- og fugtforhold hverken opstår generende eller skadelige deformationer.

Prøvning/vurdering

Komponenten kan vurderes ved prøvning i klimakammer, hvor de klimatiske forhold stimuleres.

Mål- og formændringer registreres.

Bemærkninger

Deformationerne kan have betydning for de anvendte fugers tæthed mod nedbør, ligesom evt. revnedannelser i pudsede overflader kan starte en nedbrydning af materialet. Komponentens deformation vil ofte kunne beregnes på grundlag af kendskab til de anvendte materialers egenskaber (materialekonstanter).

10. Indtryknings- og gennemlokkningsstyrke

Krav/ønsker

Komponenten må ikke kunne skades ved normalt forekommende koncentrerede statiske påvirkninger og kun deformeres ubetydeligt.

Prøvning/vurdering

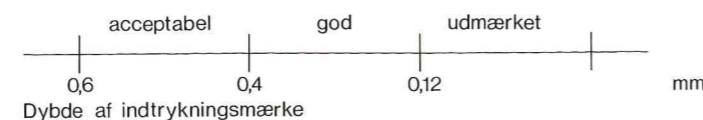
For komponenter ved terræn, altangange, altaner osv. kan vurdering udføres som beskrevet i SBI-ydeevnebeskrivelse 3, »Ikke-bærende ydervægge«.

a. Komponentens yderside påføres, med en $\varnothing 20$ mm stålkugle en statisk belastning på 250 N. Dybden af eventuelt indtrykningsmærke måles.

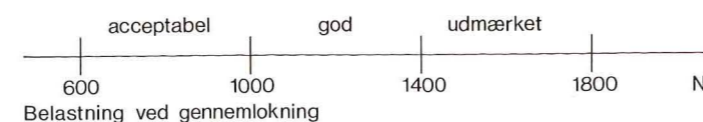
b. Komponentens yderside påføres med en $\varnothing 25$ mm ståldorn en statisk belastning på 200 N. Dybden af eventuel deformation måles. Derefter øges belastningen, indtil gennemlokning af overfladen finder sted.

Påvirkninger påføres de områder, hvor det må anses for mest ugunstigt for væggen.

ad a. Modstandsevnen over for indtrykning bedømmes efter nedenstående skala:



ad b. Komponentens har tilstrækkelig partiel stivhed, hvis belastningen 200 N ikke forårsager større deformation end 5 mm. Komponentens partielle styrke (gennemlokkningsstyrke) bedømmes efter nedenstående skala:



Bemærkninger

Der er ikke formuleret krav til indtryknings- og gennemlokkningsstyrke for andre komponenter end de der anvendes ved terræn, altangange, altaner osv. De her nævnte egenskaber bør også vurderes i sammenhæng med komponentens udseende og overfladestruktur, samt risikoen for nedbrydning som følge af evt. deformationer.

11. Robusthed

Krav/ønsker

Komponenter må ikke kunne skades ved normalt forekommende koncentrerede dynamiske påvirkninger.

Prøvning/vurdering

a. Komponenter ved terræn, altangange, altaner osv. prøves ved påføring af en dynamisk påvirkning på 15 Nm med en $\varnothing 50$ mm stålkugle.

Andre komponenter prøves på tilsvarende måde med en dynamisk påvirkning på 2,5 Nm.

Komponenten anses for tilstrækkelig robust, hvis prøvningen kun forårsager mærker, men ikke egentligt brud eller gennemlokning.

b. Komponenter ved terræn, altangange, altaner osv. prøves ved påføring af et strejfslag med et riflet pendul med en dynamisk påvirkning på 10 Nm.

Komponenten anses at have tilstrækkelig robusthed, hvis prøvningen ikke forårsager mærker, der er dybere end 1,0 mm.

c. Komponenter ved terræn, altangange, altaner osv. prøves ved at påføre det formodede svageste sted en belastning på 3 gange 120 Nm og 1 gang 240 Nm med en sandsæk (vægt 400 N).

Komponenten har tilstrækkelig styrke over for »bløde« stød, hvis der hverken opstår skader som fx revner ved stød på 120 Nm, eller blivende deformationer som fx brud efter stød på 240 Nm.

Bemærkninger

Kravet til robusthed kan nedsættes væsentligt for utilgængelige komponenter.

De nævnte egenskaber bør også vurderes i sammenhæng med komponentens udseende og overfladestruktur samt risikoen for nedbrydning som følge af evt. lokale skader.

12. Fastholdelsesevne

Krav/ønsker

Komponenten bør være egnet til fastgørelse af sædvanligt anvendte installationer til udendørs belysning, nedløbsrør, skilte og lignende.

Prøvning/vurdering

Udtræknings- og tværtrækstyrke for befæstigelsesmidler afprøves med en trækprøvemaskine.

De målte værdier vurderes i relation til de aktuelle belastninger.

Bemærkninger

Behovet for at fastgøre tungere genstande i komponenten vil normalt være begrænset. Det vil derfor ofte være mere relevant at foretage lokale forstærkninger eller udforme særlige løsninger, hvor det er påkrævet, end at tilstræbe en stor fastholdelsesevne på samtlige komponenter.

Udvendige telefonledninger og fællesantenneledninger, der måtte forefindes på den eksisterende facade, vil ofte med fordel kunne omlægges og fremføres inde i bygningen.

13. Udseende

Krav/ønsker

Komponenten skal til enhver tid frembyde det tilsigtede udseende ved:

- at overfladegeometrien er som tilsigtet.
- at patinering sker ensartet.
- at reparerede partier efter nogen tids forløb ikke utilsigtet adskiller sig visuelt fra den øvrige overflade.
- at komponenten har ringe smudsmodtagelighed og gode smudscamouflerende egenskaber.
- at overfladen på enkel vis kan rengøres for normalt forekommende smuds og evt. overfladebehandles.

Prøvning/vurdering

Der må som regel foretages en subjektiv vurdering af egenskaberne.

Bemærkninger

Eventuelt kan komponentens rengøringsegnethed bedømmes ved prøvning. En sådan prøvning kan være relevant, hvis facaden er særlig udsat for tilsmudsning, evt. opklæbning af plakater og lignende. Normalt vil en rengøring af hele facaden kun forekomme sjældent og vil i øvrigt afhænge af patinerings- og smudscamoufleringsevnen.

14. Sammenbyggelighed

Krav/ønsker

Komponenten skal være generelt anvendelig i forskellige sammenbygningssituationer.

Prøvning/vurdering

Komponentudformningen skal være oplyst ved detailtegninger i stort målestoksforhold.

Fugeløsninger og tolerancer samt montageprincip skal være belyst.

Komponenterne bør have modulære højde- og breddemål. Ud fra de foreliggende oplysninger foretages en subjektiv vurdering af sammenbyggeligheden.

Bemærkninger

Mulighederne for at tilpasse højde- og bredde mål til modulmål er afhængig af hvilken bygning, der skal efterisoleres. Den store variation i bygningstyperne gør det formentlig vanskeligt at etablere en egentlig standardproduktion af komponenter.

15. Transport- og monteringslethed

Krav/ønsker

Transport (lagring) og montering af komponenterne skal kunne foregå med minimal manuel og mekanisk indsats og i øvrigt på en sådan måde, at der hverken opstår fare for personskade eller anden skade.

Prøvning/vurdering

Vedrørende transport og lagring af komponenterne må der anlægges en subjektiv vurdering af egenskaberne.

Monteringsletheden må ligeledes vurderes subjektivt, idet der især bør lægges vægt på enkle afslutningsdetaljer. Luk-

ning af fuger bør kunne foretages umiddelbart efter montagen, og totrinsfuger bør tilstræbes. Mulighed for let tildannelse på stedet af komponenten, fx ved vindueshuller, må ligeledes vurderes som en god egenskab.

Bemærkninger

Eventuelt installationsarbejde i forbindelse med ydervæggen skal kunne tilpasses montagerytmen.

I mange tilfælde vil byggepladsforholdene være vanskelige med manglende oplagsplads og besværlige adgangsforhold. Det vil derfor generelt set være en fordel at kunne montere komponenterne uden større maskinel indsats.

Checkskema

Til brug for en mere summarisk oversigt over en givet komponents ydeevne, er udarbejdet følgende checkskema. Hensigten med skemaet er desuden at få tydeliggjort komponentens svagheder og behovet for yderligere undersøgelser og udvikling.

VURDERING AF YDEEVNE – CHECKSKEMA					
Komponentopbygning:					
EGENSKAB	Ikke acceptabel	Acceptabel	God	Meget god	Dokumentation/Bemærkninger
1. Tæthed mod nedbør					
2. Lufttæthed					
3. Termisk isolation					
4. Tæthed mod fugt i rumluft					
5. Lydisolation og lydabsorption					
6. Stabilitet					
7. Modstandsevne mod brand					
8. Ældningsbestandighed					
9. Hygrotermisk stabilitet					
10. Indtryknings- og gennemlokningsstyrke					
11. Robusthed					
12. Fastholdelseevne					
13. Udseende					
14. Sammenbyggelighed					
15. Transport- og monteringslethed					
Bemærkninger:					

4. Materialer til udvendig isolering

De forskellige isoleringssystemer, som er på markedet i dag, er for de flestes vedkommende kendetegnet ved at være sammensat af vidt forskellige materialer med forskellige egenskaber. Denne mere eller mindre bevidste sammensætning medfører, at systemerne har opnået egenskaber, som i mange tilfælde kan opfylde de i denne rapport skitserede ydeevnekrav. Et system hvor komponenten er sammensat af mineraluld, træbeton og puds er et godt eksempel på en bevidst sammensætning af materialer. Her er de forskellige egenskaber opnået dels ved de enkelte materialer, dels ved en kombination. Isoleringsevnen mod varmetab opnås primært i mineralulden og sekundært af træbetonen. Indtrykningsstyrken er opnået ved sammensætning af puds og træbeton, hvor træbetonen samtidig er en udmærket pudsberer.

Når en række forskellige materialer skal sammensættes til en præfabrikeret komponent, er der blandt andet en række bygningsfysiske og æstetiske krav, der skal tages hensyn til.

Som eksempel kan nævnes, at en teglstensbeklædning med mørtelfuger skal tilføres en stivhed, alene af hensyn til transporten. Denne stivhed kan naturligt opnås ved anvendelse af en stiv isoleringsplade. Herved forenkles komponentens konstruktion, og isoleringsmaterialets gode styrkeegenskaber udnyttes samtidig maksimalt.

Hvis der anvendes komponenter med stive pladebeklædninger, der i sig selv kan tilføre komponenten den fornødne stivhed og styrke, vil det naturligvis være muligt at anvende bløde og dermed billigere isoleringsmaterialer. Ved konstruktionen af komponenter kan den i kapitel 3 opstillede ydeevnebeskrivelse benyttes som checkliste.

Materialerne bør sammensættes ud fra en vurdering af, om de temperatur- og fugtvariationer, komponenten udsættes for, vil give anledning til revner eller sprængninger. Om nødvendigt må der sættes grænser for hvor stor komponenten kan udføres. Endvidere skal dampdiffusionen gennem komponenten undersøges, idet en fugtophobning i konstruktionen kan medføre korrosion eller biologisk nedbrydning. Samtidig nedsættes isoleringsevnen i opfugtet isolering væsentligt og der kan i frostperioder ske væsentlige ødelæggelser som følge af frostsprængninger.

For at give et overblik over de forskellige materialers egenskaber og anvendelighed, gennemgås de nærmere i det følgende. Materialerne opdeles i tre grupper:

Varmeisoleringssystemer.

Udvendige beklædningsplader og murstensbeklædning. Strukturoverflader (puds og lignende).

Oplysningerne er så vidt muligt samlet i skemaform af hensyn til overskueligheden.

Varmeisoleringssystemer

Alle de i denne sammenhæng behandlede isoleringssystemer er kendetegnet ved at have en relativ lav rumvægt og stor porøsitet, idet isoleringsevnen primært opnås ved udnyttelse af luftens, eller i nogle tilfælde specielle gasarters, isolerende egenskaber.

Materialerne, som er medtaget i oversigten, er udvalgt som de mest nærliggende til anvendelse i udvendig facadeisolering. Nogle af de egenskaber som er anført i skemaet kan variere en del for et givet materiale, afhængig af producent, se figur 4.1.

Generelle betragtninger til figur 4.1

Afhængigt af hvilket isoleringssystem, der ønskes anvendt, vil der være en række egenskabsoplysninger, der skal indhentes for isoleringsmaterialet i det konkrete tilfælde, for at kunne foretage en beregningsmæssig bedømmelse. Isoleringssystemer er ofte markedsført uden en gennemgribende teknisk specifikation, hvilket medfører, at et fuldskaforøg kan være en rimelig metode til bedømmelse af materialets egnethed.

Ved en statisk og dynamisk bedømmelse kan der være tale om kendskab til:

- E-modul af hensyn til stivhedsbedømmelse.
- forskydningsstyrke af hensyn til ophængningssystem og beklædning.
- mulighed for at optage fx lodret last fra beklædning, som skal overføres til eksisterende mur.
- trykstyrke af hensyn til vurdering af robusthed.
- trækstyrke af hensyn til forankringer til væg samt forankring af beklædning.

Ligeledes er det - som anført i kapitel 3 under pkt. 7 »Modstandsevne mod brand« - nødvendigt med mere detaljerede undersøgelser af brandegenskaberne, hvis der anvendes celleplast i komponenterne. Endelig kan andre parametre som oxygenindex, røgdviklingsgrad og brandværdi benyttes til at beskrive brandegenskaberne.

Mineraluld

Mineraluldsprodukterne er alle standardformvarer som normalt ikke udføres efter opgave.

De bløde og halv hårde typer mineraluld er på grund af deres åbne struktur samt ringe hårdhed generelt kun anvendelige i systemer, hvor de beskyttes af beklædningsmaterialer. Den åbne struktur medfører at vinden kan sætte luftlagene i bevægelser, med en forringet varmeisoleringsevne til følge.

Materialer	Type	Undergrupper	Formvarer 1)	Densitet kg/m ³	Varmeledningstal λ_p 2)	Temperaturudvidelse mm/m °C	Dimensionsændring ved ARF 30-65 %	Dampdiff. modstand pr. m $\frac{GPa \cdot s \cdot m^2}{kg \cdot m}$	Max. brugs-temperatur °C	Brandforhold (for celleplast 4))			Bemærkninger																										
										Antændelighed	Brandspredningsindex	Udstrækning mm. Hastighed mm/sek.																											
Mineraluld	Stenuld	Kl. A 36 Kl. A 39 Kl. B 42 Kl. B 45 Facadebatts, struktur Facadebatts 1 Facadebatts, natur Lamelplader	Plader Plader, ruller Plader, ruller Granulat, lameller »Blokke« 200 × 600 mm	42-57 27-37 18-28 50-125 140-180	0,033 0,036 0,039 0,045 0,042*			5 5 5 5 5	250-1000, afhængig af konstruktion	Stenuld er klassificeret som ubrændbart materiale – klasse A-materiale			Færdigbehandlet overflade m. diffusionsåben maling (Z = 1,8) * monteret på stedet																										
														Glasuld	Kl. A 36 Kl. A 39 Kl. B 42 Kl. B 45 Lamelplader	Plader Plader, ruller Plader, ruller Granulat	25-80 17-25 13-17 23-45 40-60	0,033 0,036 0,039 0,042 0,042			5 5 5 5 5	Glasuld er klassificeret som ubrændbart materiale – klasse A-materiale			Kan sammenlignes i længderetningen														
																										Skumglas	Celleglas	Blokke	125 ÷ 10%	0,050	0,0085		8500	430	Celleglas er klassificeret som ubrændbart materiale				
																																						Celleplast	Polystyren (PS)
																										Polyurethan (PUR)	Normal Brændhæmmet	Plader Plader	30-40 30-40	0,032 0,032	0,06-0,08 0,06-0,08		650 650	75 75	let svær	17 4-12	150 3,9 28-34 2,7-4,8		
Poly-isocyanurat (PIR)	Brændhæmmet	Plader	34-36	0,029	0,03		750 750	120 120	let svær	36-52 44-47	65-150 0,7-2,8 39-46 1,0-1,3	Selvslukkende																											

Figur 4.1. Egenskaber hos en række almindeligt anvendte isoleringsmaterialer.

Kommentarer til figur 4.1

1) Formvarernes dimensioner ændres ofte og kan for en stor dels vedkommende leveres i andre end lagerførte dimensioner.

2) λ_p er opgivet for tætte præfabrikerede konstruktioner.

3) Dimensionsændringen for mineraluld er praktisk taget 0, for celleplaster foregår der p.t. (efterår 1984) målinger på SBI.

4) Brandforhold. De forskellige typer celleplast har forskellige brandtekniske egenskaber. Til bedømmelse heraf findes en række prøvninger i henhold til DS, men prøvningsresultater har ikke været tilgængelige. I

stedet er anvendt oplysninger om prøvningsresultater efter udenlandske standarder. Antændeligheden er bedømt ud fra BS 476.5. Brandspredningsindex I er baseret på BS 476.6. Udstrækning og hastighed er baseret på ASTM D 1692. Som nævnt i afsnittet om ydeevne er det ofte nødvendigt med særlige prøvninger ved anvendelse af celleplast.

Deres lave rumvægt kan være medvirkende til, at komponenterne kan udføres i rimeligt store størrelser. Til gengæld gør den ringe hårdhed og stivhed disse typer af mineraluld uegnede til at indgå i det konstruktive system.

De hårde mineraluldtyper har som de bløde typer en relativ åben struktur, som kan give anledning til nedsat isole-ringsevne, såfremt de ikke afdækkes mod direkte vindpå-virkning. Deres stivhed muliggør, at de kan anvendes som en del af det konstruktive system, ligesom deres hårdhed kan bidrage til at opnå tilfredsstillende styrke over for dyna-miske påvirkninger.

Skumglas

Leveres som standardformvarer, der udskæres af blokke. Det formodes, at produktionen er så lille, at mere specielle ønsker kan tilgodeses ved udskæringen.

Sammenholdt med de normalt anvendte isoleringsmateri-aler er skumglas et dyrt materiale, hvis anvendelse kun kan forventes at komme på tale, når der er behov for stor styrke og stivhed.

Celleplast

Leveres som standardformvarer, men kan for de fleste fa-brikaters vedkommende leveres efter opgave.

Selv om der på nuværende tidspunkt ikke er celleplaster som er klassificeret som A- eller B-materialer, forventes det dog, at eksempelvis PIR kan klassificeres minimum som F-30.

Celleplasterne udmærker sig bl.a. ved lav rumvægt, sam-tidig med at de har en relativ stor stivhed som kan udnyttes i forbindelse med opbygningen af komponenterne.

Udvendige beklædningsplader og murstens-beklædning

De data, som er knyttet til beklædningsmaterialerne, er ba-seret på producenternes eller leverandørernes oplysninger, samt i nogen udstrækning på data i faglitteraturen. Som det fremgår af det følgende, se figur 4.2, har det ikke været mu-ligt at indsamle alle relevante oplysninger. Det skyldes ho-vedsagelig at materialerne ikke er blevet afprøvet på de på-gældende områder.

Strukturoverflader

Ved strukturoverflader forstås belægninger af puds eller maling. En klar grænsedragning imellem de to overfladety-per er vanskelig.

Grundmaterialerne til strukturoverflader er normalt base-ret på anvendelse af KC-mørtel, C-mørtel, gips, sandspar-tel, kunstharpiks eller malinglignende produkter på vand- eller oliebasis.

Armeringsnet udføres traditionelt af glasfiber samt af stål i varierede kvaliteter, bestemt af pudstype.

Endvidere anvendes i stadig større udstrækning armering med fibre, bestående af enten glas, acryl, polypropylen, me-tal, kul eller andre mineralske fibre. Fibrene blandes i puds-materialet og påføres således i samme arbejdsoperation.

Ved sammensætningen af puds materialet og armerings-fibre må man være opmærksom på korrosionsforholde-ne; eksempelvis kan der være fare for, at ubehandlede glas-fibre nedbrydes af det alkaliske miljø i almindelig puds.

Selv om enkelte producenter af materialer til struktur-overflader er af den opfattelse, at deres produkter kan op-sættes uden nogen form for indbygget armering, må det for-modes, at der kun kan opnås tilfredsstillende sikkerhed mod større revnedannelser fra spændingskoncentrationer eller brud fra dynamiske påvirkninger, hvis overfladen armeres. Undtaget herfra er dog de malinglignende produkter.

Da det er komponenter med et forholdsvis lille fladeareal, der opereres med, kan det forventes, at der er behov for væ-sentligt mindre armering, end når isoleringen opbygges på stedet som en sammenhængende flade. Ligeledes indebærer komponentløsningen, at særlige dilatationsfuger undgås, da bevægelserne kan optages i de normale fuger.

Strukturoverfladens egenskaber vil kunne ændres ved brug af forskellige tilslagsmaterialer:

- nedsat rumvægt kan opnås ved tilslag af polystyrenkugler, knust porebeton, poredannende stoffer, lufttilsætning.

- forbedret brandmodstandsevne kan, afhængig af grund-materialer, opnås ved at tilsætte ikke brandbare fyldstoffer eller marmorgranulat.

- forbedret varmeledningstal opnås ofte ved anvendelse af samme tilslag, som nedsætter rumvægten.

- forbedret forarbejdighed opnås ofte ved anvendelse af de samme tilslag, som nedsætter rumvægten samt andre pla-stificeringsstoffer.

- forbedret binding i materialet. Hvilket tilslag bestemmes af øvrige anvendte bestanddele.

Beklædning	Overflader	Standarddimensioner		Målafvigelse	Vægt kg/m ²	Varmeledn.-tal λ_p eller λ_{10} hvor vist. W/m °C	Dampdiff. modst.tal (Z-værdi) $GPa \cdot s \cdot m^2$ kg	Dimensionsændring ved ΔRF 35-85%		Temperaturudvidelse mm/m °C		Brand		Vedligeholdelse	Levetid, år	Bemærkninger
		Tykkelse mm	Længde \times bredde mm					længde	bredde	længde	bredde	Materiale kl. A/B	Beklædningsklasse			
Asbestcementplade	Plan overflade, lev. grå, hvid	6-10	2500-3050 \times 1200	L,B, ± 5 mm, $t \pm 10$ %	11,7-20,0/m ²	0,41 ₁₀	5-9 (dry-cup)	2mm/m	2mm/m	0,01	0,01	A	8 mm kl. 1	Normalt ingen, kan afvaskes	25-50	Kan males med specialmaling
Asbestcementplade m. silikatoverflade	Plan overflade	3,2-6		L,B, ± 1 mm, $t \pm 10$ %	6,7-12,8/m ²	0,41 ₁₀		1mm/m	1mm/m	0,01	0,01	A		Som alm. planplader	25-50	
Asbestcementbølgeplader	Profilert overflade, grå natur, malet	6-12,5	1220-3050 \times 1020-1100	L,B, ± 5 mm, $t \pm 1$ mm	12,0-23,9/m ²	0,41 ₁₀	5-10 (dry-cup)	2mm/m	2mm/m	0,01	ca. 0,01	A		Som alm. planplader	25-50	Kan leveres malet, uden garanti
Glasfiberarmeret polyesterplader	Knuste natursten, flere kulører	6-15, afhængig af størrelse	900-3500 \times 1193, evt. 593	L,B, ± 2 mm	11-18/m ²	0,55 ₁₀	ca. 1200			0,018	0,018	A	1	Ingen, vanskelig at rengøre		
Cementbunden spånplade	Cementgrå, glat, kan behandles	8-40	2800 \times 1250 3200 \times 1250 2400, 2500 \times 600, 1200	L,B, ± 5 mm t, usleben: 8-14 $\pm 0,7$ 16-40 $\pm 1,0$ t, sleben: $\pm 0,3$	1250/m ³ ± 50	0,25		RF 25-90 % 3mm/m 3mm/m				A	10 mm kl. 1	Normalt ingen, kan afvaskes	25-50	Kan leveres med overfladebehandling. 5 års garanti på lysægthed
Cementbunden spånplade	Profilert, acrylmaling på begge sider	16	1250 \times 570									A	1			Fugebredde 8 mm, dybde 4 mm
Glasfiberarmeret beton	Natur, flere overfladestrukturer og farver, kan gennemfarves	6-15, typisk 10-12			ca. 1950/m ³	0,5-1,0	5-14	1-1,5 mm/m		0,01	0,01	A		Normalt ingen, kan afvaskes		Intet standardprogram - leveres efter opgave
Krydsfiner	Natursten, 1-5 mm korn	Krydsfiner 6,5	2500, 2750 3000, 3600 \times 1190		6,7/m ²								2	Ingen, vanskelig at rengøre		Sten epoxylimet. 10 års garanti
Krydsfiner	Glat, evt. præget	Typisk 5-24	1200-3600 \times 1200-1500		450-650/m ³			0,7-2,0 mm/m				*A/B	*1 og 2			Evt. fer og not * Leveres brandimp.
Bræddebeklædning						0,16							15 mm kl. 2 *22 mm kl. 1 * 9 mm kl. 2			* Brændimp., med sammenpløjet beklædning
Teglstensskaller	Teglstensformat, maskinstrøgne	18	228 \times 54	± 2 mm	36/m ²							A				

Kalksandstensskaller	Teglstensformat	10 20	228 \times 55	± 2 mm	17,5/m ² 42,0/m ²		Ca. 2	0,04 mm/m fra tør til våd				A				20 mm ved fugning 10 mm uden fugning
Stålplader	Præget (profil), glat	Fortrinsvis 0,4-1,0		L,B, ± 10 mm $t \pm 10$ %	3,6-16,7/m ²		∞	0	0	0,012	0,012	A	kl. 1	Afvaskning, kan males	15-50, afhængig af miljø og belægning	Leveres med traditionelle belægninger samt korrosionsfaste og/eller porefri belægninger
Alu-plader	Præget (profil), glat	Fortrinsvis 0,7-1,0					∞	0	0	0,023-0,024	0,023	A	kl. 1	Afvaskning, kan males		
Plastlaminatplader	Glat (svagt præget)	4,5	2790 \times 1270	L,B, +10 \div 0 mm $t \pm 0,5$ mm	6,3/m ²					0,01-0,02		A	kl. 1	Normalt ingen, kan afvaskes		

De neden for nævnte plader er kun anvendelige som vindtæt beklædning bag klimaskærm.

Celluloseplastfiber-cementplader		3,2-10	2500-3100 \times 1200	L,B, ± 5 mm $t \pm 1$ mm	5-14/m ²	0,30 ₁₀	1-3	2 mm/m		1,0	1,0	A	8 mm kl. 1 3,5 mm kl. 2			Kan antageligt også anvendes som regnskærm
Gipskartonplader, imprægnerede		9	2400-3000 \times 1200	L,B, +0 \div 4 mm $t \pm 1 \div 0,5$ mm	7,2/m ²	0,2	0,3	RF 52-81 % 0,16 mm/m				A	kl. 1			Permanent temp. over 45°C ned sætter styrken
Gipsfiberplader		10-20	1500-3000 \times 1000-1300		11-22/m ²		0,6-1	RF 45-95 % 0,4 mm/m				A	10 mm kl. 1			
Asfaltimp. porøse træfiberplader		10-19	2440-3600 \times 1200-1220		ca. 270/m ³	0,06	0,5-2	RF 30-90 % 2-3 mm/m					kl. 2			Luftgennemgangstal: 21×10^{-6} m/s Pa

Figur 4.2. Egenskaber hos en række almindeligt anvendte materialer til regnskærm og vindtætnende lag.

Kommentarer til figur 4.2

Asbestcement. Asbestcementprodukterne produceres på en dispensation, som er gældende indtil 01.01.1985. Producenten har på nuværende tidspunkt ikke udviklet et produkt med tilsvarende egenskaber, som kan anvendes i stedet for asbestprodukterne. Dispensationen forventes forlænget til 1990.

Levetid. Levetid kan anskues enten som en æstetisk levetid eller en levetid, som angiver, hvornår materialet er nedbrudt. Levetiden kan være betinget af, i hvor stor udstrækning der udføres vedligeholdelse, samt hvilke påvirkninger det udsættes for.

Styrke. Da meget få produkter er styrkeprøvet, er dette område ikke medtaget i oversigten. Relevante styrkeegenskaber vil være E-modul, bøjestræk, og tryk.

5. Udformning af komponenter til udvendig isolering

I dette afsnit behandles forhold, der har betydning for udformningen af komponenter til udvendig isolering.

Efter en gennemgang af de principielle forhold som belastningsforudsætninger, tolerancer og fugeløsningsprincipper, montageprincipper og valg af komponentstørrelser, søges de mere konkrete konstruktive forhold belyst.

Til dette formål behandles fire typer af komponenter nærmere:

Ventilerede komponenter med profilerede plader (A)

Ventilerede komponenter med plane plader (B)

Komponenter med murstensbeklædning (C)

Komponenter med strukturoverflade (D)

For hver type beskrives komponentopbygningen, hvordan produktionen kan tænkes udført, hvilke materialer, der kan benyttes, og hvordan montagen kan foregå. Til slut vurderes komponenten ved hjælp af den udarbejdede checkliste.

De valgte løsninger er kun eksempler på, hvordan opgaven kan gennemføres. Det er derfor ikke tanken, at de skal kunne anvendes umiddelbart til en egentlig komponentproduktion, men at de skal illustrere de problemer, der er forbundet med konstruktionen af komponenter til udvendig isolering.

Belastninger

Komponenterne vil blive udsat for en række belastninger såvel under transport som under montering.

Under transport fra fabrikken til montagedstedet samt under montagen er komponentens egenvægt samt uundgåelige stødpåvirkninger de væsentligste belastninger. Komponenten skal kunne tåle påvirkningerne fra nødvendige løfteanordninger. Den skal evt. kunne stables, og skal uden uacceptable skader (ødelagt isolering, revner i synlige overflader m.m.) kunne stå for stød og lignende under håndtering.

Efter montagen udsættes komponenten ligeledes for en række belastninger, der stiller krav til styrke og stivhed:

Egenvægt. I komponenter med beklædning skal der være en tilstrækkelig sammenhæng mellem beklædningen og isolationen. Dette gælder i særlig grad komponenter med tung beklædning (fx tegl og puds).

Vindpåvirkning. Afhængig af bygningshøjde og terrænklasse (bygningens geografiske placering) skal komponenterne og deres fastgørelse dimensioneres for et regningsmæssigt vindsug og -tryk på ca. 0,7-1,6 kN/m² (jævnfør DS 410, 3. udgave 1982). Dette stiller krav til komponentens bøjnings- og forskydningsstyrke samt evt. til beklædningens vedhæftning til isoleringen.

Hygrotermisk påvirkning. Såvel fugt- som temperaturændringer kan give bevægelser i de anvendte materialer. Afhængig af de enkelte materials udvidelseskoefficienter for disse påvirkninger kan der optræde spændinger, der skal kunne optages uden skadelige deformationer til følge.

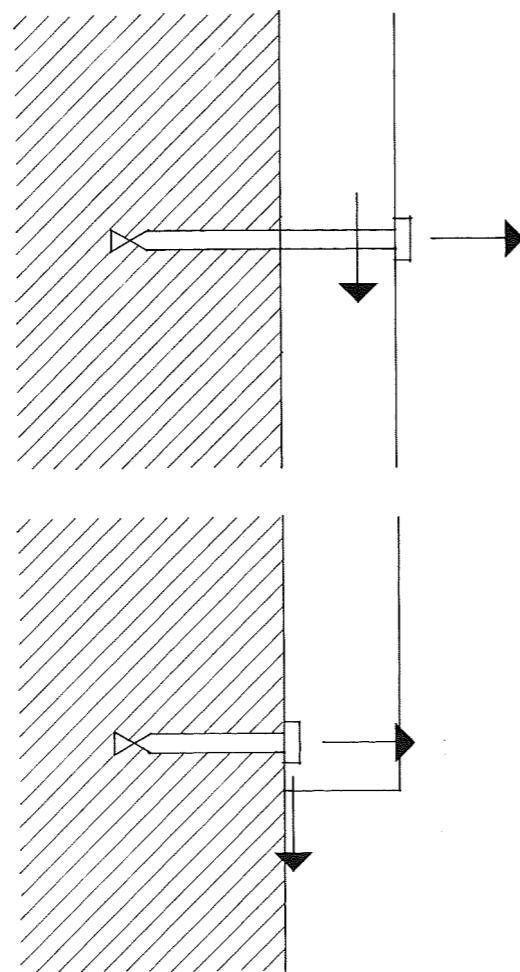
Dimensionering

For de ovennævnte belastninger må der foretages en generel styrkeundersøgelse samt en vurdering af korttids- og langtidsdeformationer.

Eksempler på statiske modeller (se endvidere under montageprincipper).

Den horisontale og den vertikale last fordeles ligeligt på hver bolt. Boltene er bøjningspåvirkede og udsat for samtidig tvær- og axiallast. Komponenten undersøges bl.a. for hulrandstryk og gennemlokning i isoleringen og i en evt. frontplade. Se figur 5.1 øverst.

Komponenten hviler af på fx 2 beslag foruden, medens det fastholdes horisontalt af beslagene foroven og foruden. Bolte og beslag er udsat for tvær- og axiallast. Se figur 5.1 nederst.



Figur 5.1. Principper for kraftoverføring i bolte.

Målafvigelser

Ved udformningen af systemet må der tages hensyn til en række målafvigelser. Dette skyldes unøjagtigheder både ved komponentproduktion og ved montagen. For hver enkelt komponent kan der være tale om målafvigelser på de delkomponenter, der anvendes, samt på sammenbygningen af delkomponenterne.

Ved udformningen af komponenterne og deres sammenbygning samt ved afslutninger ved vinduer, gavle osv. må der også tages hensyn til målafvigelser samt til unøjagtigheder og skævheder i den eksisterende facade.

Samlingsprincipper

Samlingerne mellem komponenterne kan principielt udføres på 2 måder:

1) **Knasfuger.** Komponenten stødes helt op mod de allerede monterede. På grund af de nævnte afvigelser vil det dog næppe kunne undgås, at der i den færdige facade vil være nogle åbne fuger med deraf følgende kuldebroer.

2) **Åbne fuger.** Komponenterne projekteres og monteres med en åben fuge i isoleringen. Efter montage udføres en stopning, udskumning el.lign. af hensyn til isolationsevnen.

Knasfuger i isolationen vil i de fleste tilfælde være en dårlig løsning.

Dels vil målunøjagtigheder i komponenterne summeres og stille store krav til afslutninger ved fx bygningshjørner og vinduer, dels vil det være meget vanskeligt ved montagen at tage hensyn til et evt. mønster i beklædningen (teglforbandt el.lign.).

Dimensioneringen af bredden på en åben fuge må foretages afhængig af hvilken type komponent, der er tale om. Eksempler på fugeløsninger er vist i det følgende.

Ud over valget mellem knasfuge eller åben fuge mellem komponenterne, må der vælges mellem en ét-trins- eller to-trinstætning.

Generelt set bør to-trinstætningen vælges, hvis det er muligt, da det er den sikreste og mest holdbare måde, hvormed regntæthed kan opnås.

For den type komponent, hvor regnskærmen er i tæt forbindelse med isoleringsmaterialet, kan det være vanskeligt at udføre en to-trinstætning. Det bør dog under alle omstændigheder tilstræbes, at der anvendes en tillempet to-trinsfuge.

Dilatationsfuger

Ved udformningen af komponenterne skal det vurderes, om hygrotermiske bevægelser kan gøre det nødvendigt at udføre dilatationsfuger i den nye facadebeklædning.

Montageprincipper

Fastgørelse af komponenterne kan principielt ske ved klæbning og/eller mekanisk fastgørelse. Valg af fastgørelsesmetode skal ske efter en nøje vurdering af den eksisterende konstruktions styrke og beskaffenhed (murværk, gasbeton, beton m.m.). Ligeledes skal et evt. pudslags vedhæftning til den gamle mur undersøges. Det sidste gælder i særlig grad fastgørelse ved klæbning.

I dag kan der næppe opnås tilstrækkelig sikkerhed ved klæbning alene. Dette vil, som for mekanisk fastgørelse, kræve en myndighedsgodkendelse baseret på dokumentation af langtidsholdbarheden af klæbemidlet og dens vedhæftning til den eksisterende facade.

Den mekaniske fastgørelse kan principielt ske på 2 måder: – Igennem komponenten indbores et antal bolte. Dette kræver stor trykfasthed i isoleringsmaterialet, idet en vis tilspænding er nødvendig for at opnå tilstrækkelig kontakt med den eksisterende facade. Desuden vil en efterreparation eller lukning af komponentens overflade ofte være nødvendig.

– Specialudformede beslag fastgøres til den eksisterende facade. Beslagene placeres i komponentfugerne og kan udformes, så de ligger skjult i den færdige facade. Når fastgørelse finder sted alene langs kanten af komponenten, vil reaktionerne på beslagene og dermed styrkekrav til fastgørelse, beslag og komponent være proportionale med komponentstørrelsen.

Valg af komponentstørrelse

Ved øget størrelse og vægt af komponenten vil kravene til dens styrke og stivhed øges. Ved størrelser udover, hvad der rimeligt let kan håndteres af 2 mand, vil det være nødvendigt at indbygge særlige løfteanordninger i komponenten. Samtidig kan det være nødvendigt at indbygge ekstra forstærkning i komponenten, hvor det for relativt små komponenter kan være isoleringsmaterialet, der alene giver den fornødne styrke og stivhed.

Benyttes store komponenter vil belastningen på fastholdelsesbeslagene forøges, og kraftoverføringen til den eksisterende ydervæg vil kunne give anledning til problemer.

Hvis vægten af komponenten overstiger 35-40 kg, vil kran eller andet hjælpegrej være nødvendigt. I mange tilfælde vil det være vanskeligt at komme til med disse hjælpemidler på grund af pladsforholdene omkring bygningen. Det er ud fra disse betragtninger, det i rapporten er valgt at arbejde med mindre komponenter.

Ventilerede komponenter med profilerede plader (A)

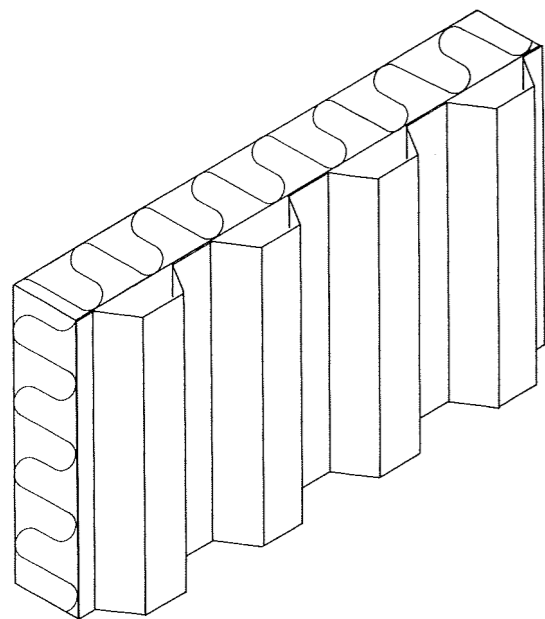
Komponentopbygning

Komponentopbygningen er afhængig af isoleringsmaterialets brandtekniske klassifikation, brandbart/ikke brandbart.

Anvendes et ikke brandbart isoleringsmateriale (fx mineraluld) som vist på figur 5.2, kan komponenten bestå af et isoleringsmateriale fastgjort til den profilerede plade (A1).

Anvendes et brandbart isoleringsmateriale (fx celleplast) som vist på figur 5.3, må komponenten indeholde en klasse 1 beklædning imellem isoleringsmaterialet og den profilerede plade (A2).

I forbindelse med opbygningen af komponenterne må det udover, at de brandtekniske krav er opfyldt, også sikres, at der opnås en tilstrækkelig stivhed. Dette er også af betydning for transport og montage. Den skitserede komponent med celleplast må anses for at have en tilstrækkelig stivhed, stammende fra isoleringsmaterialet og pladen, som anbringes mellem isolering og beklædning.



Figur 5.2. Mineraluldisolering uden brandteknisk afdækning (A1).

Fremstilling af komponenter med mineraluld

Komponenter med mineraluld vil i den mest enkle form kunne fremstilles ved, at der på den profilerede plade, efter at denne er skåret i endelig størrelse, fastlimes en tilstrækkelig stiv mineraluldsplade. Denne fremstillingsmetode vil være relativt billig, men den vil antagelig kun kunne anvendes, hvor der er tale om små komponenter, hvor montagen foretages med bolte indborede igennem hele komponenten. Hvor det drejer sig om større komponenter, fx etagehøje, vil det normalt af hensyn til stivheden være nødvendigt at opbygge et rigelsystem. Efter at pladerne er skåret til i dimension, fastgøres rigelsystemet med påsatte montagebeslag til pladen med popnitter eller selvskærende skruer. Mineralulden skæres til i størrelse og limes til den profilerede plade.

Som alternativ til de afstivende rigler kan det overvejes at benytte en pladebeklædning som beskrevet nedenfor.

Fremstilling af komponenter med celleplast

Komponenter med celleplast kan fremstilles ved, at celleplast og klasse 1-beklædning sammenklæbes, evt. under pres eller ved at celleplasten opskummes mod bagsiden af beklædningen. Denne delkomponent tilskæres i endelig størrelse, evt. med udskæring til vinduer, døre o.l., før den profilerede plade samt evt. ophængningsbeslag fastgøres til klasse 1-beklædningen med skruer. Såfremt beklædningen ikke er skruefast og med tilstrækkelig styrke, må en form for et rigelsystem eller lasker indbygges.

Brandkravet om opdeling af celleplastisolerede facader ud for etageadskillelser og lejlighedsskel kan opfyldes på forskellig måde. Såfremt celleplasten ikke selv er F-bygningsdel 30, kan det overvejes at indbygge andre materialer, som er flammestoppende (mineraluld), i komponenten.

Materialer

I det efterfølgende anføres hvilke materialer, der kan indgå i komponenterne. Der vil ikke blive foretaget en vurdering af det enkelte materials anvendelighed, men blot blive påpeget hvilke egenskaber, som er ønskelige.

Regnskærm af profileret plade

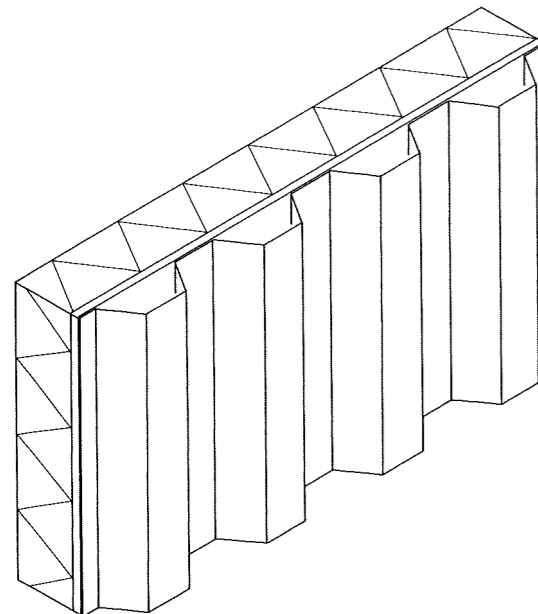
Stål
Aluminium
Kobber
Asbestcementbølgeplade.

Den profilerede plade skal, afhængig af komponentstørrelse, ophængningssystem samt isoleringsmateriale, have den til den valgte elementopbygning tilstrækkelige styrke og stivhed, samt være i besiddelse af den nødvendige robusthed.

Endvidere skal pladen være profileret eller underlaget udformet, så der sikres ventilation bag pladen.

Isolation

Mineraluld
Celleplast
Skumglas



Figur 5.3. Celleplast med brandteknisk afdækning (A2).

I komponenter med blød mineraluld, må der indbygges et afstivende system i komponenten.

Dette kan gøres ved at opbygge et rigelsystem af vinkelprofiler, som monteres langs kanterne. Ud over at være det afstivende system i komponenten, vil det også være en del af det bærende system, samt yde beskyttelse af isoleringsmaterialet under transport og montage.

Luftlaget bag profilpladen bør ikke være mindre end ca. 1 cm i gennemsnit. Tilsvarende bør åbningsarealet i regnskærmen være ca. 100 cm² pr. vandret meter væg pr. etage, for at sikre den fornødne ventilation af det vertikale hulrum bag pladen.

De omtalte forskelle i komponentopbygning afhængig af isoleringsmaterialet medfører, at der også vil være forskelle i hvordan komponenterne vil blive fremstillet.

Materialet skal primært have en god varmeisoleringssevne. Som tidligere nævnt vil det dog i mange tilfælde også være en del af det afstivende system. I sådanne tilfælde må valget af mineralulds kvalitet vurderes nærmere, hvorimod celleplast normalt vil have den nødvendige stivhed og trykfasthed. Såfremt komponenter skal opsættes med indborede bolte, vil det også være nødvendigt at stille krav til, at isoleringsmaterialet har den fornødne trykstyrke.

De ovennævnte 3 typer isoleringsmaterialer kan kombineres således, at eksempelvis celleplast og mineraluld sammenlimes til en enhed og på denne måde opfylder specifikke krav til styrke/stivhed, vægt, brandmodstand etc.

Klasse 1-beklædning til afdækning af isolation

Krydsfiner (brandimprægneret)	9,0 mm
Cementbunden spånplade	10,0 mm
Træbetonplade	25,0 mm
Gipsplade	10,0 mm
Asbestcementplade	8,0 mm
Celluloseplastfibercementplade	8,0 mm

Ved valg af plademateriale skal der tages hensyn til pladens dimensionsændringer ved temperatur- og fugtpåvirkninger og pladens dampdiffusionsmodstand. Styrkemæssigt skal pladen gerne kunne anvendes til fastgørelse af den udvendige beklædning samt eventuelle ophængningsbeslag. Sidstnævnte forhold betyder, at træbetonplader, gipsplader og formentlig også asbestcementplader ikke kan anvendes uden særlige foranstaltninger.

Beslag og rigler m.m.

Alle beslag, rigler m.m. skal fremstilles af et materiale, som er foreneligt med de øvrige anvendte materialer, således at der ikke forekommer korrosion, som vil nedsætte bæreevne i beslag m.m.

Fastgørelsesmidlerne skal endvidere vælges under hensyntagen til den eksisterende konstruktion (murværk, gasbeton, beton osv.), og udtræks- og forskydningsstyrker skal kunne dokumenteres ved prøvningsattester.

Montageprincipper

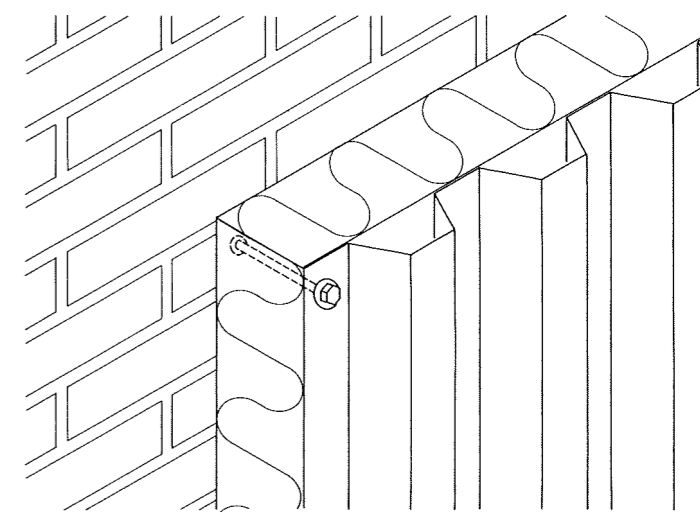
Som omtalt i afsnittet om montageprincipper, kan den mekaniske fastgørelse af komponenter opdeles i to hovedgrupper:

- montage med indborede bolte
- montage med beslag.

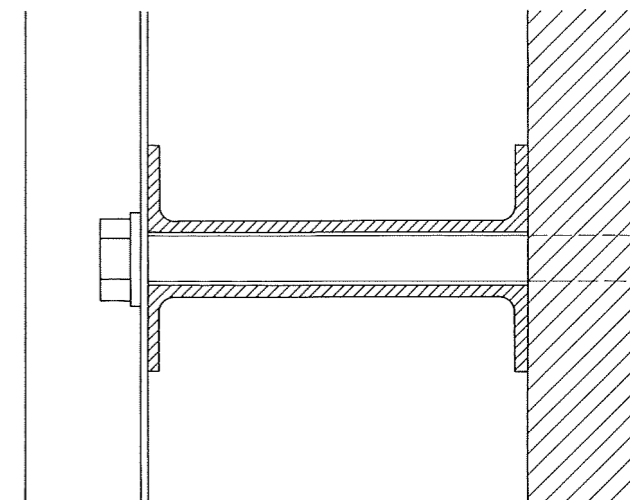
Hvis komponenterne skal kunne monteres af 2 mand uden løftegrej, må vægten ikke overstige 35-40 kg.

Montage med indborede bolte

Vælges det at fastgøre isoleringskomponenterne med bolte, som bores igennem hele komponenten (se figur 5.4), vil det være nødvendigt at stille særlige krav til de enkelte delkomponenter. Isoleringsmaterialet må have tilstrækkelig trykstyrke, så det kan yde modhold mod den nødvendige tilspænding. Pladebeklædningen må ligeledes have tilstrækkelig styrke, så der ikke vil forekomme skader ved fastgørelsen. Her vil det



Figur 5.4. Montering af komponent med indborede bolte.



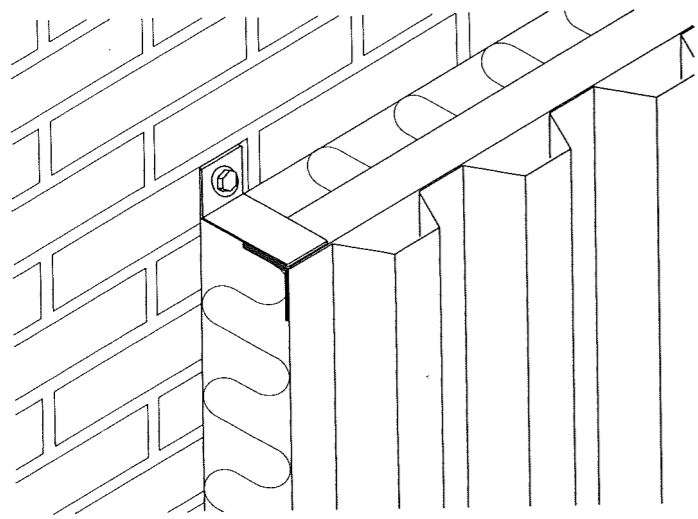
Figur 5.5. Etablering af modhold ved fastgørelse af komponent.

særligt være problemerne med hulrandstryk, som skal løses, fx ved lokal forstærkning omkring hullet.

En mulig løsning på dette problem kan være at montere pladebeklædning på et rigelsystem, som har den fornødne styrke. Dette vil samtidigt give isoleringskomponenten den nødvendige styrke/stivhed i komponentens plan. Alternativt kan komponenten forsynes med en egnet beklædningsplade på isolationen bag profilpladen. En sådan beklædning er af brandtekniske grunde under alle omstændigheder nødvendig, hvis isoleringsmaterialet er af celleplast, der ikke er klasse A- eller B-materiale.

Kravet til, at isoleringsmaterialet skal have en vis trykstyrke, kan anses for opfyldt ved de fleste typer af celleplast. Kravet til trykstyrke udelukker dog ikke, at der kan anvendes bløde isoleringsmaterialer. Det vil dog i så tilfælde være nødvendigt at etablere det nødvendige modhold ad anden vej, hvilket dog komplicerer produktionen.

Montage ved indboring af bolte gennem komponenten ind i den eksisterende konstruktion, har den ulempe, at det kan være vanskeligt at afgøre, om murankeret sidder forsvarligt fast, se figur 5.5. Er modholdet på forhånd etableret i komponenten, vil det næppe kunne undgås, at nogle ankre i en muret ydervæg rammer fuger.



Figur 5.6. Montering af komponent ved hjælp af beslag.

Montage med beslag

Den anden hovedgruppe er systemer, hvor der anvendes beslag til at fastgøre komponenten, se figur 5.6. Det vil normalt være mest hensigtsmæssigt at udforme beslagene således, at de er placeret i fugen mellem isoleringskomponenterne. Samtidig vil de blive skjult i den færdige facade.

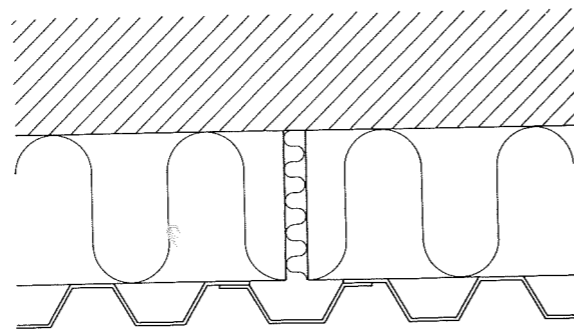
Beslagene må dimensioneres for de forekommende belastninger, og komponentens styrke og stivhed må vurderes, afhængig af beslagenes placering. Eventuelt kan det blive nødvendigt med prøvning.

Fugeløsning og målafvigelser

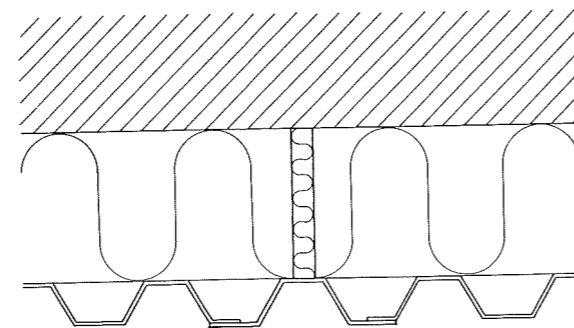
Fremstilling og montage af komponenterne vil medføre visse målafvigelser, og fugerne mellem komponenterne må udformes til at optage disse afvigelser; også unøjagtigheder i den eksisterende bygning må tilstræbes optaget i fugerne. Fuge størrelserne må derfor vurderes i de enkelte tilfælde. I dette eksempel regnes med fuger på $12 \text{ mm} \pm 6 \text{ mm}$.

Lodret fuger

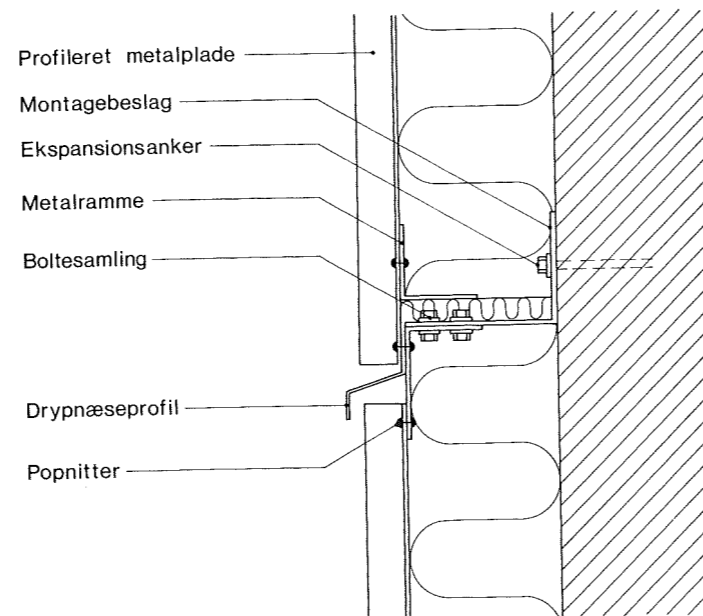
Montagefugerne skal tætnes for at undgå kuldebroer. Det vil være muligt at anvende enten en stopning med mineraluld eller en opskumning. Hvorvidt der anvendes ét-trins eller to-trins fugetætning, vil afhænge af, om samlingen sker i top eller bund af profileringen. Det skal dog bemærkes, at det bør tilstræbes, at der anvendes to-trins fugetætning. Hvis samlingen sker ud for top af profileringen, vil det være relativt enkelt at etablere en to-trins fugetætning, idet profileringen her vil kunne anvendes som trykudligningskammer som vist på figur 5.7. Ved samlinger ud for bund af profilering kan fugetætningen evt. foretages som vist på figur 5.8.



Figur 5.7. Fuge ud for top af profilering er vist som en to-trinstætning.



Figur 5.8. Fuge ud for bund af profilering er vist som en to-trinstætning, hvor de tilstødende profiler fungerer som trykudligningskamre.



Figur 5.9. Vandret fuger udføres med drypnæseprofil og pladeoverlæg i regnskærmen.

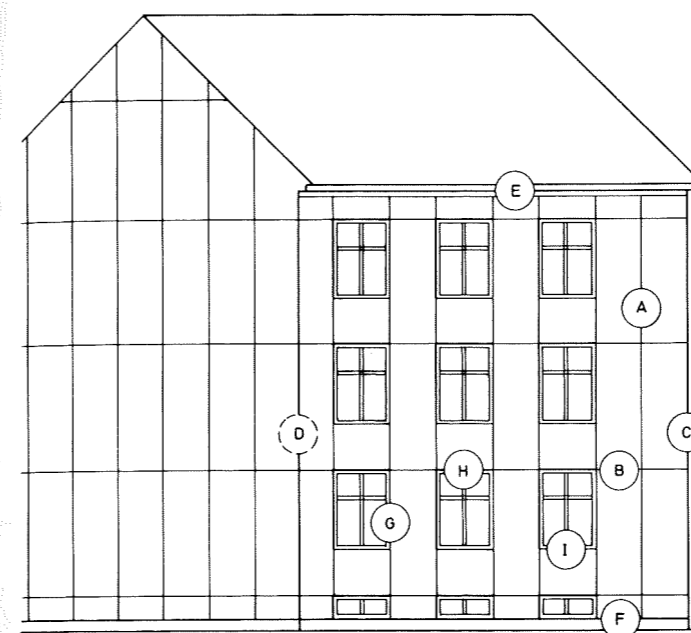
Vandret fuger

De vandrette fuger kan på en nem og relativt billig måde udføres ved hjælp af et drypnæseprofil og plade-overlæg i regnskærmen.

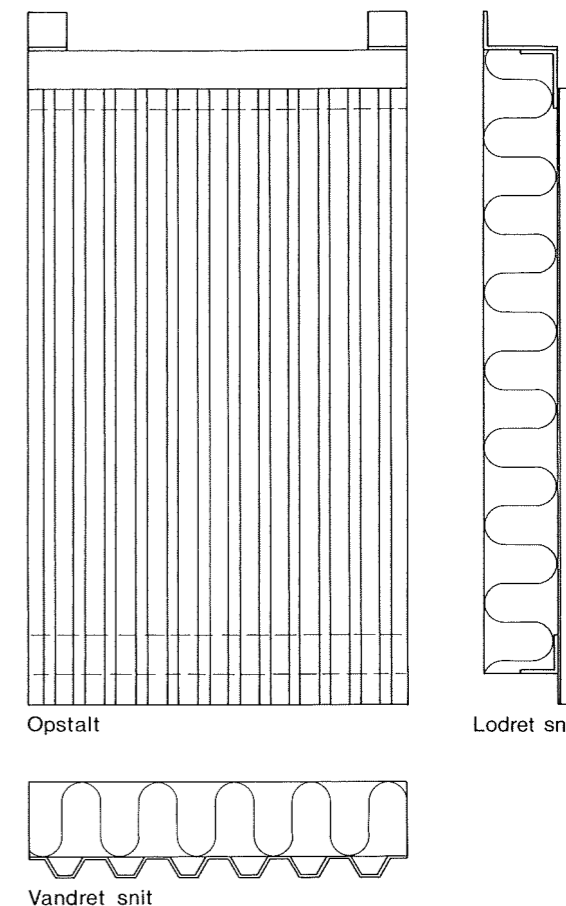
Øverste komponent kan fastkobles til nederste med selvskærende skruer, se figur 5.9.

Principdetaljer

I det følgende er en række af de mest almindelige samlingsdetaljer skitsemæssigt optegnet for at give et indtryk af de specielle problemer, der er forbundet med den beskrevne komponenttype.

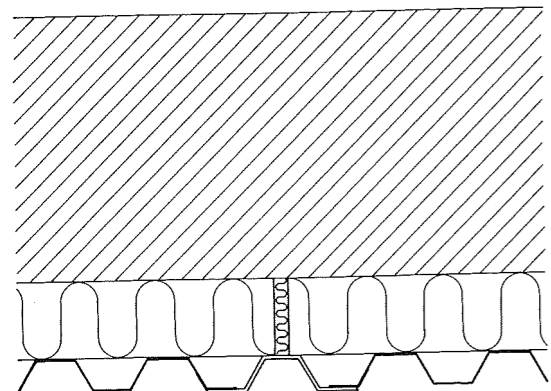


Figur 5.10. Oversigt over principdetaljer. A. Lodret samling. B. Vandret samling. C. Udadgående hjørne. D. Indadgående hjørne. E. Afslutning ved tag. F. Afslutning ved terræn. G. Afslutning ved vindue, lodret fuger. H. Afslutning over vindue. I. Afslutning under vindue.

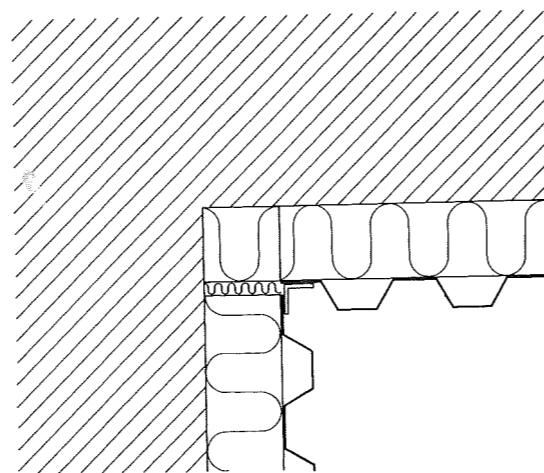


Figur 5.11. Komponenten er opbygget af en mineraluldsplade fastlimt til en profileret metalplade. Som afstivning af komponenten er anvendt et stålrigelssystem, som er fastholdt til pladen med skruer eller popnitter. Montage ved hjælp af beslag i top af komponent.

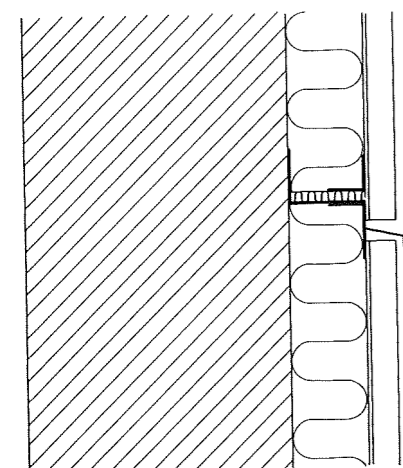
Samplingsdetaljerne på side 29-31 (markeret med en grå tone langs kanten) må ikke betragtes som generelt anvendelige detaljer, men som skitsemæssige forslag, der kan danne grundlag for udvikling af konkrete løsninger i samarbejde med kvalificerede arkitekter. Se i øvrigt omtalen af de arkitektoniske forhold side 4.



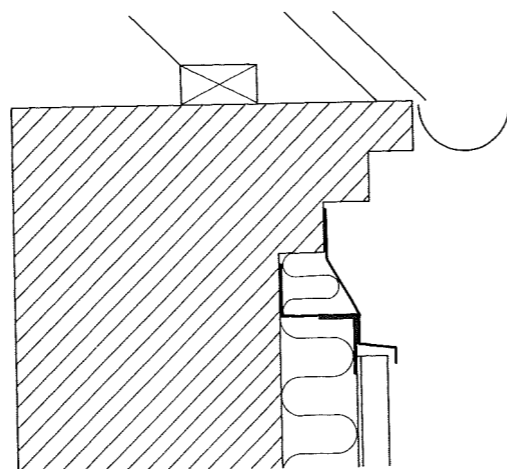
Detalje A: Lodret samling



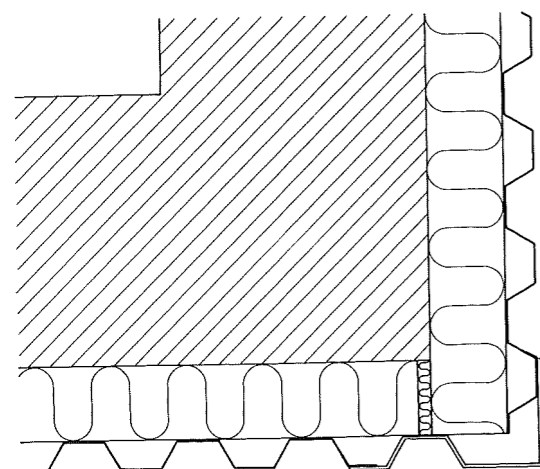
Detalje D: Indadgående hjørne



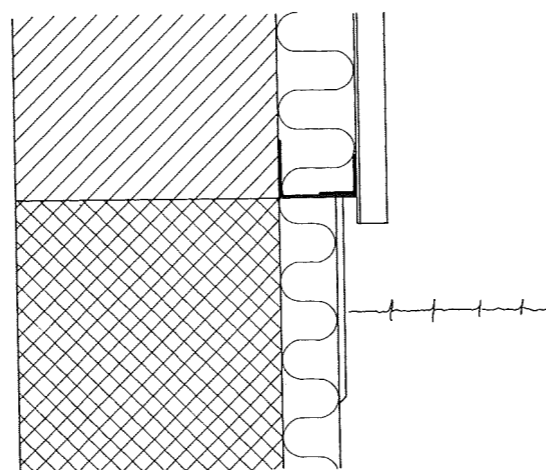
Detalje B: Vandret samling



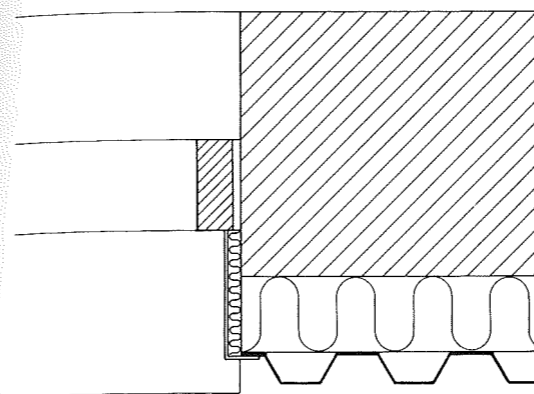
Detalje E: Afslutning ved tag



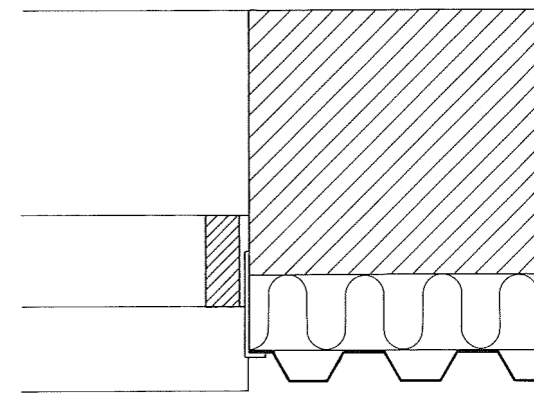
Detalje C: Udadgående hjørne



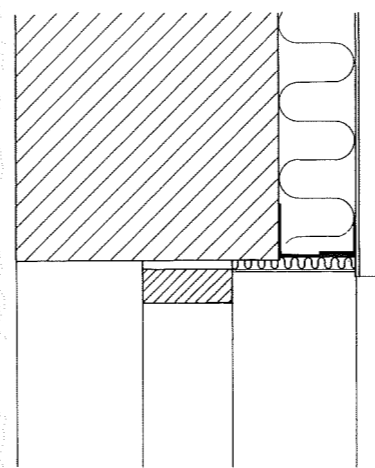
Detalje F: Afslutning ved terræn



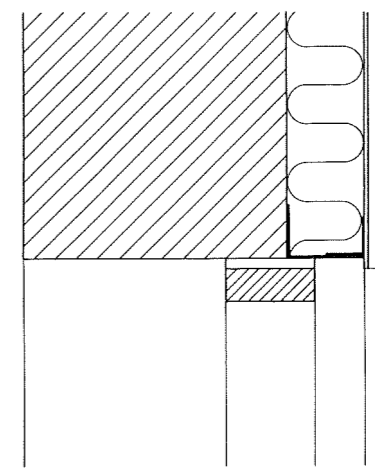
Detalje G1: Afslutning ved eksisterende vindue, lodret fuge



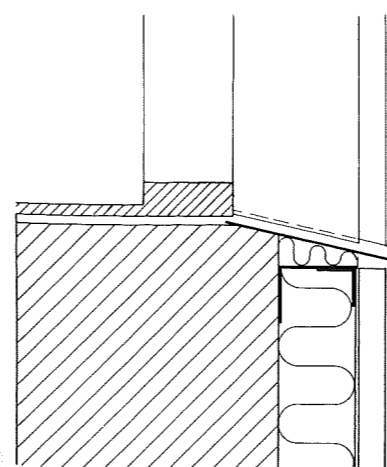
Detalje G2: Afslutning ved nyt vindue, lodret fuge



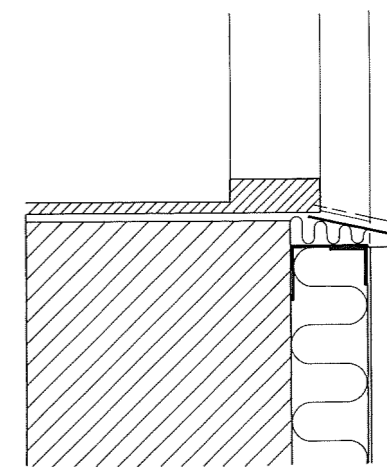
Detalje H1: Afslutning over eksisterende vindue



Detalje H2: Afslutning over nyt vindue



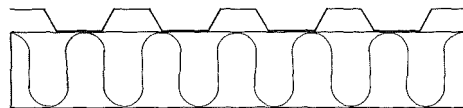
Detalje I1: Afslutning under eksisterende vindue



Detalje I2: Afslutning under nyt vindue

VURDERING AF YDEEVNE – CHECKSKEMA

Komponentopbygning: Metalbølgeplade
100 mm halvård mineraluld
Stålrigger

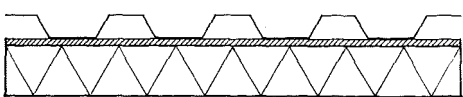


EGENSKAB					Dokumentation/Bemærkninger
	Ikke acceptabel	Acceptabel	God	Meget god	
1. Tæthed mod nedbør			X		To-trins fugeløsning
2. Lufttæthed		X	X		Der må regnes med nogen udluftning af isoleringen
3. Termisk isolation		X	X		$K_{total} \sim 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
4. Tæthed mod fugt i rumluft		X	X		
5. Lydisolation og lydabsorption		X	X		Ringe lydabsorptionsevne
6. Stabilitet		X	X		
7. Modstandsevne mod brand		X	X		
8. Ældningsbestandighed		X	X		Afhængig af materiale og overfladebehandling
9. Hygrotermisk stabilitet		X	X		Minimale fugtbetingede bevægelser
10. Indtryknings- og gennemlokningsstyrke	X	X	X		Ikke acceptabel ved terræn, altangange osv.
11. Robusthed	X	X	X		Som pkt. 10
12. Fastholdelsesevne		X	X		Forstærkning nødvendig i et vist omfang
13. Udseende		X	X		Pletreparationer vil ses
14. Sammenbyggelighed		X	X		
15. Transport- og monteringslethed		X	X		

Bemærkninger:
Komponenten forudsættes monteret med beslag i hjørnerne.

VURDERING AF YDEEVNE – CHECKSKEMA

Komponentopbygning: Metalbølgeplade
Klasse 1-beklædning
65 mm celleplast



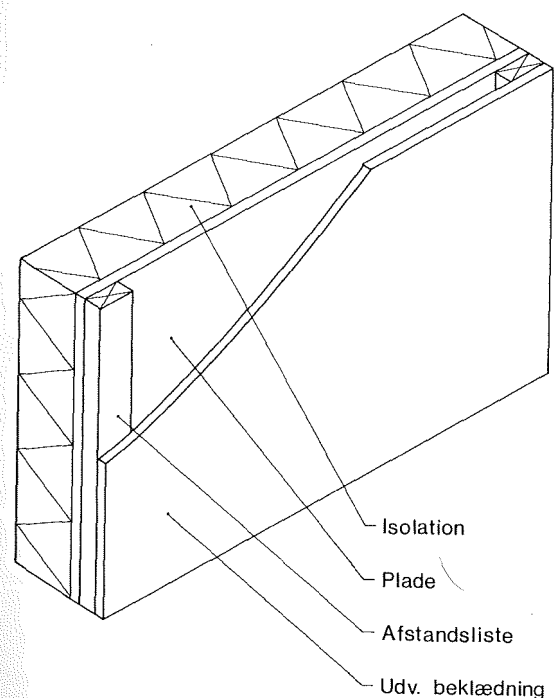
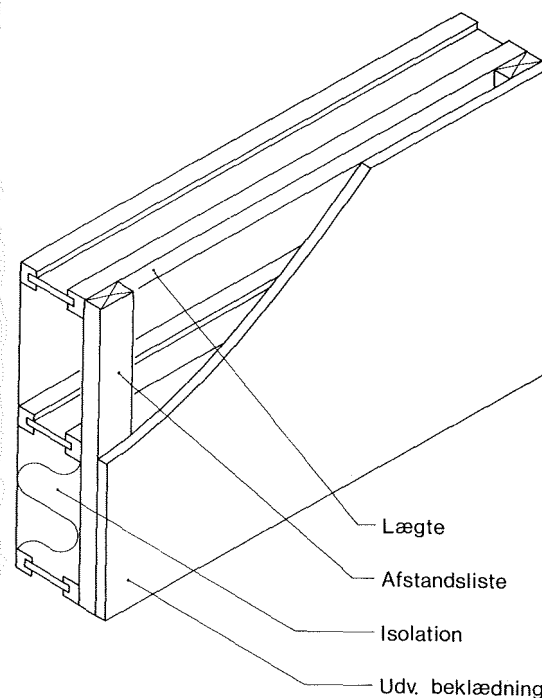
EGENSKAB					Dokumentation/Bemærkninger
	Ikke acceptabel	Acceptabel	God	Meget god	
1. Tæthed mod nedbør			X		
2. Lufttæthed		X	X		
3. Termisk isolation		X	X		$K_{total} \sim 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
4. Tæthed mod fugt i rumluft		X	X		Mindre fugtphobning kan formentlig forekomme
5. Lydisolation og lydabsorption		X	X		Ringe lydabsorptionsevne
6. Stabilitet		X	X		
7. Modstandsevne mod brand		X	X		Evt. F-bygningsdel 30 opdeling
8. Ældningsbestandighed		X	X		Afhængig af materiale og overfladebehandling
9. Hygrotermisk stabilitet		X	X		Afhængig af materialevalg
10. Indtryknings- og gennemlokningsstyrke	X	X	X		Ikke acceptabel ved terræn, altangange osv.
11. Robusthed	X	X	X		Som pkt. 10
12. Fastholdelsesevne		X	X		Forstærkning nødvendig i et vist omfang
13. Udseende		X	X		Pletreparationer vil ses
14. Sammenbyggelighed		X	X		
15. Transport- og monteringslethed		X	X		

Bemærkninger:
Komponenten forudsættes udført med en bærende klasse 1 afdækningsplade og med beslag til montering.

Ventilerede komponenter med plane plader (B)

Komponentopbygning

Komponenter med ventileret hulrum bag en plan overfladebeklædning kan som vist i figur 5.13 inddeles i to hovedgrupper afhængig af opbygningen:



Figur 5.13. De to hovedgrupper, hvori opbygningen af komponenter med plane plader kan opdeles.

a. Stivhed og styrke tilvejebringes gennem et lægtesystem afpasset behovet for understøtning af den udvendige pladebeklædning (normalt pr. 40 eller 60 cm).

Isoleringsmateriale af »blød« mineraluld.

b. Stivhed og styrke tilvejebringes gennem samvirke mellem et stift isoleringsmateriale og en beklædningsplade i tæt forbindelse med hinanden. Pladen danner underlag for afstandslister til fastgørelse af den udvendige beklædningsplade. Eventuelt skal pladen have fornøden styrke til, at montagebeslag kan fastgøres i den.

De brandtekniske krav til komponenten vil være opfyldt med eksempelvis en klasse 1-plade, hvor der anvendes celleplastisolering.

Princippet med isoleringsmateriale fastlimet til en plade må antages at være det mest fordelagtige såvel ud fra et produktionsmæssigt som et montage-mæssigt synspunkt.

Det er derfor valgt alene at beskrive dette princip i det følgende.

Produktionsmetode

Fremstillingen af komponenterne vil afhænge af, hvilket isoleringsmateriale, der anvendes. Ved komponenter med mineraluld som isoleringsmateriale vil produktionsforløbet være:

- pladerne, såvel den bærende som den udvendige beklædningsplade, skæres i den ønskede dimension.
- til den bærende plade fastgøres evt. ophængningsbeslag samt afstandslister, hvorefter den udvendige beklædningsplade fastgøres til afstandslisterne.

- på bagsiden af den bærende plade fastgøres den hårde mineraluldspade med lim, eventuelt kombineret med en mekanisk fastholdelse med strittere eller »isoleringstallerkener«.

Komponenter med celleplast kan fremstilles som nævnt for komponenter med mineraluld. Det vil dog også være muligt at fremstille komponenterne ved at opskumme direkte på bærelpladen. Derefter opbygges elementet som omtalt med afstandslister, ophængningsbeslag og udvendig beklædning.

Afstandslisterne bør være mindst 20 mm høje for at skabe det fornødne ventilerede hulrum. Afstanden mellem listerne og den anvendte dimension skal være i overensstemmelse med anvisningerne for montering af den udvendige beklædningsplade.

Materialer

I det følgende gennemgås de materialer, som vil kunne anvendes til opbygningen af den beskrevne isoleringskomponent. Behandlingen af de enkelte materialegrupper vil være af generel karakter, hvorfor der ikke vil blive foretaget en vurdering af de enkelte materials anvendelighed.

Regnskærm af plane plader

Følgende klasse A- og klasse B-materialer vil kunne anvendes:

Klasse A:

Krydsfiner (brandimprægneret), evt. med belægninger	6 mm
Cementbunden spånplade med overfladebehandling	10 mm
Asbestcementplader	6 mm
Asbestcementplader med silikatoverflade	3,2 mm
Glasfiberarmeret polyesterplade	6 mm
Højtryksplastlaminatplade	4,5 mm
Glasfiberarmeret beton	
Sammenpløjede brædder (brandimprægnerede)	21 mm
Plane metalplader.	

Klasse B:

Krydsfiner, evt. med belægninger	9,0 mm
Sammenpløjede brædder (trykimpregnerede)	15 mm

Beslag og rigler m.m.

Afstandslisters bør være af trykimpregneret træ eller andet bestandigt materiale og være fastgjort forsvarligt til den inderste plade med varmgalvaniserede skrue eller tilsvarende. Den udvendige beklædning skal monteres og fastgøres efter fabrikantens anvisninger.

Fastgørelsesmidlerne skal vælges under hensyntagen også til den eksisterende konstruktion (murværk, gasbeton, beton osv.) og udtræks- og forskydningsstyrker skal kunne dokumenteres ved prøveattester.

Montage

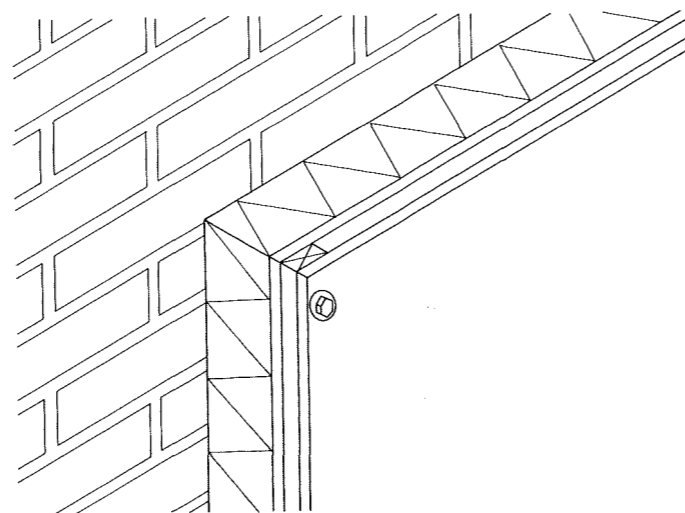
Fastgørelsen til den eksisterende facade kan udføres som en kombination af en klæbning og en mekanisk fastgørelse eller en mekanisk fastgørelse alene. Den mekaniske fastgørelse kan udføres enten med beslag eller ved fastgørelse med bolte igennem hele komponenten. Vægt og dimension af en isoleringskomponent, som kan være afgørende for valg af montagesystem, vil afhænge af hvilke materialer, der anvendes.

Hvis komponenten skal kunne monteres af 2 mand uden løftegrej, må vægten ikke overstige 35–40 kg. Afhængig af hvilke materialer, komponenten opbygges af, vil det svare til en komponentstørrelse på 1–2 m².

Montage med indborede bolte

Isoleringskomponenter kan også monteres med indborede bolte som vist i figur 5.14. Den mest hensigtsmæssige placering af bolte vil være gennem afstandslisterne.

Som tidligere nævnt vil det være muligt at kombinere den mekaniske fastgørelse med en klæbning. Før en klæbning udføres, må det eftervises, at der kan etableres en forsvarlig vedhæftning.



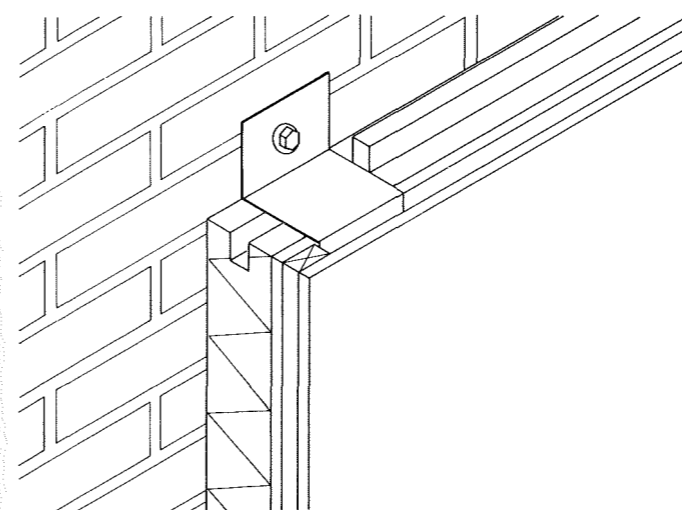
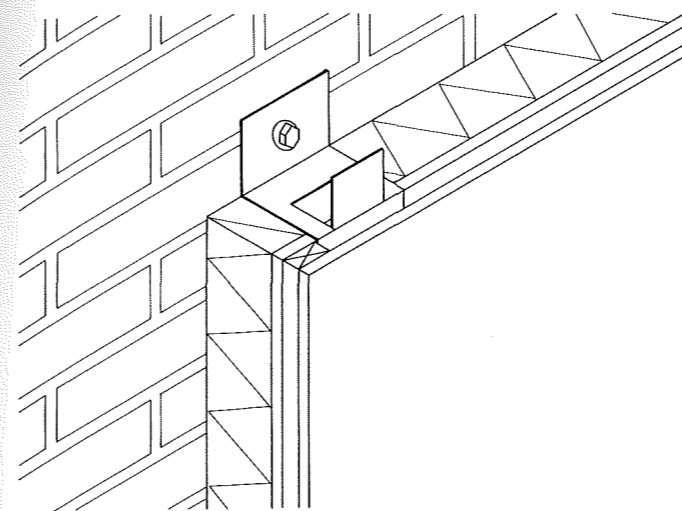
Figur 5.14. Fastgørelse af komponenter ved hjælp af bolte gennem afstandslisters.

Klasse 1-beklædning til afdækning af isolation

Følgende materialer vil kunne anvendes:

Krydsfiner (brandimprægneret)	9,0 mm
Cementbunden spånplade	10,0 mm
Træbetonplade	25,0 mm
Gipsplade	10,0 mm
Asbestcement	8,0 mm
Celluloseplastfibercement	8,0 mm

Ved valg af plademateriale skal der tages hensyn til pladens dimensionsændringer ved hygrotermiske påvirkninger og til pladens vanddampdiffusionsmodstand. Styrkemæssigt skal pladen gerne kunne anvendes til fastgørelse af den udvendige beklædning samt eventuelle ophængningsbeslag. Sidstnævnte forhold betyder, at træbetonplader, gipsplader og formentlig også asbestcement ikke kan anvendes uden særlige foranstaltninger.



Figur 5.15. Fastgørelse af komponenter ved hjælp af beslag.

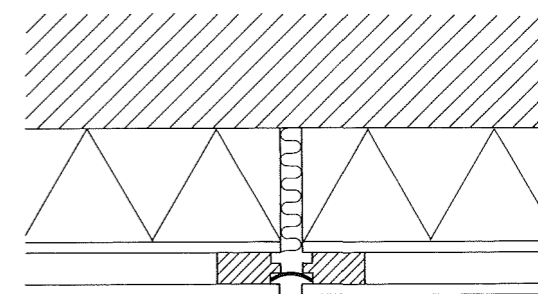
Montage med beslag

Komponenterne kan ophænges i beslag, som er monteret på den inderste plade. De udstansede flige bukes op, før næste komponent monteres (Figur 5.15 øverst). Dette montageprincip, hvor komponenten fastholdes i bunden med flige og ventilationsspalten, kræver, at den anvendte plade kan optage belastningerne fra vind og egenvægt. En variant af dette montageprincip kan være en sløjfesamling i isoleringsmaterialet (Figur 5.15 nederst).

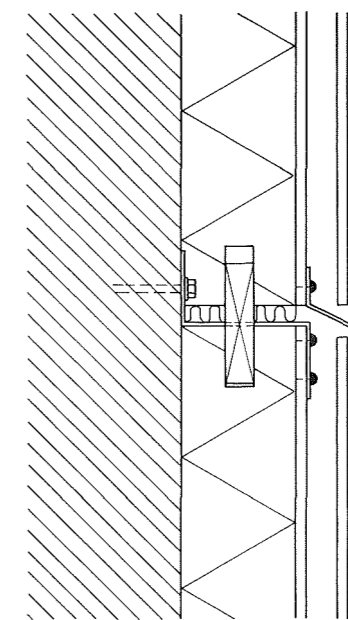
Ved denne løsning må det dokumenteres, at der ikke forekommer blivende deformationer i isoleringsmaterialet som følge af bevægelser stammende fra vindpåvirkning.

Fugeløsning og målafvigelser

Fugerne må udformes, så de er i stand til at optage de målafvigelser, som stammer fra såvel fremstilling som montage af komponenterne samt unøjagtigheder i facaden. Fugerne skal derfor udformes til at optage afvigelser af en givet størrelse.



Figur 5.16. Lodret fuger mellem komponenter med plane plader.



Figur 5.17. Vandret fuger mellem komponenter med plane plader.

I dette eksempel regnes der med fuger på 12 mm ± 6 mm.

Lodret fuger

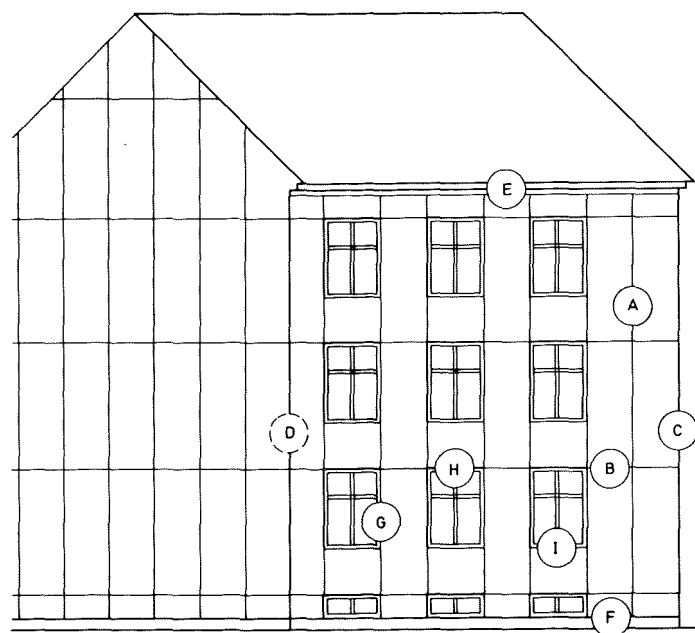
Den lodrette fuger vil kunne udføres som vist på figur 5.16. Tætning kan udføres enten som en stopning med mineraluld eller en opskumning. Den udvendige tætning udføres med neoprenfugebånd monteret mellem komponenterne i en not. Ved at udføre tætningen ud fra det beskrevne princip opnås en to-trins tætning.

Vandret fuger

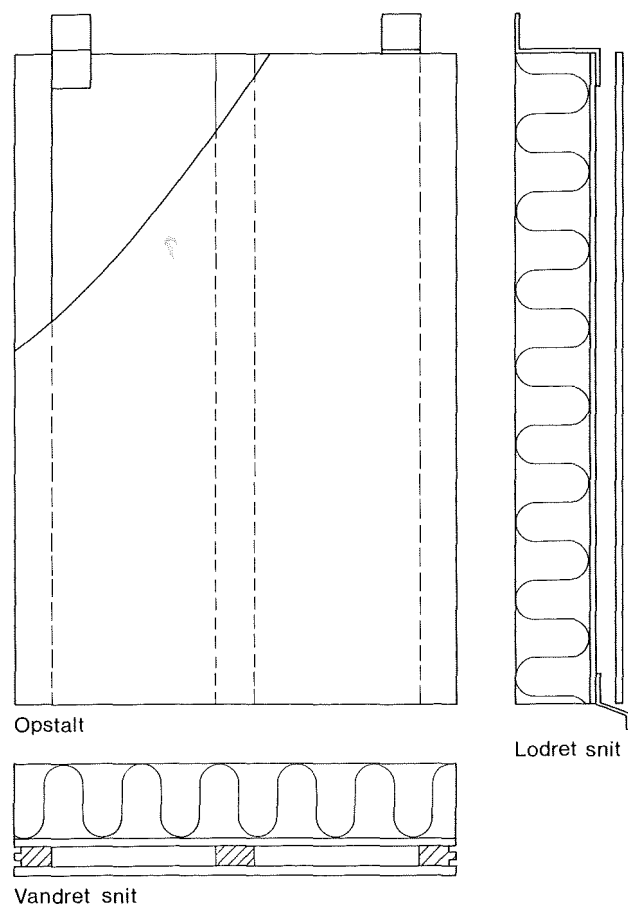
Den vandrette fuger udføres med et drypnæseprofil som vist på figur 5.17. Tætningen mellem komponenterne kan udføres som en stopning med mineraluld. Det skal ved montagen af drypnæseprofil sikres, at komponenten er tilstrækkeligt ventileret.

Principdetaljer

I det følgende er en række af de mest almindelige samlingsdetaljer skitse-mæssigt optegnet for at give et indtryk af de specielle problemer, der er forbundet med den beskrevne komponenttype.

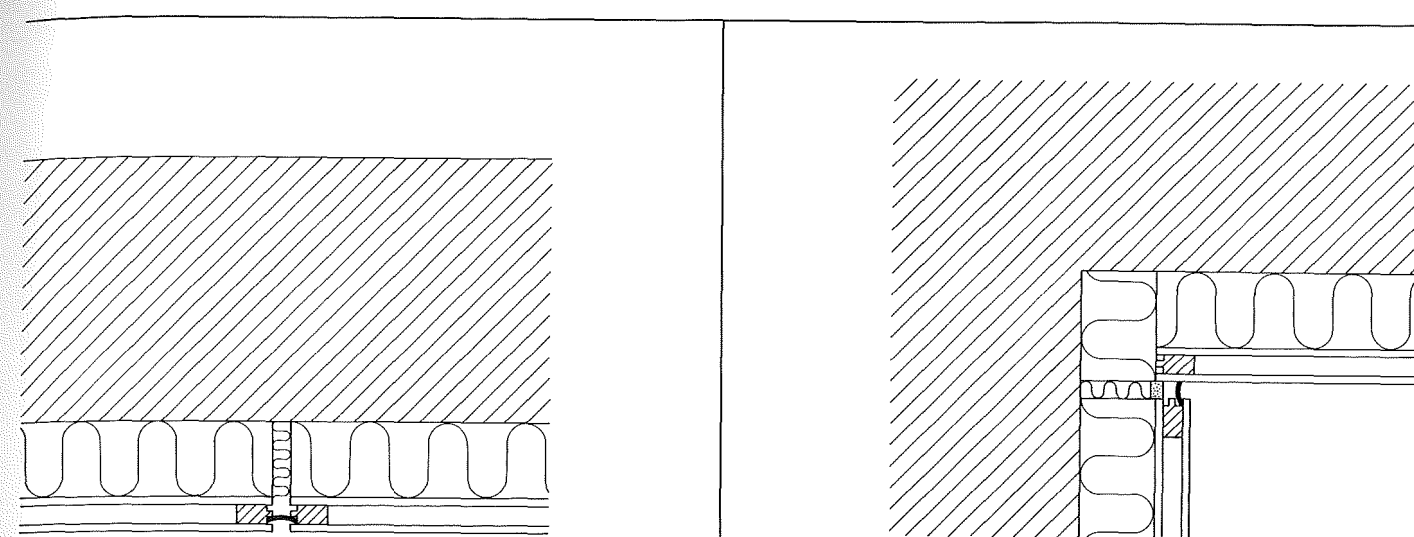


Figur 5.18. Oversigt over principdetaljer. A. Lodret samling. B. Vandret samling. C. Udadgående hjørne. D. Indadgående hjørne. E. Afslutning ved tag. F. Afslutning ved terræn. G. Afslutning ved vindue, lodret fuge. H. Afslutning over vindue. I. Afslutning under vindue.

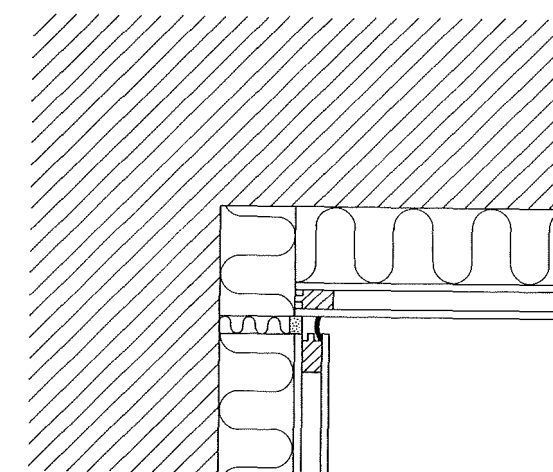


Figur 5.19. Komponenten er opbygget på en bærelade, hvorpå afstandslister og udvendig beklædning samt isoleringsmateriale er monteret. Montage via beslag i top af komponent.

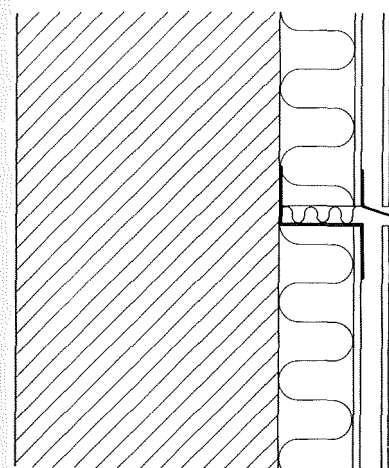
Samlingsdetaljerne på side 36-38 (markeret med en grå tone langs kanten) må ikke betragtes som generelt anvendelige detaljer, men som skitse-mæssige forslag, der kan danne grundlag for udvikling af konkrete løsninger i samarbejde med kvalificerede arkitekter. Se i øvrigt omtalen af de arkitektoniske forhold side 4.



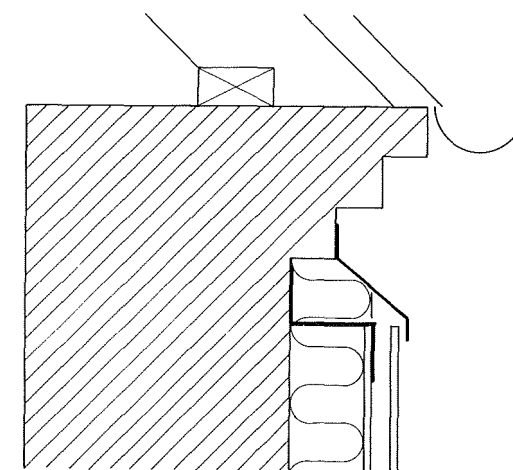
Detalje A: Lodret samling



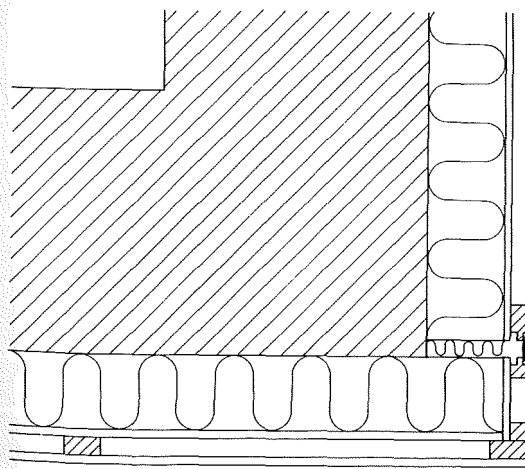
Detalje D: Indadgående hjørne



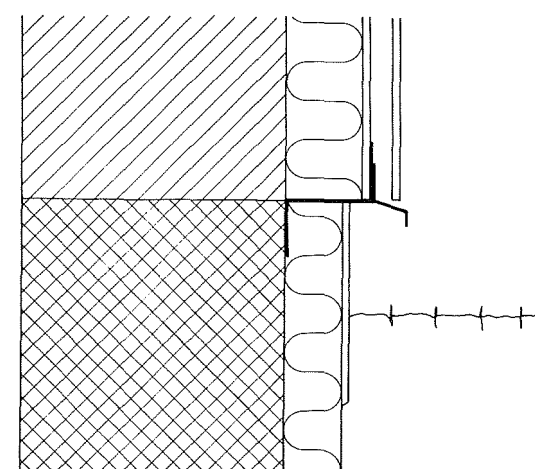
Detalje B: Vandret samling



Detalje E: Afslutning ved tag

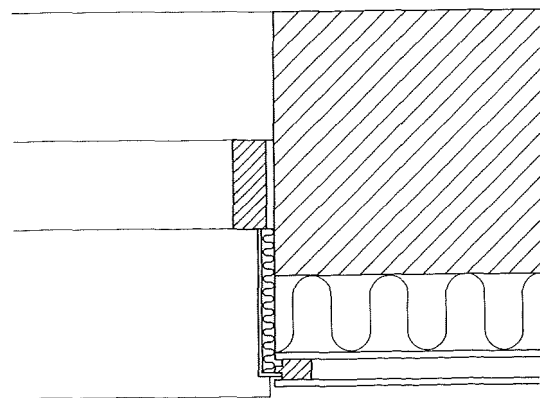


Detalje C: Udadgående hjørne

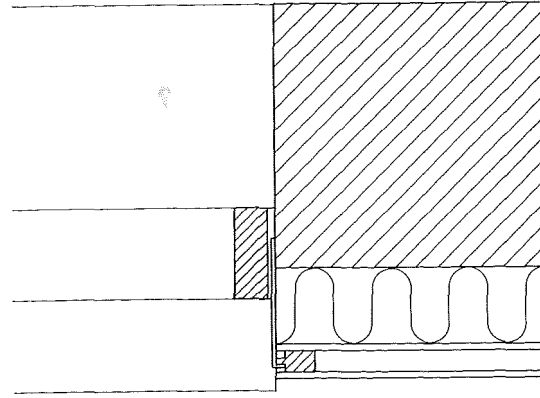


Detalje F: Afslutning ved terræn

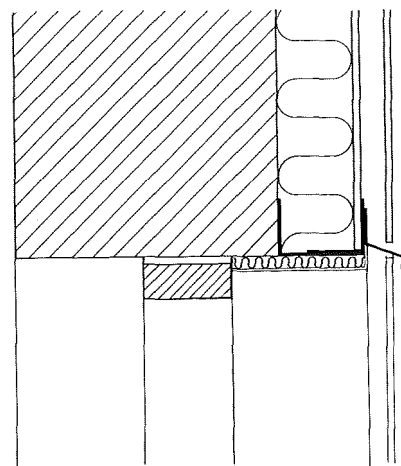
Figur 5.20. Typiske samlingsdetaljer ved anvendelse af plane beklædningsplader (A-I). (Fortsættes).



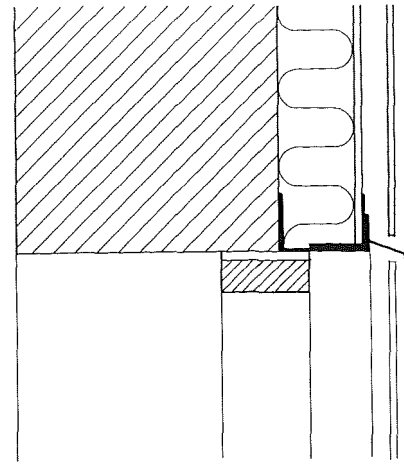
Detalje G1: Afslutning ved eksisterende vindue, lodret fuge



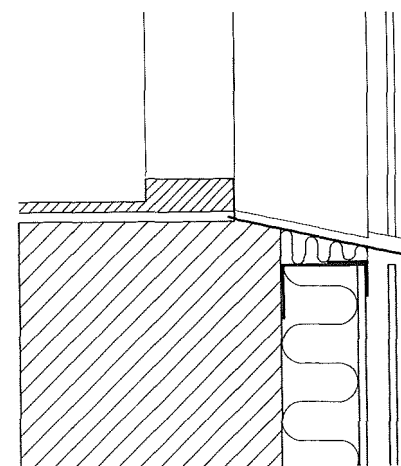
Detalje G2: Afslutning ved nyt vindue, lodret fuge



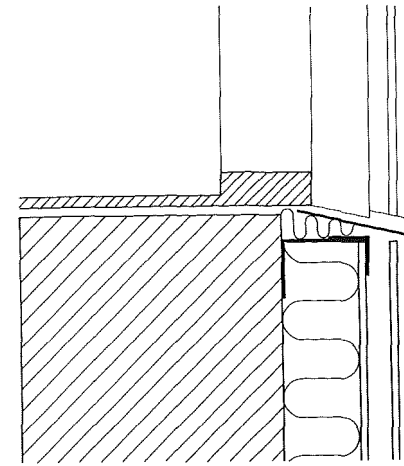
Detalje H1: Afslutning over eksisterende vindue



Detalje H2: Afslutning over nyt vindue



Detalje I1: Afslutning under eksisterende vindue

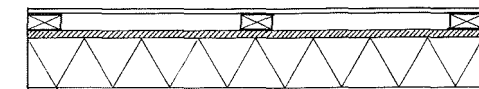


Detalje I2: Afslutning under nyt vindue

Figur 5.20 (fortsat). Typiske samlingsdetaljer ved anvendelse af plane beklædningsplader (A-I).

VURDERING AF YDEEVNE - CHECKSKEMA

Komponentopbygning: Beklædningsplade, klasse A
Afstandslister
Klasse 1 afdækningsplade
65 mm celleplast



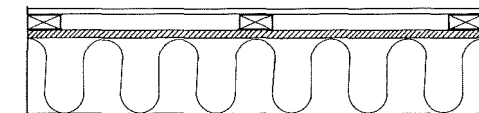
EGENSKAB					Dokumentation/Bemærkninger
	Ikke acceptabel	Acceptabel	God	Meget god	
1. Tæthed mod nedbør					
2. Lufttæthed					
3. Termisk isolation					$K_{total} \sim 0,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$
4. Tæthed mod fugt i rumluft					Mindre fugtophobning kan forekomme
5. Lydisolation og lydabsorption					Afhængig af materialevalg
6. Stabilitet					
7. Modstandsevne mod brand					Evt. F-bygningsdel 30 opdeling
8. Ældningsbestandighed					Afhængig af materialer og overfladebehandling
9. Hygrotermisk stabilitet					Afhængig af materialevalg
10. Indtryknings- og gennemlokningsstyrke					Ikke acceptabel ved terræn, dog afhængig af bekl.materiale
11. Robusthed					Som pkt. 10
12. Fastholdelsesevne					Forstærkning nødvendig i et vist omfang
13. Udseende					Afhængig af materialevalg
14. Sammenbyggelighed					
15. Transport- og monteringslethed					Små komponenter pga. relativ stor vægt

Bemærkninger:

Komponenten forudsættes udført med bærende klasse 1 afdækningsplade klæbet til isolationen og med beslag til montering.

VURDERING AF YDEEVNE - CHECKSKEMA

Komponentopbygning: Beklædningsplade, klasse A.
Afstandslister
Klasse A beklædning
100 mm stiv mineraluld



EGENSKAB					Dokumentation/Bemærkninger
	Ikke acceptabel	Acceptabel	God	Meget god	
1. Tæthed mod nedbør					
2. Lufttæthed					
3. Termisk isolation					$K_{total} \sim 0,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$
4. Tæthed mod fugt i rumluft					
5. Lydisolation og lydabsorption					
6. Stabilitet					
7. Modstandsevne mod brand					
8. Ældningsbestandighed					Afhængig af plademateriale
9. Hygrotermisk stabilitet					Afhængig af plademateriale
10. Indtryknings- og gennemlokningsstyrke					Ikke acceptabel ved terræn, dog afhængig af bekl.materiale
11. Robusthed					Som pkt. 10
12. Fastholdelsesevne					Forstærkning nødvendig i et vist omfang
13. Udseende					
14. Sammenbyggelighed					
15. Transport- og monteringslethed					Små komponenter pga. relativ stor vægt

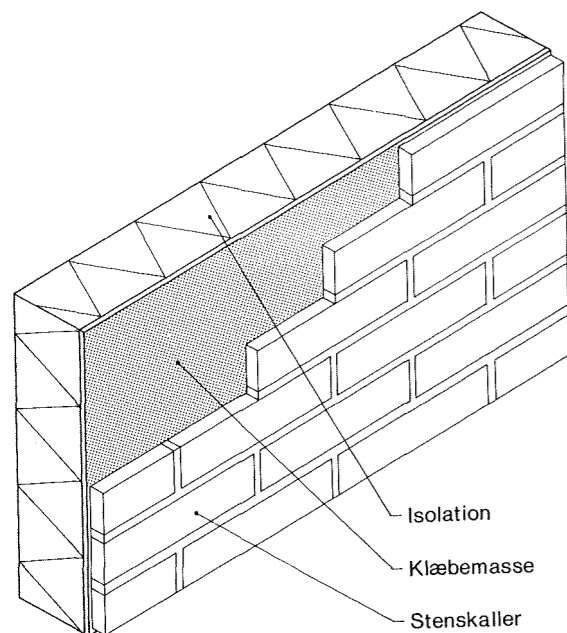
Bemærkninger:

Komponenten forudsættes udført med bærende klasse A beklædningsplade klæbet til isolationen og med beslag til montering.

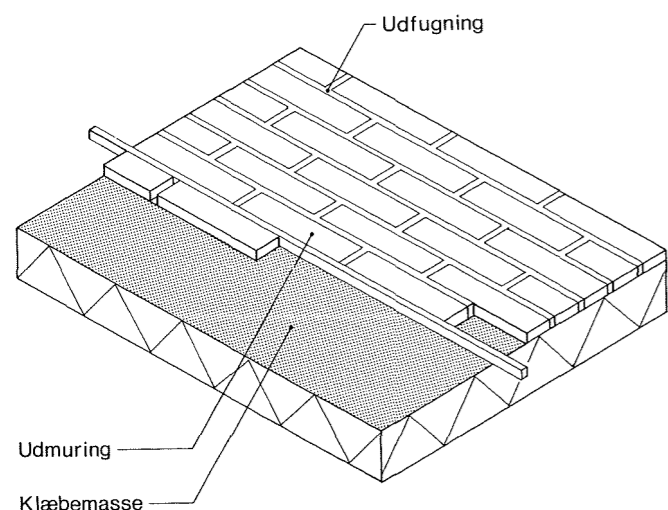
Komponenter med murstensbeklædning (C)

Komponentopbygning

Komponenterne er opbygget af en stiv isoleringsplade, hvorpå der klæbes en murstensbeklædning. Efter opsætningen af komponenterne udfuges ved vinduer/døre/gesims og i komponentsamlingerne. Afhængig af hvilke materialer, der sammensættes, kan det vise sig nødvendigt at anvende specielle detaljløsninger for at opfylde brandkravene samt sikre en lang holdbarhed, se figur 5.21.



Figur 5.21. Principiel opbygning af komponent med murstensbeklædning (C1).



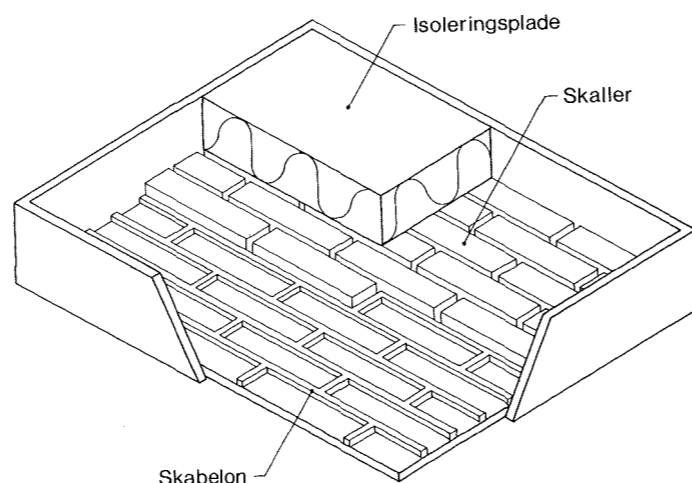
Figur 5.22. Udlægning af murstensskaller oven på isoleringsmateriale (C2).

Produktionsmetode

Der findes flere metoder til fremstilling af komponenterne. Den mest anvendte metode er at udlægge stenskallerne manuelt i forbandt på isoleringspladen, hvorefter der fuges enten på traditionel måde eller ved at mørtlen ilægges med sprøjte og komprimeres med fugeske, se figur 5.22. Denne fremstillingsmetode er ret tidskrævende. Den benyttes sandsynligvis kun, fordi produktionsmængden endnu ikke er af en størrelse, som gør det muligt at investere i udvikling og fremstilling af maskiner. En mere rationel fremstilling af komponenterne er vist på figurerne 5.23 og 5.24.

Stenskaller lag i skabelon

Der fremstilles en form bestående af en bund præget med det ønskede forbandt. Stenskallerne udlægges med forsiden mod formens bund, fugemørtlen udlægges mellem stenskallerne. Der udlægges klæbemasse og isoleringspladen fasttrykkes heri, formen vendes, fugerne komprimeres eventuelt, og komponenten henlægges til tørring/lagring, se figur 5.23.

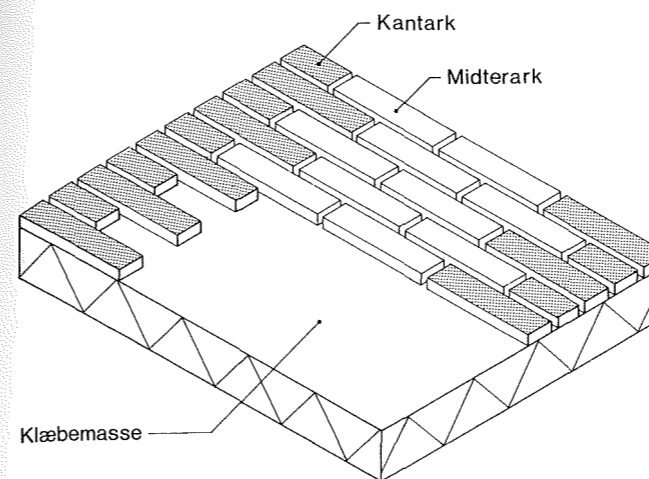


Figur 5.23. Murstensskaller udlægges i bund af form (C3).

Opklæbede stenskaller

Denne metode forudsætter at stenskallerne i forvejen er fastlimet på ark som ved mosaikstifter. Dette har den fordel, at arkene kan fremstilles i standardstørrelser og senere »klippes« sammen til forskellige komponentstørrelser. Stenarkene udlægges på isoleringspladen i klæbemasse, fugemørtlen ilægges med sprøjte og komprimeres med fugejern, se figur 5.24.

Den væsentligste forskel ved metoden skitseret i figur 5.23 og 5.24 er, bortset fra fremstillingsmetoderne, at eventuelle uregelmæssigheder i stenskallerne, dvs. forskellige tykkelser og skævheder ved figur 5.23 udlignes i klæbemassen, hvorimod uregelmæssighederne vil medføre ujævnheder i overfladen af komponenten ved figur 5.24.



Figur 5.24. Murstensskaller oplægges oven på isoleringspladen i en klæbemasse (C4).

Ud fra erfaringer med teglkomponentproduktion til nybyggeri må det formodes, at en tilstrækkelig komprimering af fugen kan foretages i forbindelse med udstøbningen, figur 5.23. En komprimering med fugejern og en glitning af fugeoverfladen er nødvendig, hvis metoderne i figur 5.22 og 5.24 anvendes.

En variant af de nævnte metoder er en metode, der er baseret på anvendelse af meget tynde kalksandstensskaller uden udfugning. Overfladen fremtræder med ca. 10 mm dybe tilbageliggende fuger. Skallerne klæbes direkte på en isoleringsplade med et fiberarmeret pudslag.

Materialer

I det følgende omtales materialer, som kan tænkes anvendt i en komponenttype som beskrevet ovenfor. Omtalen af de enkelte materialer er af generel karakter og skal betragtes som rettesnor for hvilke materialer, der kan benyttes i komponentopbygningen.

Isolation

Mineraluld
Celleplast
Skumglas

Som tidligere nævnt er isolationen den bærende del af elementet, hvorfor isoleringspladen må besidde den nødvendige styrke, som kræves af hensyn til lagring, transport og montage.

Isolationens brandegenskaber må bedømmes ved praktiske forsøg, hvor det er hele komponenten og ikke isoleringsmaterialet alene, der er afgørende.

De ovennævnte 3 typer isoleringsmaterialer kan kombineres således, at eksempelvis celleplast og mineraluld sammenlimes til en enhed og på denne måde opfylder kravene til styrke/stivhed, vægt, brandmodstand etc.

Klæbemidler

Polypropylenfiberarmeret mørtel
Glasfiberarmeret mørtel
Fliseklæbere

Klæbemidlet skal foruden at kunne fastholde stenskallerne, også kunne udfylde ujævnheder/skævheder ved stenskallerne. Klæbemidlet kan altså forekomme i relativt tykke lag, hvilket stiller store krav til klæbemidlets dampdiffusionsåbenhed.

Stenskaller

Stenskaller af tegl og kalksandsten findes i dag på markedet i et stort udbud af farver og overflader. I princippet kan også andre sten- og cementbundne materialer i forskellige former benyttes.

Skallerne skal være robuste, eller de skal være klæbet på en isoleringsplade, som sikrer, at komponentens overflade er modstandsdygtig over for eventuelle mekaniske påvirkninger.

På særligt udsatte steder kan der være tale om at anvende stenskaller i en større tykkelse end normalt.

Fugematerialer

Mørteltype KC 50/50/750 har været anvendt gennem årtier og forventes at besidde de egenskaber, der kan forlanges af fugematerialet.

Ved forsøg foretaget af Kalk- og Teglværkslaboratoriet har det vist sig, at for at sikre holdbarhed af fugerne, er det vigtigt, at der sker en omhyggelig komprimering.

Behov for yderligere undersøgelser

Det er vigtigt at understrege, at erfaringsgrundlaget for anvendelse af de her beskrevne isoleringsprincipper er begrænset.

Langtidsholdbarheden for klæbningen mellem skaller og isoleringsmateriale kan ikke med sikkerhed vurderes. Påtænkes komponenterne opsat på højt byggeri i bymæssig bebyggelse, er det nødvendigt med yderligere undersøgelser af dette punkt.

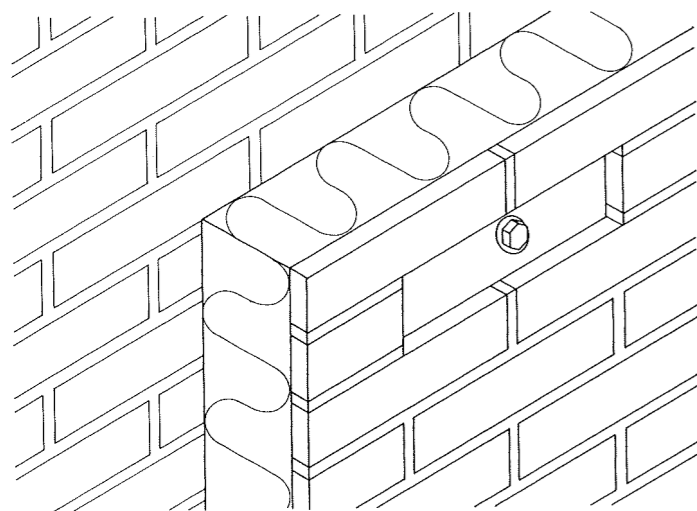
De brandtekniske forhold er på nuværende tidspunkt heller ikke tilstrækkeligt belyst i form af MK-godkendelser eller prøvningsattester.

Montage

Hvis komponenten skal kunne monteres af 2 mand uden løftegrej, må vægten ikke overstige 35-40 kg, hvilket medfører en størrelse på ca. 0,7 m². Komponenterne fastholdes dels mekanisk og dels ved klæbning til facaden. Den mekaniske fastgørelse kan principielt udføres på 2 måder, enten ved fastgørelse gennem isoleringspladen eller ved fastgørelse i komponentsamlingerne.

Fastgørelse gennem isoleringspladen

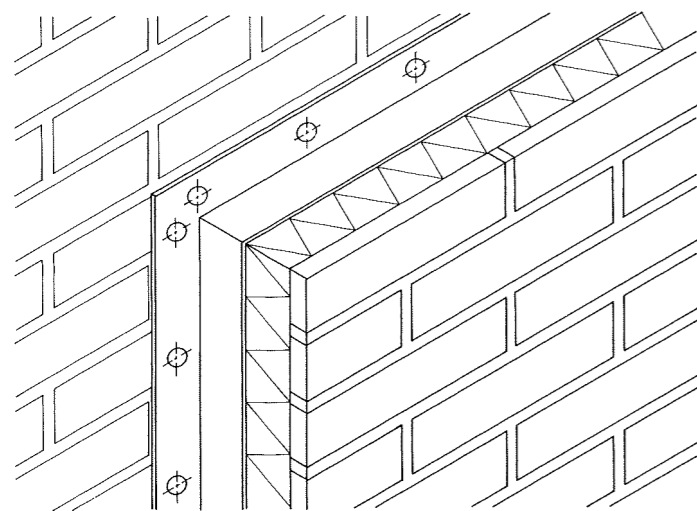
Ved denne metode fremstilles komponenterne med »huller«, dvs. stenskallerne udelades ud for fastgørelsen. Efter opsætningen påklæbes skaller hvor den mekaniske fastgørelse er placeret, og der fuges med fugemørtel, se figur 5.25.



Figur 5.25. Fastgørelsesbeslag skjules bag murstensskaller (C5).

Fastgørelse i komponentsamlingerne

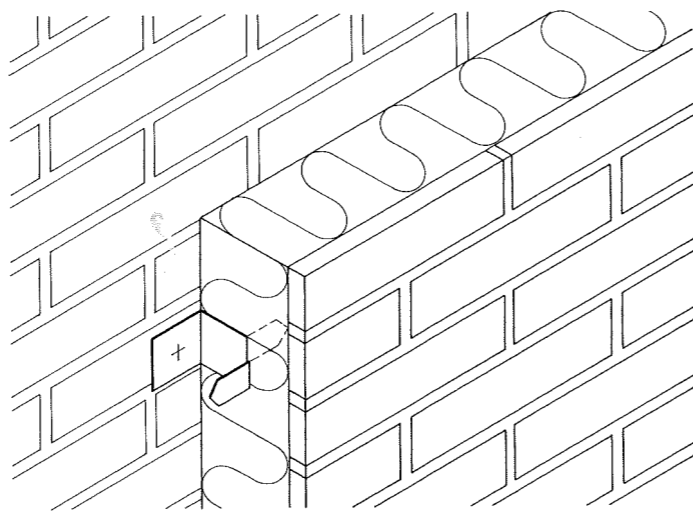
Komponenterne »ophænges« i kantskinner, som tænkes udført af korrosionsfast materiale som plast/aluminium/varmforzinket stål, se figur 5.26. Kantskinne kan udføres med udstansede flige, således at de tilstødende komponenter fastholdes. Monteringsforslagene i figur 5.25 og figur 5.26 sigter specielt på komponenter, der opsættes med åbne fuger.



Figur 5.26. Fastgørelse af komponenter i kantskinner (C6).

Fastgørelse med løse beslag

I tilfælde, hvor det er muligt/ønskeligt at montere komponenterne med knasfuge, sker det med løse beslag, se figur 5.27. Her overføres vægten af komponenterne til fundamentet, hvilket stiller større styrkekrav til de nederste komponenter.



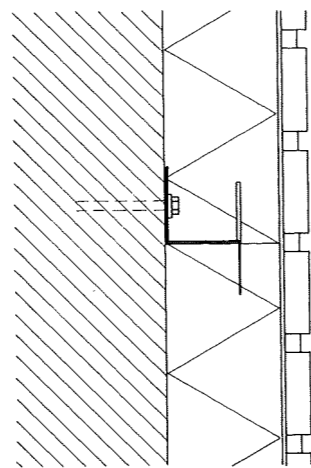
Figur 5.27. Fastgørelse af komponenter med løse beslag, når belastning kan overføres til fundament (C7).

Fugeløsninger og målafvigelser

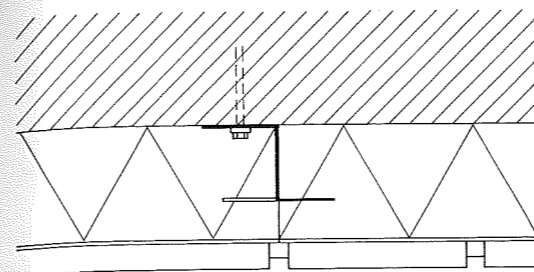
For komponenter med stenskaller gælder, at det er muligt at udføre fugen mellem komponenterne af mørtel og i bredder, der svarer til almindeligt murværk. Hermed kan der opnås større, ensartede og sammenhængende overflader, hvis fugerne udformes, så de kan optage de forekommende målafvigelser.

Knasfuge

Som nævnt under fastgørelse i komponentsamlinger kan det i enkelte tilfælde være muligt at udføre knasfuger mellem komponenterne som vist i figur 5.28 og 5.29. Denne fugeløsning kan kun anvendes, hvor der er ringe krav til afslutningerne og deres nøjagtighed. Skævheder/unøjagtigheder i komponenterne eller den eksisterende bygning vil summeres og give skævheder i stenforbandtet eller utætte fuger (kuldebroer) i isoleringen.



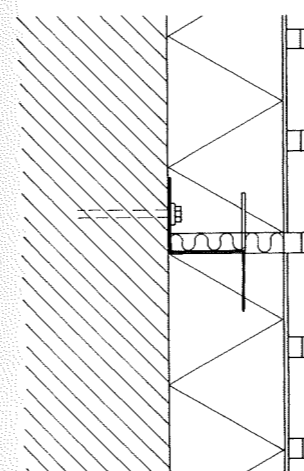
Figur 5.28. Vandret samling med anvendelse af knasfuge (C8).



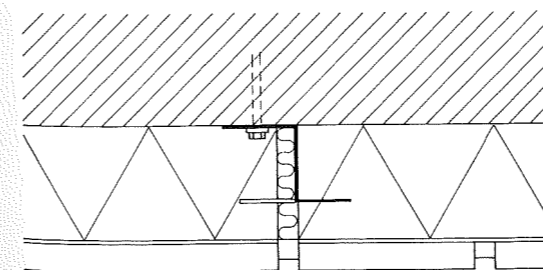
Figur 5.29. Lodret samling med anvendelse af knasfuge (C9).

Åben fuge

Denne fugeløsning, som er vist i figur 5.30 og 5.31, giver mulighed for justering af de enkelte komponenter, således at der opnås en fuge på $12 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$. Hvor det er ønskeligt at anvende fuger der overskrider den almindelige fugetykkelse med 3 mm og derudover må det overvejes om fugen skal øges til fx $15\text{--}20 \text{ mm} \pm 6 \text{ mm}$. I så tilfælde bør det overvejes at anvende nye forbandter/stenformater eller en speciel inddeling af facaden. Fugen kan »stoppes« ved at indlægge en mineraluldsfugestrimmel eller ved opskumning.



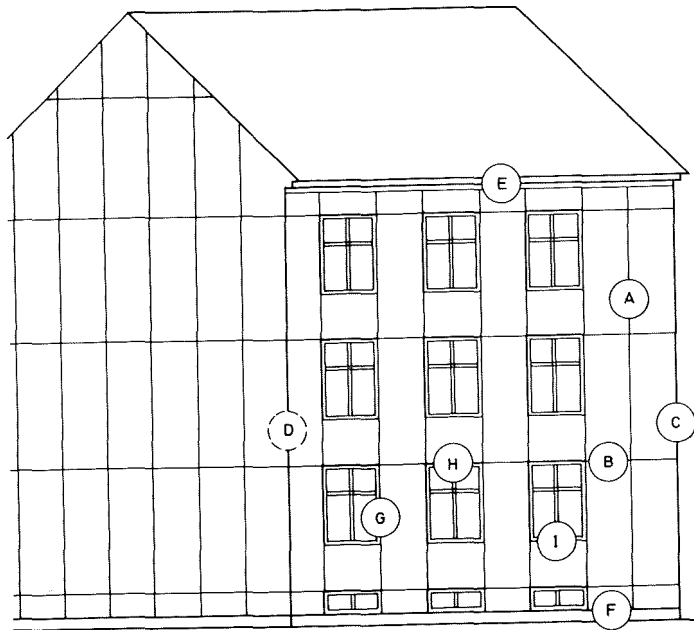
Figur 5.30. Vandret samling med åben fuge (C10).



Figur 5.31. Lodret samling med åben fuge (C11).

Principdetaljer

Det følgende er en række af de mest almindelige samlingsdetaljer skitse-mæssigt optegnet for at give et indtryk af de specielle problemer, der er forbundet med den beskrevne komponenttype.

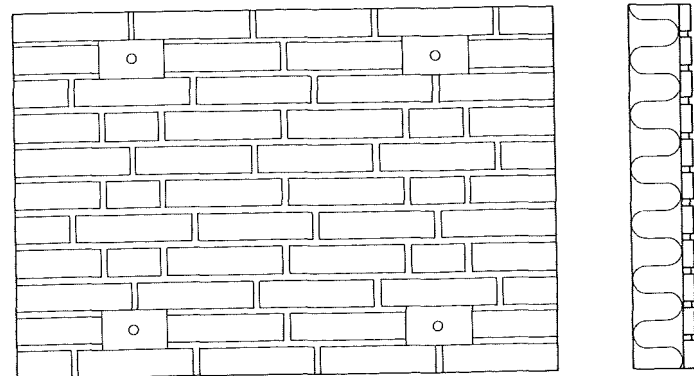


Figur 5.32. Oversigt over principdetaljer. A. Lodret samling. B. Vandret samling. C. Udadgående hjørne. D. Indadgående hjørne. E. Afslutning ved tag. F. Afslutning ved terræn. G. Afslutning ved vindue, lodret fuge. H. Afslutning over vindue. I. Afslutning under vindue.

Beskrivelse af komponenter

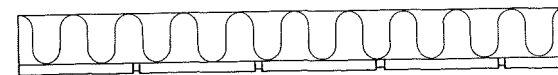
Med mineraluld

Stiv mineraluldsplade med påklæbte stenskaller der fuges med mørtel. Komponenterne udføres med montagehuller gennem isoleringspladen, se figur 5.33.



Opstalt

Lodret snit

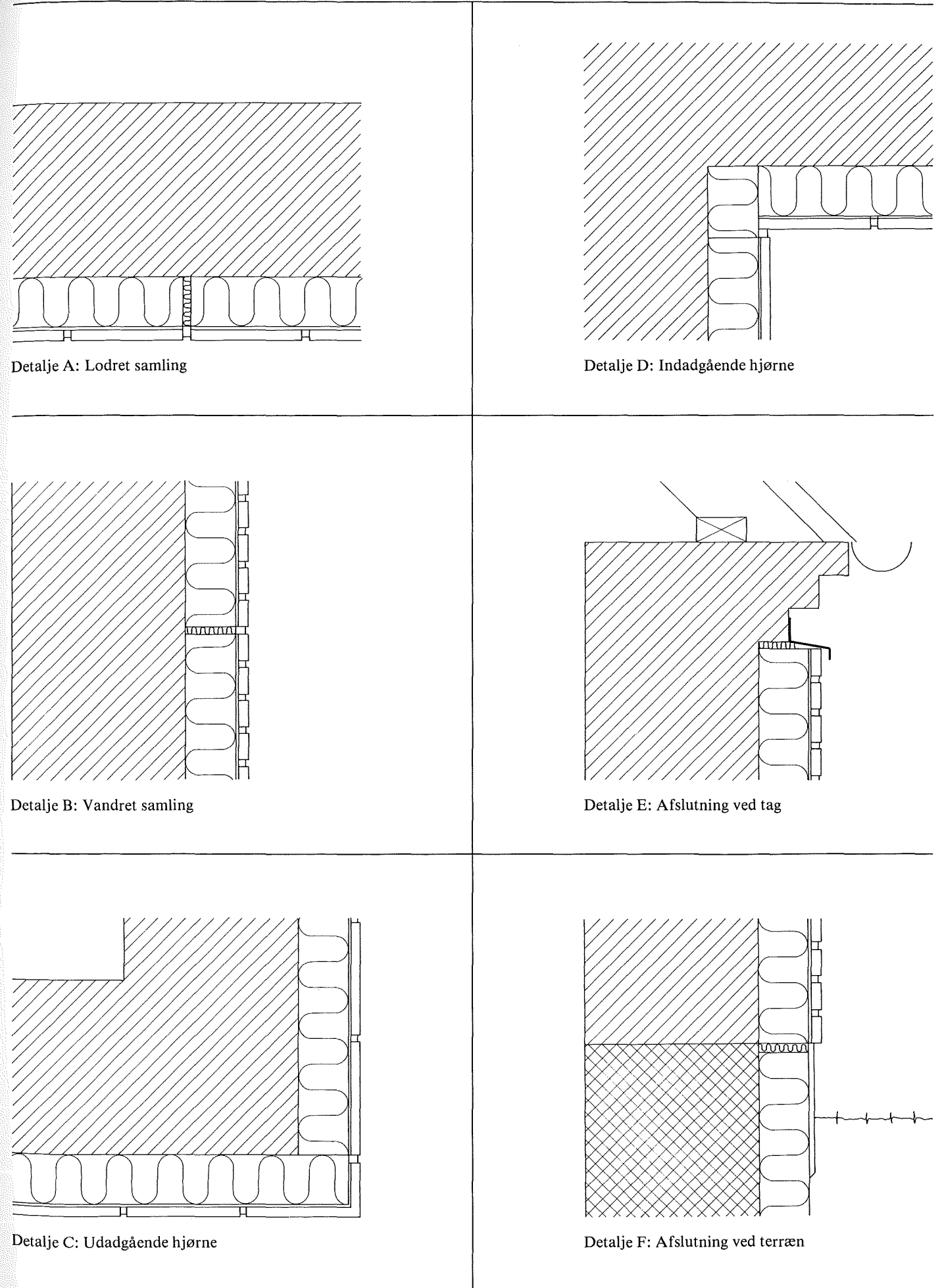


Vandret snit

Figur 5.33. Stiv mineraluldsplade med påklæbte stenskaller, der fuges med mørtel. Komponenterne udføres med montagehuller gennem isoleringspladen.

Med celleplast

Stiv isoleringsplade af celleplast med påklæbte stenskaller der fuges med mørtel. Komponent udføres med indstøbte montageskinner i korrosionsfrit materiale.



Detalje A: Lodret samling

Detalje D: Indadgående hjørne

Detalje B: Vandret samling

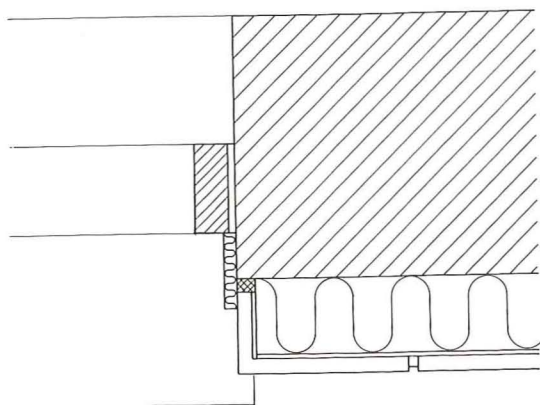
Detalje E: Afslutning ved tag

Detalje C: Udadgående hjørne

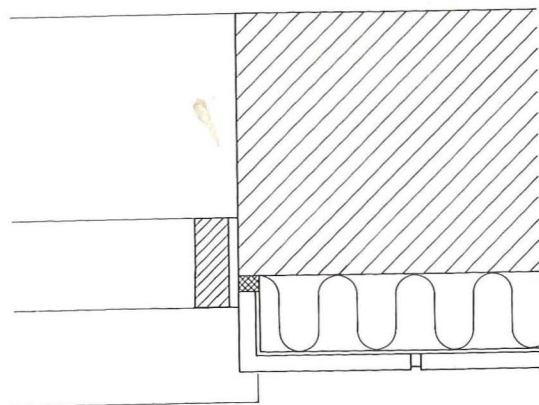
Detalje F: Afslutning ved terræn

Samplingsdetaljerne på side 44-46 (markeret med en grå tone langs kanten) må ikke betragtes som generelt anvendelige detaljer, men som skitse-mæssige forslag, der kan danne grundlag for udvikling af konkrete løsninger i samarbejde med kvalificerede arkitekter. Se i øvrigt omtalen af de arkitektoniske forhold side 4.

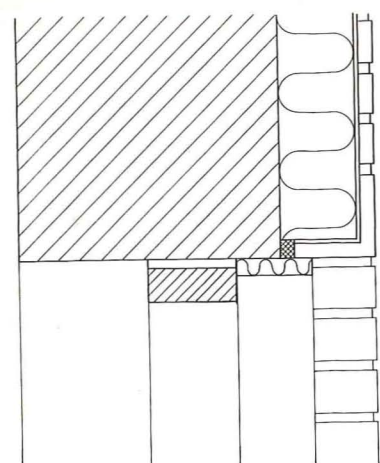
Figur 5.34. Typiske samplingsdetaljer ved anvendelse af murstensskaller (A-I). (Fortsættes.)



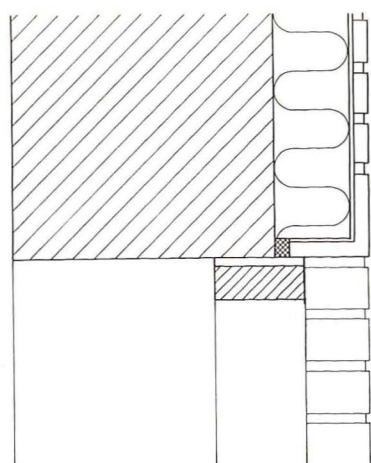
Detalje G1: Afslutning ved eksisterende vindue, lodret fuge



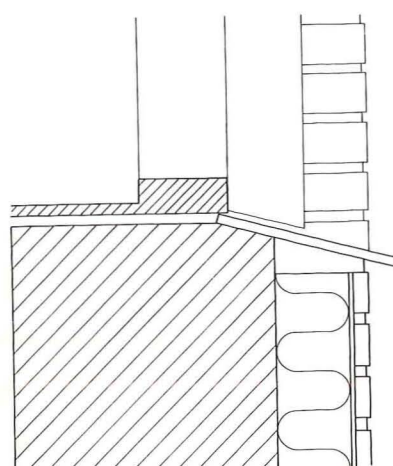
Detalje G2: Afslutning ved nyt vindue, lodret fuge



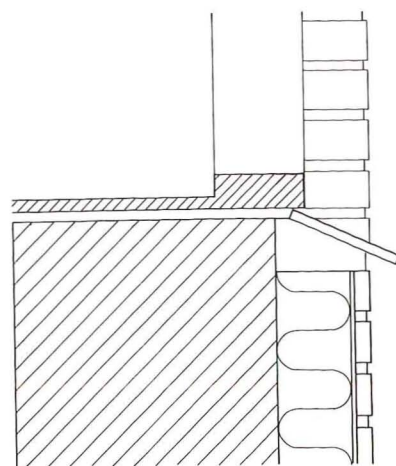
Detalje H1: Afslutning over eksisterende vindue



Detalje H2: Afslutning over nyt vindue



Detalje I1: Afslutning under eksisterende vindue

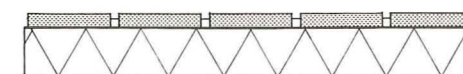


Detalje I2: Afslutning under nyt vindue

Figur 5.34 (fortsat). Typiske samlingsdetaljer ved anvendelse af murstensskaller (A-I).

VURDERING AF YDEEVNE - CHECKSKEMA

Komponentopbygning: Murstensskaller
65 mm celleplast

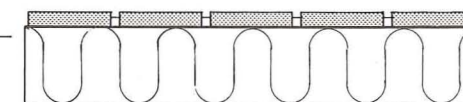


EGENSKAB					Dokumentation/Bemærkninger
	Ikke acceptabel	Acceptabel	God	Meget god	
1. Tæthed mod nedbør		X			Langtidsholdbarhed af montagefuger af mørtel usikker
2. Lufttæthed				X	
3. Termisk isolation				X	$K_{total} \sim 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
4. Tæthed mod fugt i rumluft				X	
5. Lydisolation og lydabsorption				X	
6. Stabilitet	X				Ikke tilstrækkelig dokumenteret til brug i højt byggeri
7. Modstandsevne mod brand	X				Ikke dokumenteret. Evt. F-bygningsdel 30 opdeling
8. Ældningsbestandighed				X	Se dog pkt. 1
9. Hygrotermisk stabilitet				X	
10. Indtryknings- og gennemlokningsstyrke				X	Ikke dokumenteret
11. Robusthed				X	Som pkt. 10
12. Fastholdelsesevne				X	Kun mindre genstande kan monteres på skallerne
13. Udseende				X	
14. Sammenbyggelighed				X	
15. Transport- og monteringslethed		X			Små komponenter pga. relativ stor vægt

Bemærkninger:
Komponenten forudsættes monteret ved klæbning og mekanisk fastgørelse med indborede bolte.

VURDERING AF YDEEVNE - CHECKSKEMA

Komponentopbygning: Murstensskaller
100 mm hård mineraluld



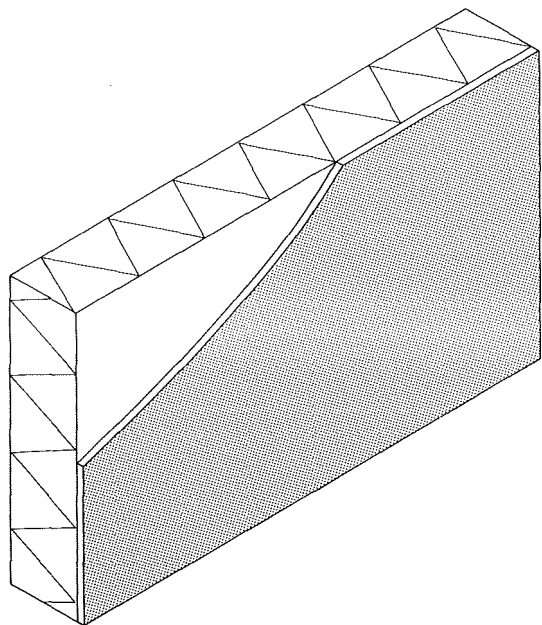
EGENSKAB					Dokumentation/Bemærkninger
	Ikke acceptabel	Acceptabel	God	Meget god	
1. Tæthed mod nedbør		X			Langtidsholdbarhed af montagefuger af mørtel usikker
2. Lufttæthed				X	
3. Termisk isolation				X	$K_{total} \sim 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
4. Tæthed mod fugt i rumluft				X	
5. Lydisolation og lydabsorption				X	
6. Stabilitet	X				Ikke tilstrækkelig dokumenteret til brug i højt byggeri
7. Modstandsevne mod brand	X				Se dog pkt. 1
8. Ældningsbestandighed				X	
9. Hygrotermisk stabilitet				X	
10. Indtryknings- og gennemlokningsstyrke				X	Ikke dokumenteret
11. Robusthed				X	Som pkt. 10
12. Fastholdelsesevne				X	Kun mindre genstande kan monteres på skallerne
13. Udseende				X	
14. Sammenbyggelighed				X	
15. Transport- og monteringslethed		X			Små komponenter pga. relativ stor vægt

Bemærkninger:
Komponenten forudsættes monteret ved klæbning og mekanisk fastgørelse med indborede bolte.

Komponenter med strukturoverflade (D)

Komponentopbygning

Komponenterne er opbygget af en stiv (bærende) isoleringsplade, hvorpå der pålægges/sprøjtes en strukturoverflade, se figur 5.35. Komponenterne kan udføres til montage med enten åben eller knasfuge i isoleringen. Fuger mellem komponenter, langs vinduer/gesims kan udføres enten med 1-trins eller 2-trins tætning. Komponenterne fastgøres med beslag i samlingerne. Produktionsmetoden afhænger dels af den ønskede overfladestruktur og dels af det anvendte materiale.



Figur 5.35. Komponent med strukturoverflade på isoleringsplade (D1).

Malebehandling

Da malingen ikke vil kunne ændre isoleringsmaterialets brandtekniske egenskaber, medfører dette, at isoleringsmaterialet primært skal opfylde brandkravene til overfladeklasse 1 eller 2.

På nuværende tidspunkt markedsføres mineraluld behandlet med en særlig maling, der forøger styrken i de yderste fibre. Til trods for denne forstærkning er komponentens robusthed meget afhængig af isoleringsmaterialet, ligesom overfladens struktur og udseende kan afhænge af isoleringsmaterialets overflade. Arbejdsprocessen med fremstilling af komponenterne indskrænker sig til en tilskæring i den ønskede størrelse og en påsprøjtning eller eventuelt en dypning.

En fordel ved denne komponenttype er den meget lave vægt, der gør det muligt at fremstille komponenter på op mod 3 m² med en vægt på ca. 40 kg.

Glasfiberarmeret kunstharpikspuds

En væsentligt stærkere men alligevel let og tynd overfladebehandling kan udføres ved anvendelse af særlige former for kunstharpikspuds. Samtidig udvides mulighederne for valg af farver og strukturer.

Det tilskårne isoleringsmateriale påføres et klæbelag, hvorpå der udlægges et lag glasfibervæv. Dernæst påføres et

ca. 3 mm tykt lag kunstharpikspuds, som kan udføres i forskellige strukturer.

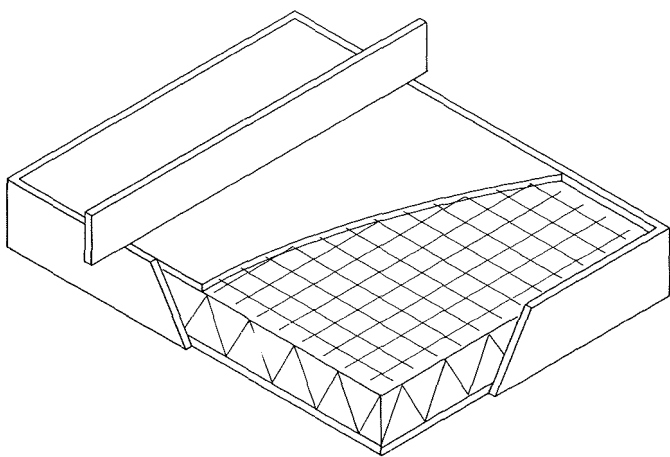
Som anført ovenfor må det forudsættes, at isoleringsmaterialet i sig selv har de fornødne brandtekniske egenskaber.

Denne komponenttype har en relativ lav vægt, som overvejende afhænger af isoleringsmaterialets vægt.

Komponentstørrelsen kan ved en vægt på 40 kg blive 2,5–5 m².

Pudslag med armeringsnet

Isoleringspladen lægges i en form, se figur 5.36. Der udlægges en grundingspuds på ca. 10 mm, og heri udlægges et varmgalvaniseret armeringsnet. Eventuelle montagebeslag kan fastgøres i armeringen. Den afsluttende overfladepuds, som kan være gennemfarvet eller beregnet til maling, udlægges og afrettes. Til slut bearbejdes overfladen til den ønskede struktur, hvorefter en eventuel malebehandling kan udføres. Pudsen kan udføres med forskellige tilslagsmaterialer. Denne komponenttype har ved en vægt på 40 kg en størrelse på ca. 0,8–0,9 m², afhængig af materialevalget.



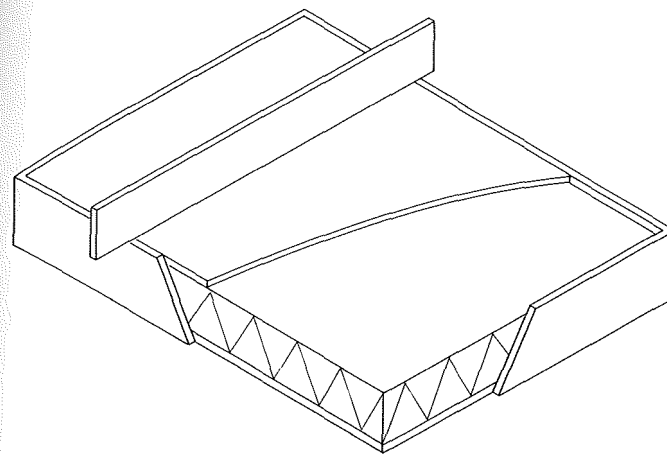
Figur 5.36. Pudslag med armering på isoleringsplade (D2).

Armeret puds (fiberpuds)

Komponenterne fremstilles i princippet på samme måde som beskrevet for pudslag med armeringsnet. Forskellen ligger i, at overfladepudsen pålægges i et ca. 10–15 mm tykt lag (én arbejdsgang), se figur 5.37. Komponentstørrelsen bliver ved en vægt på 40 kg ca. 1,2–1,9 m², afhængig af isoleringsmaterialet.

De to sidstnævnte fremstillingsmetoder kan udføres »omvendt«, således at overfladestruktur/mønster præges i formbunden, puds udsprøjtes og afrettes eventuelt, hvorefter isoleringspladen fasttrykkes heri. Det må nøje undersøges, om den ønskede vedhæftning opnås, eller om det er nødvendigt at påføre et lag puds på isoleringspladen, inden den fasttrykkes i formen.

Der markedsføres for øjeblikket glasfiberarmerede betonkomponenter med meget stor styrke, fremstillet efter sidstnævnte princip. Komponent udført af dette materiale vil kunne opnå tilstrækkelig styrke og stivhed gennem »pudsen« alene, og kan derfor udføres med blød isolation. De afviger således fra de førnævnte komponenter, der opbygges på en stiv isolation.



Figur 5.37. Armeret puds på isoleringsplade (D3).

Materialer

I det følgende omtales materialer, som kan tænkes anvendt i en komponenttype som beskrevet ovenfor. Omtalen af de enkelte materialer er af generel karakter og skal betragtes som en rettesnor for hvilke materialer, der kan benyttes i komponentopbygningen.

Isolation

Mineraluld
Celleplast
Skumglas

Som nævnt under komponentopbygningen er isolationen den bærende del af komponenten, hvorfor isoleringspladen må besidde den nødvendige styrke, som kræves af hensyn til lagring/transport og montage.

For komponenter fremstillet af mineraluld/skumglas gælder, at den yderste beklædning mindst skal være klasse A- eller B-materiale i brandteknisk fast forbindelse med mineraluld/skumglas eller BS konstruktion. Anvendes celleplast som isoleringsmateriale, skal der anvendes beklædning af mindst klasse 1, som opdeles med F-bygningsdel 30 efter reglerne anført i kapitel 3.

De førnævnte 3 typer isoleringsmaterialer kan kombineres således, at eksempelvis celleplast og mineraluld sammenklæbes til en enhed og på denne måde opfylder krav til styrke/stivhed, vægt, brandmodstand etc.

Strukturoverflade:
Specialmalinger.
Kunstharpikspuds.
Almindelig KC-puds + armering.
Puds med specielt tilslag + armering.
Fiberarmeret puds.
Fibre af glas, polypropylen, kul, metal etc.

Montage

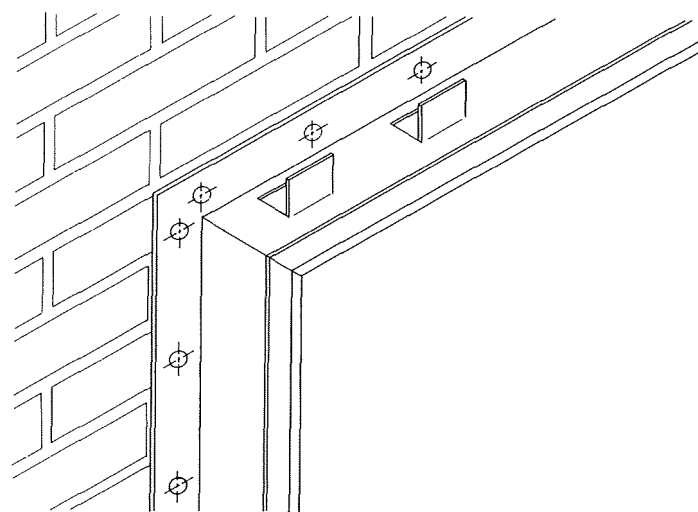
Hvis komponenterne skal kunne monteres af 2 mand uden løftegrej, må vægten som tidligere nævnt ikke overstige 35–40 kg. Komponentens vægt og størrelse vil afhænge af isoleringsmaterialet og overfladematerialet.

Komponenterne fastgøres til facaden, enten med en mekanisk fastgørelse kombineret med klæbning, eller ved en mekanisk fastgørelse alene. Den mekaniske fastgørelse kan udføres gennem komponenten eller i samlingerne mellem komponenterne. Metoden med fastgørelse gennem komponenterne vil sandsynligvis kun blive anvendt i begrænset omfang, da man enten må acceptere synlige bolte, eller at montagehullerne udpudses efter montage af komponenterne. Udpudsningen vil vanskeligt kunne udføres uden synlige skel i farve eller overfladekarakter. I det følgende er der kun behandlet komponenter med fastgørelse i komponentsamlingerne.

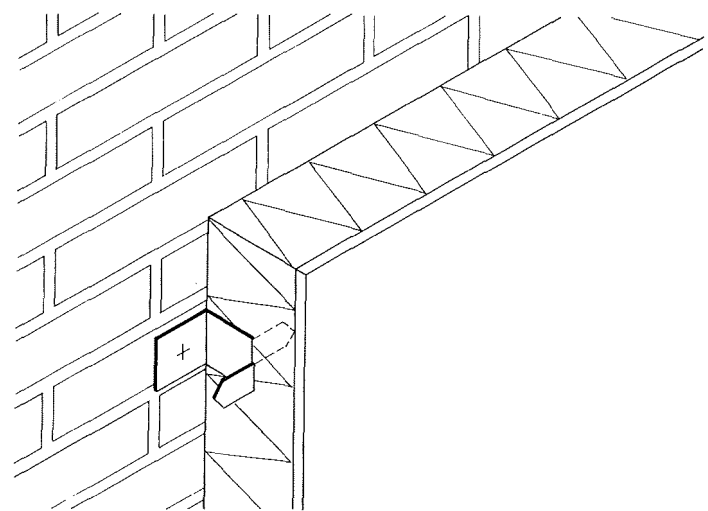
Komponenterne kan fx ophænges i »kantskinner« som vist på figur 5.38. Kantskinnen kan tænkes udført af korrosionsfast materiale som plast/aluminium/varmtforzinket stål, der limes (opskummes) på komponenterne ved fremstillingen.

I de tilfælde, hvor komponenterne monteres med knasfuge, vil det være muligt at anvende simple montagebeslag, se figur 5.39.

Fælles for de her nævnte montagemetoder er, at de belastninger, komponenten udsættes for, overføres gennem isole-



Figur 5.38. Kantskinne udføres med udstansede flige, således at de tilstødende komponenter fastholdes (D4).

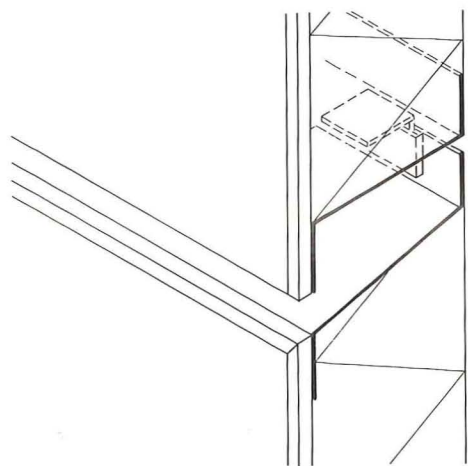


Figur 5.39. Fastgøres komponenterne som vist, overføres vægten af komponenterne til fundamentet, hvilket også stiller større styrkekrav til de »nederste« komponenter (D5).

ringsmaterialet til beslagene. Metoderne er derfor mest velegnede til de meget lette komponenter med hårde isoleringsmaterialer. Eventuelt kan de anvendes i kombination med en klæbning af isoleringsmaterialet til ydervæggen.

Hvor overfladerne består af armeret puds, vil det ud fra et statisk synspunkt være ønskeligt, om montagebeslagene er i fast forbindelse med den tunge, armerede overflade.

Et eksempel på, hvordan dette kan kombineres med en F-bygningsdel 30 opdeling af en celleplastisoleret væg, er vist på figur 5.40. Ved at forsyne komponenten med et fastklæbet profil af tyndpladestål, langs kanterne, løses de statiske problemer. Da tyndpladestålet desuden yder tilstrækkelig beskyttelse mod flammespredning, løses de brandtekniske problemer samtidig.



Figur 5.40. Tyndpladestålet langs kanterne giver statiske fordele og løser samtidig et brandteknisk problem (D6).

Samling og målafvigelser

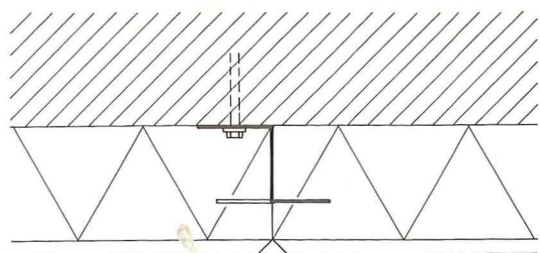
Samlingerne må udformes, så de er i stand til at optage de variationer, som stammer fra komponentens fremstilling og montage samt fra unøjagtigheder i facaden. Det må overvejes hvilket fugemateriale, der skal anvendes, men først og fremmest om fugerne skal udføres efter et-trins- eller to-trinsprincippet.

Hvor to-trinsprincippet ellers relativt enkelt kan anvendes ved komponenter med ventileret beklædning, er princippet vanskeligere at tilpasse de her beskrevne komponenter. Fugeløsningerne kan opdeles i to kategorier.

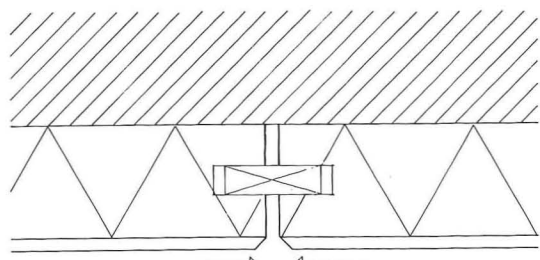
Knasfuge

Som nævnt under montage, er det i enkelte tilfælde muligt at udføre knasfuger mellem komponenterne, se figur 5.41. Denne fugeløsning kan kun anvendes, hvor der er ringe krav til afslutningernes nøjagtighed. Skævheder/unøjagtigheder i komponenterne eller i den eksisterende bygning vil summeres og give skævheder i fuger eller utætte fuger (kuldebroer i isoleringen). Kuldebroer kan delvis imødegås, hvis isoleringen udføres med fer og not-samling som vist i figur 5.42.

Knasfugerne vil fortrinsvis kunne anvendes ved de lette komponenter med overfladebehandling af maling eller kunstharpikepuds. Her vil fugerne enten kunne stå uden be-



Figur 5.41. Knasfuge vil kunne give anledning til summering af unøjagtigheder.



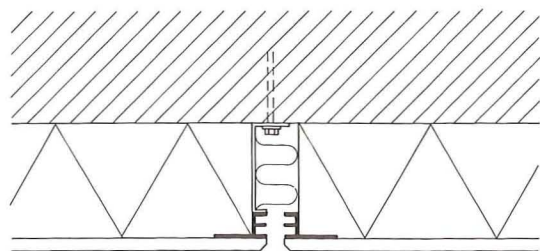
Figur 5.42. Fer og not-samling vil i nogen grad kunne udjævne unøjagtigheder.

handling eller være lukkede med imprægnerede fugebånd, elastiske fugemasser eller tilsvarende.

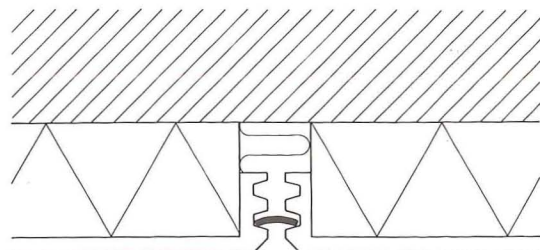
Åben samling

Denne fugeløsning giver mulighed for justering af de enkelte komponenter, så unøjagtigheder optages i fugen. På figur 5.43 er vist et eksempel på, hvordan der ved indstøbning af et aluminiumsprofil kan etableres en to-trinsfuge med traditionelt neoprenfugebånd. Profilet kan samtidig benyttes til fastgørelse af montagebeslagene.

Mulighederne for at etablere fugeløsninger svarende til betonelementfugerne ved at »støbe« pudslaget i specialforme kan også tænkes, men vil antagelig volde visse praktiske problemer, se figur 5.44.



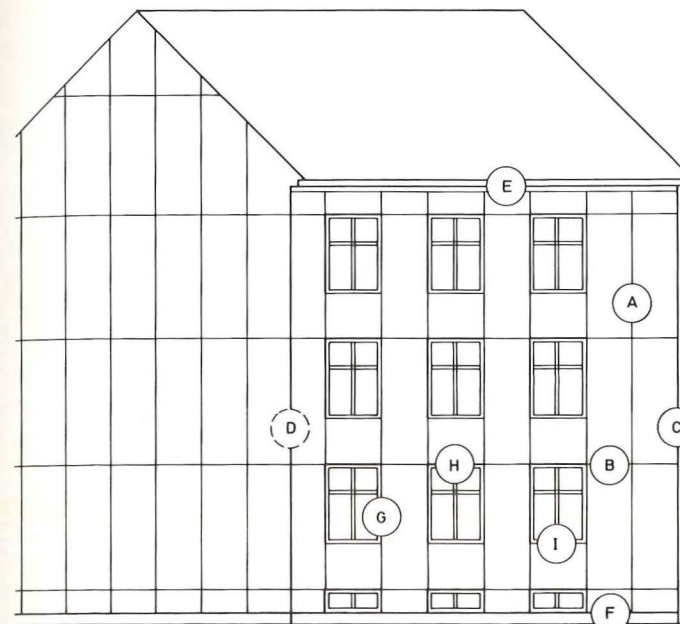
Figur 5.43. Åben fuge giver mulighed for anvendelse af en to-trins tætning.



Figur 5.44. Særlige kantudformninger kan give helt »traditionelle« to-trins tætninger.

Principdetaljer

I det følgende er en række af de mest almindelige samlingsdetaljer skitse-mæssigt optegnet for at give et indtryk af specielle problemer, der er forbundet med den beskrevne komponenttype.



Figur 5.45. Oversigt over principdetaljer. A. Vandret samling, B. Lodret samling. C. Udadgående hjørne. D. Indadgående hjørne. E. Afslutning ved tag. F. Afslutning ved terræn. G. Afslutning ved vindue, lodret fuge. H. Afslutning over vindue. I. Afslutning under vindue.

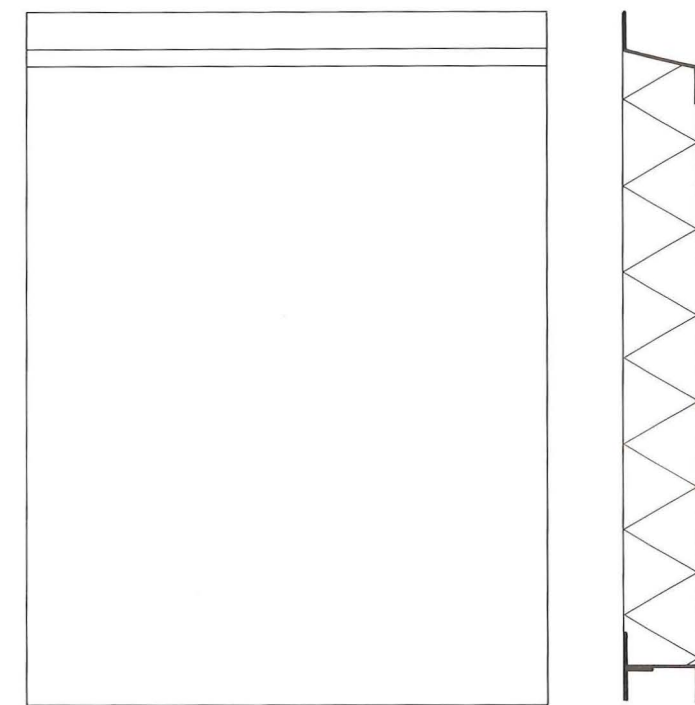
Beskrivelse af komponenter

Med mineraluld

Stiv mineraluldsplade med strukturoverflade af fiberarmeret puds. Komponenterne monteres med åben fuge udført som to-trinstætning. Komponentstørrelse afhænger af materialevalg.

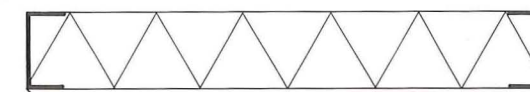
Med celleplast

Stiv isoleringsplade med strukturoverflade af fiberarmeret puds, se figur 5.46. Komponenterne monteres med åben fuge udført som to-trinstætning. Størrelse afhænger af materialevalg.



Opstalt

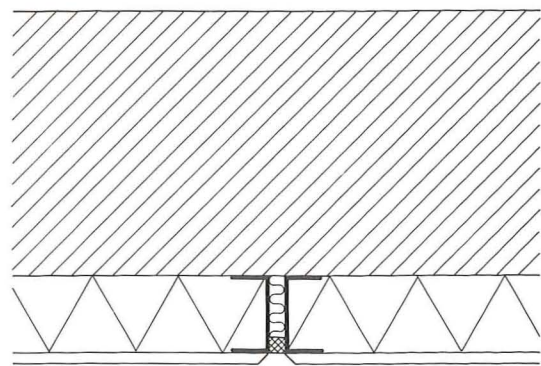
Lodret snit



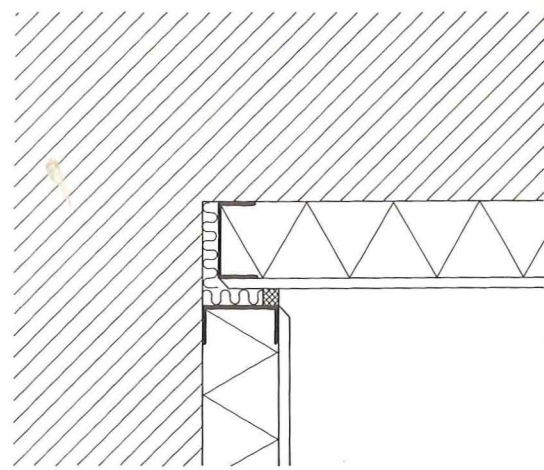
Vandret snit

Figur 5.46. Stiv celleplastisoleringsplade med strukturoverflade af fiberarmeret puds. Komponenterne monteres med åben fuge udført som to-trinstætning. Komponentstørrelsen afhænger af materialevalg.

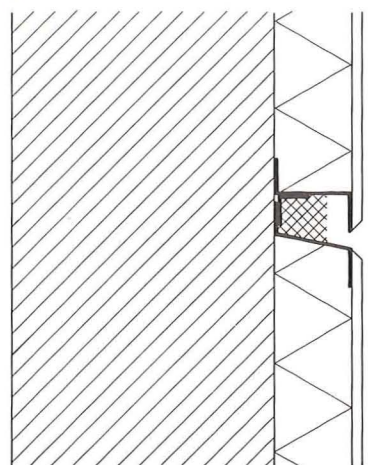
Samplingsdetaljerne på side 51-53 (markeret med en grå tone langs kanten) må ikke betragtes som generelt anvendelige detaljer, men som skitse-mæssige forslag, der kan danne grundlag for udvikling af konkrete løsninger i samarbejde med kvalificerede arkitekter. Se i øvrigt omtalen af de arkitektoniske forhold side 4.



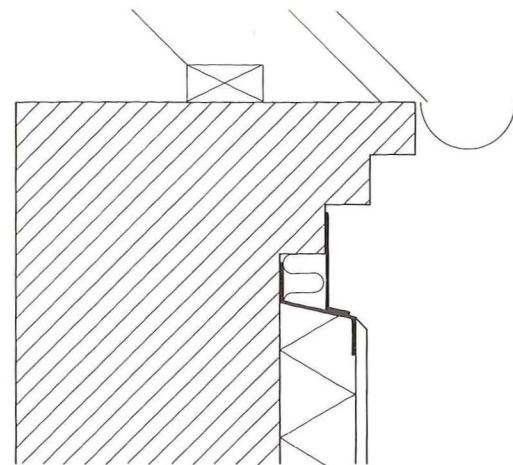
Detalje A: Lodret samling



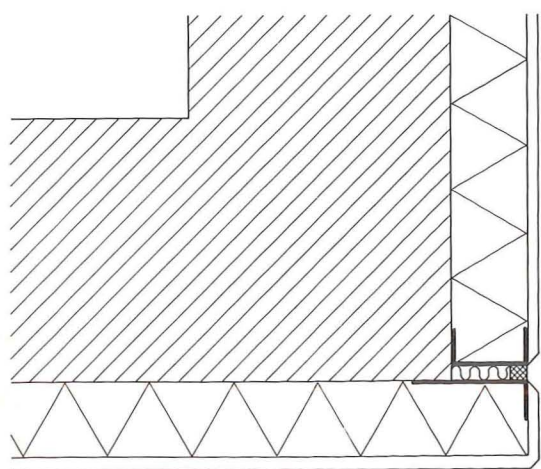
Detalje D: Indadgående hjørne



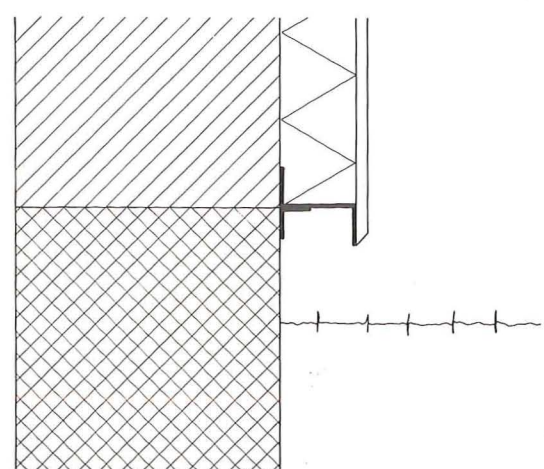
Detalje B: Vandret samling



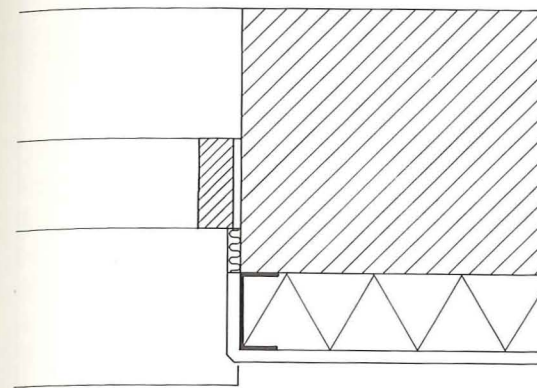
Detalje E: Afslutning ved tag



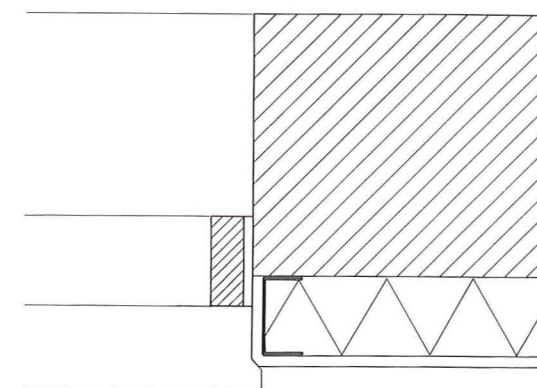
Detalje C: Udadgående hjørne



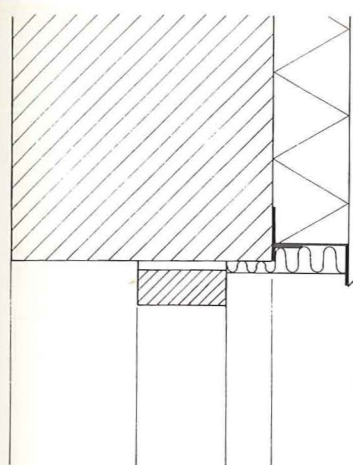
Detalje F: Afslutning ved terræn



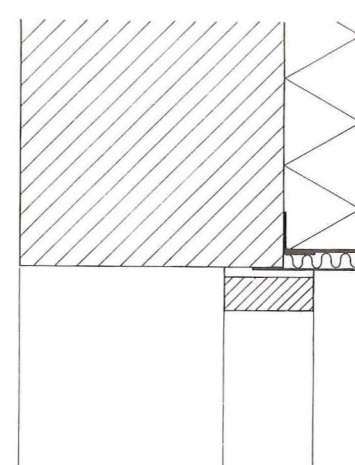
Detalje G1: Afslutning ved eksisterende vindue, lodret fuge



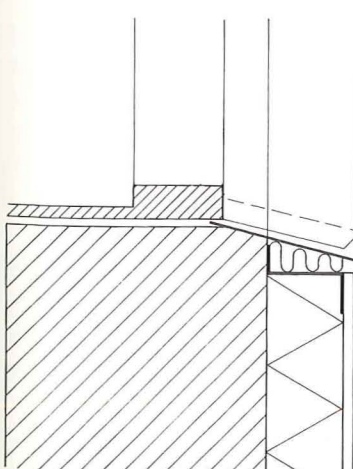
Detalje G2: Afslutning ved nyt vindue, lodret fuge



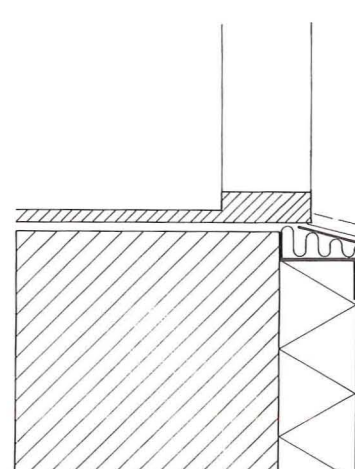
Detalje H1: Afslutning over eksisterende vindue



Detalje H2: Afslutning over nyt vindue



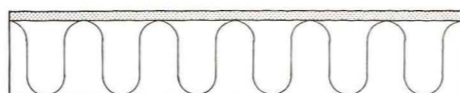
Detalje I1: Afslutning under eksisterende vindue



Detalje I2: Afslutning under nyt vindue

VURDERING AF YDEEVNE – CHECKSKEMA

Komponentopbygning: Fiberarmeret puds
100 mm stiv mineraluld

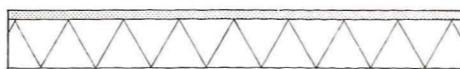


EGENSKAB	Ikke acceptabel	Acceptabel	God	Meget god	Dokumentation/Bemærkninger
1. Tæthed mod nedbør					
2. Lufttæthed					
3. Termisk isolation					$K_{total} \sim 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
4. Tæthed mod fugt i rumluft					Mindre fugtophobning kan formentlig forekomme
5. Lydisolation og lydabsorption					Ringe lydabsorptionsevne
6. Stabilitet					Afhængig af materialevalg
7. Modstandsevne mod brand					
8. Ældningsbestandighed					
9. Hygrotermisk stabilitet					
10. Indtryknings- og gennemlokkningsstyrke					Afhængig af materialevalg
11. Robusthed					Afhængig af materialevalg
12. Fastholdelsesevne					
13. Udseende					Vanskelig at pletreparere
14. Sammenbyggelighed					
15. Transport- og monteringslethed					Små komponenter pga. relativ stor vægt

Bemærkninger:
Komponenten forudsættes udført med kantskinne til fastgørelse af ophængningsbeslag. Lodrette samlinger udføres med to-trinsfuger, med neoprenfugebånd. Vandrette samlinger udføres åbne, med drypnæse.

VURDERING AF YDEEVNE – CHECKSKEMA

Komponentopbygning: Fiberarmeret puds
65 mm celleplast



EGENSKAB	Ikke acceptabel	Acceptabel	God	Meget god	Dokumentation/Bemærkninger
1. Tæthed mod nedbør					
2. Lufttæthed					
3. Termisk isolation					$K_{total} \sim 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
4. Tæthed mod fugt i rumluft					Mindre fugtophobning kan formentlig forekomme
5. Lydisolation og lydabsorption					Ringe lydabsorptionsevne
6. Stabilitet					
7. Modstandsevne mod brand					Afhængig af materialevalg, prøvning nødvendig
8. Ældningsbestandighed					
9. Hygrotermisk stabilitet					
10. Indtryknings- og gennemlokkningsstyrke					Afhængig af materialevalg
11. Robusthed					Afhængig af materialevalg
12. Fastholdelsesevne					
13. Udseende					Vanskelig at pletreparere
14. Sammenbyggelighed					
15. Transport- og monteringslethed					Store komponenter pga. relativ ringe vægt

Bemærkninger:
Komponenten forudsættes udført med kantskinne til fastgørelse af ophængningsbeslag. Lodrette samlinger udføres med to-trinsfuger, med neoprenfugebånd. Vandrette samlinger udføres åbne, med drypnæse.

6. Økonomiske forhold

De hidtidige erfaringer viser, at prisen på udvendig isolering udført på traditionel måde er for høj, når den ses i forhold til den opnåede energibesparelse. Tilbagebetalingstiden er ofte omkring 30 år, og forrentningen af investeringen er så lav, at der normalt skal andre bevæggrunde til for at sætte en efterisolering i gang. Kolde og fugtige gavle, pudsede bygninger med behov for pudsreparation og betonfacader med betonskader er eksempler herpå.

I erkendelse af, at de økonomiske forudsætninger for en større udbredelse af den udvendige isolering for øjeblikket ikke er til stede, har det været et af projektets hovedmål at medvirke til en billiggørelse af arbejdet. Kan isoleringen ikke tilbydes til en rimelig, rentabel pris set i relation til energibesparelserne alene, er der næppe grundlag for en udvikling og produktion af komponenter.

I det følgende analyseres de økonomiske forhold ved fremstilling og montering af færdige komponenter. De generelle forhold, der har betydning for økonomien, fx prisindeks, usikkerhed og forudsætninger, behandles først i kapitlet.

For at løse prisvariationerne for de forskellige løsninger, kalkuleres prisen på de 4 forskellige typer af komponenter, der er behandlet i det foregående kapitel. Kalkulationen opsplittes i følgende delpriser:

1. Materialeudgifter
2. Fremstillingsudgifter
3. Byggepladsudgifter
4. Montageudgifter

Delpriserne er samlet i skemaform, sammenlignet og kommenteret. De teoretiske energibesparelser er vurderet, ligesom vedligeholdelsesudgifter, levetid, finansiering og støtteordninger er behandlet. Med udgangspunktet i de behandlede forhold søges lønsomheden vurderet.

De anførte priser er ifølge sagens natur behæftet med nogen usikkerhed. Det gælder især fremstillingsudgifterne, hvor erfaringsgrundlaget er mindst. Priserne svarer til prisniveauet i april/maj 1983, prisindeks 396, ekskl. moms. Det er valgt at anføre priserne som m²-priser, svarende til en kvadratmeter ydervæg med standardfugeløsninger, men uden specielle detaljer.

Den færdige samlede pris vil, afhængig af forholdene, afvige mere eller mindre fra den nævnte m²-pris. Den givne opgaves størrelse, bygningernes udformning og de valgte detaljeløsninger, antallet af varianter, følgearbejdernes omfang er nogle af de faktorer, der må tages hensyn til ved fastsættelsen af den endelige pris. I kapitel 8 er alle disse forhold vurderet i tre eksempler med forskellige bygningstyper. Tallene herfra er benyttet til at skønne det tillæg, der må gives til m²-prisen, hvis den skal kunne bruges til beregning af de samlede udgifter.

Udgifterne til byggepladsretablering vil ligeledes være forskellige fra sag til sag, men vil erfaringsmæssigt beløbe sig til en nogenlunde fast andel af håndværkerudgifterne.

Opdeling med F-bygningsdel 30

For komponenter med celleplastisolering gælder, at ydervæggen skal opdeles i felter på max. 50 m² samt ud for etageadskillelser og brandcelleafgrænsende vægge. Denne opdeling skal ske med F-bygningsdel 30, hvilket i det følgende er forudsat opnået ved at stoppe fugerne med mineraluld.

SBI-anvisning 132

Det skal afslutningsvis bemærkes, at de økonomiske konsekvenser ved udvendig facadeisolering kan bedømmes mere nøjagtigt og nuanceret ved de metoder som er angivet i SBI-anvisning 132: »Økonomisk vurdering af energibesparende foranstaltninger«.

Ventilerede komponenter med profilerede plader (A)

Forudsætninger

A1. Komponenten opbygges af profileret plade, 100 mm blød mineraluld og stålrigler. Komponenten monteres med beslag i de to øverste hjørner. To-trins fuger med neoprenfugebånd i lodrette fuger, drypnæseprofil i de vandrette fuger.

A2. Komponenten opbygges af profileret plade fastgjort til klasse 1 afdækningsplade, der er sammenklæbet med 65 mm stiv celleplast. Komponenterne monteres med beslag i de to øverste hjørner. To-trinsfuger med neoprenfugebånd i lodrette fuger, drypnæseprofil i de vandrette fuger.

Det bemærkes, at alle priser er ekskl. moms.

Profilerede plader

Følgende typer af materialer kan tænkes anvendt:
Stålblader med korrosionsbeskyttelse og overfladebelægning 60 kr./m²
Aluminiumsplader, lakerede 60 kr./m²
Asbestcementbølgeplader 30 kr./m²

Isolation

100 mm blød mineraluld 24 kr./m²
65 mm celleplast (PS, PUR, PIR) 70 kr./m²

Klasse 1-beklædning

Asbestcementplade, 8 mm 42 kr./m²
Celluloseplastfibercementplade, 8 mm 47 kr./m²
Cementbunden spånplade, 10 mm 53 kr./m²
Gipsplade, 9 mm 33 kr./m²

Fremstillingsudgifter

Fremstillingsudgifterne omfatter arbejds løn til specialarbejdere samt værkstedsomkostninger, omfattende leje af lokaler, varme, el, køb og vedligeholdelse af værktøj. Dertil kommer et dækningsbidrag på 20 pct.

Byggepladsudgifter

Denne post indeholder udgifter til stillads, hejs, skure, el, vand, værktøj, tilsyn, kørsel m.m. Dækningsbidraget er her fastsat til 10 pct.

Muligheden for at anvende lift eller andet grej i stedet for stillads kan komme på tale, afhængig af forholdene. I denne kalkulation er der som grundlag valgt et let facadestillads med materialehejs.

Montageudgifter

Montageudgifterne består af transportudgifter til transport af komponenter fra fabrik til brugssted, samt af arbejds løn til specialarbejdere for tilbringning, montering og fugning.

Endvidere medregnes materialeudgifter til bolte, fugematerialer m.m.

Dækningsbidraget er fastsat til 20 pct. af lønudgifterne og 10 pct. af de øvrige ydelser.

Prisoversigt: Delpriser A1 og A2

	A1, kr./m ²	A2, kr./m ²
1. Materialeudgifter*)	180	255
2. Fremstillingsudgifter	100	75
3. Byggepladsudgifter	75	75
4. Montageudgifter	110	170
I alt:	465	575

*) Det er forudsat, at den profilerede plade er af metal. Anvendes en asbestcementbølgeplade, opnås en besparelse i materialeprisen på ca. 30 kr./m², der dog antagelig modsvares af en fordyrelse i selve udførelsen af komponenten. Asbestcementbølgepladen skønnes mest anvendelig til type A2.

Montageudgifterne for type A2 er højere end for type A1, fordi A2-komponenterne må udføres mindre end A1-komponenterne på grund af den større vægt pr. m².

Ventilerede komponenter med plane plader (B)

Forudsætninger

Komponenten består af en regnskærm monteret på afstandslister, der er fastgjort til en klasse 1-beklædningsplade sammenlimet med formstabil isolering.

Komponenten monteres ved hjælp af beslag i de to øverste hjørner. Der anvendes to-trinsfuger med neoprenfugebånd i de lodrette fuger, drypnæseprofil i de vandrette.

Det bemærkes, at alle priser er ekskl. moms.

Regnskærm

Følgende typer af materialer kan tænkes anvendt opdelt i klasse A og klasse B materialer:

Klasse A

Asbestcementplader, 6 mm	32 kr./m ²
Asbestcementplader med silikat-overflade 3,2 mm	160 kr./m ²
Glasfiberarmeret polyesterplade, 6 mm	160 kr./m ²
Højtryksslaminatplade, 4,5 mm	165 kr./m ²
Cementbunden spånplade med overfladebehandling, 10 mm	100 kr./m ²
Krydsfiner, brandimprægneret, 9 mm	170 kr./m ²
Bræddebeklædning, brandimprægneret, 22 mm	120 kr./m ²
Plane stålplader med korrosionsbeskyttelse og overfladebelægning	60 kr./m ²
Plane aluminiumsplader, lakerede	60 kr./m ²

Klasse B

Krydsfiner, 9 mm	70 kr./m ²
Krydsfiner med naturstensbelægning, 6,5 mm ..	110 kr./m ²
Bræddebeklædning, sammenpløjet, tryk-imprægneret, 22 mm	80 kr./m ²

Afdækningsplade

Klasse 1-beklædning

Asbestcementplade, 8 mm	42 kr./m ²
Celluloseplastfibercementplade, 8 mm	47 kr./m ²
Cementbunden spånplade, 10 mm	53 kr./m ²
Gipsplade, 9 mm	33 kr./m ²
Træbetonplade, 25-30 mm	30 kr./m ²

Isolation

100 mm mineraluld, hård mineraluld	97 kr./m ²
65 mm celleplast (PS, PUR, PIR)	70 kr./m ²

Fremstillings-, byggeplads- og montageudgifter

Priserne for fremstilling, byggeplads og montage er anslået at svare til de priser, der er anført for type A. Desuden er det skønnet, at de nævnte priser stort set er uafhængige af materialevalg.

Prisoversigt: Delpriser B

	Kr./m ²
1. Materialeudgifter	160-350
2. Fremstillingsudgifter	65
3. Byggepladsudgifter	75
4. Montageudgifter	180
I alt	480-670

Den samlede pris afhænger af valg af regnskærm, og er derfor i skemaet angivet inden for et prisinterval.

Komponenter med murstensbeklædning (C)

Forudsætninger

Komponenten fremstilles efter metoden på figur 5.23. Stenskaller udlægges i det ønskede forbandt i en form. Fugerne udstøbes og komprimeres i samme arbejdsoperation. Klæbemasse udlægges, og isoleringsmaterialet fasttrykkes heri.

Komponenterne monteres med åben fuge og fastholdes med løse beslag. Samtidig klæbes komponenten til ydervæggen. Den lodrette last optages ved fundamentet.

Alternativt kan montagen foregå med indborede bolte udenfra og klæbning.

Efter montagen stoppes fugerne, og der udfuges med fugemørtel. Ved den alternative montage må det desuden påregnes at klæbe stenskaller over fastgørelsespunkterne.

Det bemærkes, at alle priser er ekskl. moms.

Murstensbeklædning

Teglstensskaller, 18 mm	75 kr./m ²
Kalksandstensskaller, 20 mm	75 kr./m ²

Isolation

100 mm hård mineraluld	97 kr./m ²
65 mm celleplast (PS, PUR, PIR)	70 kr./m ²

Klæbemiddel

Polypropylenfiberarmeret mørtel, ca. 10 mm ...	60 kr./m ²
Glasfiberarmeret mørtel, ca. 10 mm	100 kr./m ²
Fliseklæber som fx Lip eller Alfix	4 kr./m ²

Fugemateriale

KC 50/50/750	1 kr./m ²
--------------------	----------------------

Fremstillings-, byggeplads- og montageudgifter

Forudsætningerne for kalkulationen af fremstilling er de samme som for komponenttype A. Byggepladsudgifterne skønnes at være den samme for de to typer, medens montageudgifterne er beregnet til at være lidt lavere for komponenttype C.

Prisoversigt: Delpriser C3

	Kr./m ²
1. Materialeudgifter (mineraluld/celleplast)	205/175
2. Fremstillingsudgifter	25
3. Byggepladsudgifter	75
4. Montageudgifter	70
I alt	375/345

Komponenter med strukturoverflade (D)

Forudsætninger

D1. Komponentens består af hård mineraluld, overfladebehandlet med specialmaling.

Komponenterne monteres med knasfuger og fastholdes med beslag suppleret med klæbning.

D2. Som D1, idet overfladebehandlingen ændres til pålægning af et ca. 3 mm tykt lag kunstharpikspuds armeret med glasfibervæv.

D3. Isoleringsplade af hård mineraluld eller celleplast lægges i en form. Et 10-15 mm tykt lag fiberarmeret puds udlægges. Kantprofiler af tyndpladestål faststøbes. Disse profiler anvendes til fastgørelse af komponenten med særlige beslag.

Den åbne to-trinsfuge stoppes med mineraluld og monteres med neoprenfugebånd.

Det bemærkes, at alle priser er ekskl. moms.

Isolation

100 mm mineraluld, hård mineraluld	97 kr./m ²
65 mm celleplast (PS, PUR, PIR)	70 kr./m ²

Strukturoverflader

Specialmaling	50 kr./m ²
Kunstharpikspudsarm. m. glasfiber	50 kr./m ²
10 mm fiberarmeret puds	60 kr./m ²

(Fibre af glas, polypropylen, kul og metal).

Fremstillings-, byggeplads- og montageudgifter

Forudsætningerne for kalkulationen af fremstillings- og montageudgifterne er de samme som for komponenttype A. Byggepladsudgifterne er anslået til det samme for de to typer.

Prisoversigt: Delpriser D1, D2 og D3

	D1, kr./m ²	D2, kr./m ²	D3, kr./m ²
1. Materialeudgifter	235	235	225
2. Fremstillingsudgifter	70	70	70
3. Byggepladsudgifter	75	75	75
4. Montageudgifter	155	155	155
I alt	535	535	525

Økonomisk sammenfatning

Nedenfor er den samlede m²-pris for de forskellige beskrevne komponenter anført. I anden kolonne er anført de tillæg, der må lægges til m²-prisen, hvis den skal kunne bruges til beregning af de samlede udgifter til efterisolering af en given bygning.

Komponenttype	m ² -pris ekskl. vinduer	Tillæg kr./m ²	I alt kr./m ²
Ventilerede komponenter med profile-rede plader			
A1	465	145	610
A2	575	175	750
Ventilerede komponenter med plane plader			
B	480-670	180	660-850
Komponenter med murstensbeklædning			
C	345-375	105-115	450-490
Komponenter med strukturoverflade			
D1	535	165	700
D2	535	165	700
D3	530	160	690

Samlet vurdering

Den samlede pris ekskl. moms varierer mellem 450 kr. m² for type C til 850 kr./m² for type B med de dyreste plader til regnskærm. Anvendes mere økonomiske pladematerialer, ligger type B på linie med type A og D med et prisniveau på 700 kr./m².

Når komponenter med murstensbeklædning (type C) er væsentligt billigere end de øvrige komponenter, skyldes det primært de meget lave fremstillings- og montagepriser. Materialepriserne er stort set ens for de forskellige komponenttyper. Betragtes de skønnede tillæg til m²-prisen, ses det også, at tillægget for type C er væsentligt mindre end de øvrige, hvilket skyldes, at de forskellige tilslutningsdetaljer løses lettere for denne komponenttype. Som nævnt indledningsvis, er kalkulationerne behæftet med nogen usikkerhed, bl.a. på tidsforbruget til komponentfremstilling og montage. Forskellen på denne post mellem de forskellige typer kan vise sig at være mindre i virkeligheden end vurderet her. Men den meget enkle opbygning af komponenten og de enkle fugeløsninger er de egentlige årsager til prisforskellen.

Vurdering af lønsomhed

Lønsomheden af en udvendig isolering er afhængig af en række forhold ud over prisen (investeringen), først og fremmest:

- energibesparelserne
- de løbende udgifter til vedligeholdelse
- komponenternes levetid.

Da man i de fleste tilfælde vil være nødt til at låne pengene til investeringen, spiller lånevilkårene (renten) også ind. Denne sammenhæng kompliceres af de gældende skatte- og afgiftsregler, der påvirker både indtægter og udgifter. Endelig må der tages hensyn til eventuelle støtteordninger.

I kapitel 2 er angivet k-værdien for de normalt anvendte ydervægskonstruktioner i perioden 1900-1980. Frem til midten af 1950'erne er k-værdien typisk omkring 1,4 W/m² °C.

Efter opsætningen af komponenterne vil den samlede k-værdi være ca. 0,3 W/m² °C.

En nøjagtig beregning af den teoretiske energibesparelse under hensyntagen til kuldebroer, udnyttelse af gratisvarme m.m. kan foretages i de konkrete tilfælde. I denne sammenhæng anses det for tilstrækkeligt nøjagtigt, hvis energibesparelsen beregnes ud fra $\Delta k = 1,0 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ og med graddagtallet 3000.

Den årlige netto-energibesparelse bliver hermed ca. 70 kWh/m².

Energiprisen afhænger af forsyningsformen og kan variere en hel del fra område til område. Opvarmes boligen ved en oliefyret varmecentral, vil kWh-prisen med de nugældende priser og en årsnyttvirkning på 0,85 være ca. 0,40 kr. Denne pris må anses for en passende gennemsnitspris for boliger.

Værdien af den teoretiske energibesparelse er ud fra disse forudsætninger ca. 30 kr. årlig pr. m² efterisoleret ydervæg.

Med en foranstaltning af denne type, hvor levetiden er meget lang, må der imidlertid tages hensyn til energiprisens udvikling. Selv om energiprisen i perioder vil falde, må det stadig antages, at den, set over en længere periode, mindst vil følge den almindelige prisudvikling (inflationen). Måske snarere stige 1-2 pct. i reelle priser pr. år.

Udgifterne til vedligeholdelse af ydervægge af tegl med blank mur er normalt ubetydelige. I nogle situationer kan der dog være tale om udgifter af en sådan størrelse, at de bør indgå i en økonomisk beregning. Her tænkes fx på kolde og fugtige gavle, der medfører skader på tapet og maling.

Er ydervæggene pudsede og malede eller af beton, er der tale om en konstruktion med behov for periodisk vedligeholdelse af samme størrelsesorden som de beskrevne komponenter.

De forskellige komponenters levetid, vedligeholdelsesterminer og udgiften til vedligeholdelsen er vanskelig at fastsætte. Erfaringsgrundlaget er begrænset, og de i skemaet nedenfor angivne værdier må betragtes som et skøn.

Komponenttype	Levetid år	Vedligeholdelse
A og B Ventilerede komponenter med profilerede eller plane plader	50	Efter 20 år foretages en fuldstændig overfladebehandling (150 kr./m ²). Herefter behandling hvert 10. år. (50 kr./m ²). Fuger m.v. gennemgås hvert 20. år samtidig med overfladebehandlingen (25 kr./m ²).
C Komponenter med murstensbeklædning	40	Mørtelfuger gennemgås med 10 års intervaller (50 kr./m ²). Efter 20 år må en mere omfattende renovering påregnes (150 kr./m ²).
D Komponenter med struktur-overflade	40	Overfladen må for de malinglignende typer påregnes eftergået og behandlet med 10 års intervaller (75 kr./m ²). Hvor overfladen består af fiberarmeret puds, eftergås denne med 10 års intervaller. Eventuel malebehandling med samme interval (75 kr./m ²). Fuger m.v. gennemgås samtidig (25 kr./m ²).

Udgifterne til vedligeholdelse pr. m² i nutidspriser ekskl. moms for de beskrevne aktiviteter er anført i parentes.

Det skønnes, at restværdien af komponenterne efter levetidens udløb er 0.

Komponenter af type A og B skønnes at have en længere levetid end C og D. Dette skøn skyldes, at A og B er opbygget på traditionel vis med kendte materialer, hvis omtrentlige levetid er oplyst af fabrikanterne (se kapitel 4). Type C og D er derimod baseret på fabrikmetsmetoder, for hvilke der er et mindre erfaringsgrundlag, og for D's vedkommende er kendskabet til overfladematerialernes holdbarhed begrænset.

Finansiering og støtteordninger

Normalt vil investeringen blive finansieret ved optagelse af et kreditforeningslån. Med de nuværende forhold vil det være muligt at få dækket 90 pct. af udgifterne med 20-årige kontantlån til 14 pct. p.a.

Staten yder inden for rammerne af den gældende varmesynslov tilskud til energibesparende foranstaltninger, der udføres på boligejendomme. I 1984 er tilskuddet 15 pct. for lejeboliger, 10 pct. for ejerboliger, dog maksimalt 7.000 kr. pr. bolig.

Såfremt der er tale om almenyttigt boligbyggeri, vil der være mulighed for at opnå tilskud fra Landsbyggefonden. Til forbedringsarbejder yder fonden et tilskud på op til ⅓ af de pligtmæssige bidrag, som lejerne indbetaler hertil.

Er der tale om byfornyelsesopgaver, gælder særlige regler for finansiering m.v. Med de økonomiske midler, der hidtil har været til rådighed på dette område, er der imidlertid ikke økonomisk grundlag for en udvendig isolering af de pågældende ejendomme. Finansieringsreglerne er derfor ikke nærmere behandlet.

For ejere af enfamiliehuse m.v. må de særlige skattemæssige forhold i forbindelse med rentefradragsreglerne indregnes i lønsomhedsberegningen. Det skønnes, at rentefradragsreglerne vil kunne bevirke en reduktion af ydelserne på 50-60 pct.

Almenyttige boliger (lejere)

Med udgangspunkt i en etageejendom med lejligheder på 70 m² og et tilhørende ydervægsareal på 30 m², kan de økonomiske konsekvenser ved en udvendig isolering opgøres til følgende, udregnet pr. lejlighed:

Anlægsudgift (gennemsnitstal)	kr. 25.000
Energibesparelse pr. år med 1983-energipriser	kr. 900
Nødvendig egenkapital (henlæggelser)	kr. 2.500
20-årigt realkreditlån 14 pct., årlig ydelse 16 pct. af kr. 22.500	kr. 3.600

Vedligeholdelsesudgifterne skønnes i nutidspriser til 5.500 kr. i år 20 og 2.250 kr. hvert 10. år herefter.

En umiddelbar sammenligning mellem energibesparelsen og den årlige ydelse på renter og afdrag giver en forskel på 2.700 kr.

Hvis værdien af energibesparelsen stiger 10 pct. hvert år, vil der være balance mellem besparelser og udgifter efter 15 år.

Ud fra et almindeligt økonomisk synspunkt er foranstalt-

ningen derfor ikke lønsom. Imidlertid må en nettohuslejestigning på 225 kr./måned måske kunne betragtes som acceptabel, når dette beløbs reelle værdi i årenes løb vil blive reduceret som følge af inflationen. Når lånet er tilbagebetalt, må det antages, at vedligeholdelsesudgifterne let kan dækkes ind gennem energibesparelserne.

Når der tages hensyn til de tidligere nævnte støtteordninger samt til de muligheder, der er for en billigørelse af anlægsudgiften ved serieproduktion, er der et rimeligt grundlag for at tro på anvendelsesmuligheder inden for det almenyttige boligbyggeri.

Parcelhuse (ejerboliger)

På tilsvarende måde kan de økonomiske forhold, der er knyttet til en udvendig isolering af et parcelhus på 130 m² med et ydervægsareal på 115 m², opstilles:

Anlægsudgift (gennemsnit)	kr. 80.000
Energibesparelse pr. år med 1983-energipriser	kr. 3.500
Nødvendig egenkapital	kr. 8.000
20-årigt realkreditlån 14 pct., årlig ydelse 16 pct. af kr. 72.000	kr. 11.500

Vedligeholdelsesudgifterne skønnes i nutidspriser til kr. 15.000 i år 20 og 5.000 kr. hvert 10. år herefter. Vedligeholdelsesudgiften pr. m² er lavere end for etagehuse på grund af de mindre stilladsudgifter.

Indregnes rentefradraget med 60 pct., bliver den årlige ydelse kr. 4.600 det første år. Forskellen mellem udgifter og indtægter er således kr. 1.100. Med en årlig energiprisstigning på 10 pct. vil forskellen være udlignet efter 3 år.

De skattemæssige forhold har afgørende indflydelse på regnestykket. Lønsomheden forringes de efterfølgende år af lånets løbetid, men dette må antages at blive kompenseret af inflationen. Mulighederne for at afsætte komponenter til udvendig isolering til ejerboliger må derfor anses for gode.

Sammenfatning

De gennemførte vurderinger af de økonomiske forhold viser, at en udvendig facadeisolering med komponenter kan udføres til en pris, der gør foranstaltningen rimelig rentabel for ejerboliger, idet der, hvis der tages hensyn til de gældende beskatningsforhold, vil være balance mellem udgifter og indtægter efter få år.

Situationen er knap så gunstig for lejeboliger, men da isoleringen af en etageejendom vil kunne gennemføres for nettohuslejestigninger på 200-300 kr./måned, vil der formentlig også være muligheder for anvendelse inden for dette område. Opgaven er økonomisk set af samme størrelse som en vinduesudskiftning, og for det almenyttige byggeris vedkommende vil der være tilskudsmuligheder fra Landsbyggefonden.

7. Byggelovgivning og myndighedsbehandling

Ved gennemførelse af enhver form for udvendig facadeisolering skal der søges byggetilladelse hos den stedlige bygningsmyndighed, som skal tage stilling til konstruktion, materialeanvendelse, eventuel forøgelse af bebyggelsesprocent og bygningens ændrede udseende.

Normalt er der ingen særlige problemer i forbindelse med de konstruktive forhold ved etablering af en udvendig isolering. De statiske forhold og fastgørelse i bygningen skal dog godkendes. Desuden skal det endelige overflademateriale kunne accepteres af bygningsmyndigheden.

Derimod kan der opstå problemer i forbindelse med forøgelsen af etagearealet, idet bebyggelsesprocenten vil blive forhøjet. Hvis den er stor i forvejen, kan man risikere, at en forøgelse nægtes. Desuden skal man være opmærksom på, om byggelinie og naboskel vil blive overskredet ved anvendelse af et fx 10–15 cm tykt isoleringslag på et eksisterende hus. Byggestyrelsen har udarbejdet en vejledning af 25.9.1981, som omhandler byggesagsbehandling i forbindelse med energibesparende foranstaltninger. Der er her bl.a. nævnt:

»Ved isolering af vægge kan der ske mindre overskridelser af afstandskravene til naboskel i kap. 3.2.3., jf. byggelovens § 8.

Byggestyrelsen skal derfor henstille, at kommunalbestyrelsen ved forslag om udvendig isolering, der er rimelige i energimæssig henseende, meddeler de fornødne dispensationer under forudsætning af, at den udvendige isolering i øvrigt er i overensstemmelse med de hensyn, som kommunalbestyrelsen forvalter.«

Det er et spørgsmål, om myndighederne vil tillade en ændring af facader, så et hus kommer til at fremtræde ganske anderledes. Måske forefindes der en bevaringsværdi i området, og måske er netop det pågældende hus af en ganske særlig arkitektonisk værdi. I disse tilfælde vil man formentlig ikke få tilladelse til at gennemføre det påtænkte projekt.

Facadeændringer

Her skal særligt omtales de problemer, der kan opstå i forbindelse med en ændring af husets udseende. Drejer det sig om at isolere huse fra en tid, hvor husenes udformning har givet sig udtryk i facadepynt som stuk, særlige detaljer i murværket, fremspring og recesser, murede eller støbte vinduesindfatninger, pyntesøjler på facaden, kan problemet være, om der overhovedet vil kunne opnås byggetilladelse, hvis alt dette skal skjules.

Fredede huse

Ved fredede huse eller ved huse der ud fra et antikvarisk synspunkt er bevaringsværdige, kan der næppe tænkes givet tilladelse til udvendig facadeisolering. Ved fredede huse skal der i hvert fald foreligge tilladelse fra Fredningsstyrelsen til enhver bygningsforandring, før den stedlige bygningsmyndighed må udstede byggetilladelse. Huse opført før midten af forrige århundrede vil ofte findes i denne kategori af bevaringsværdige bygninger.

Historie

I perioden midt i forrige århundrede og frem til omkring 1920–30'erne blev der udvist en særlig interesse for facaderne »pyntelige« udformning. Perioden i slutningen af forrige århundrede benævnes ligefrem stukperioden og er i København karakteriseret ved husene i Farimagsgade-kvarteret.

Der var dog forskel på interessen for facadeudstyret. Man behøver således kun at gå fra Farimagsgade om i Nansensgade for at kunne konstatere, at det kun er ved de betydende gader, at husene udstyres helt overvældende. I de sekundære gader, hvor mindre fornemme folk boede, gjorde man ikke meget ud af facaderne.

Man skal dog ikke tro, at huse i de mere anonyme gader, fx på Vesterbro og Nørrebro, ikke har nogen værdi. Her findes gader med huse, hvor facaderne udtrykker god harmoni, og hvor de mange huse tilsammen udgør gode helhedsværdier.

Der er sket en ændring i opfattelsen af disse huses værdi i bybilledet, visse områder på »broerne« i København vil nu nok blive søgt bevaret, således at en eventuel udvendig facadeisolering vil være utænkelig.

Fra først i 1920'erne forenkles facaderne. Man begyndte at interessere sig mere for bygningens indretning, for mennesker og husenes mere frie beliggenhed, så der kunne skabes gode opholdsarealer for beboerne. Et typisk eksempel herpå er en stor boligkarré, beliggende i Ågade i København, opført af arkitekten Kay Fisker (Hornbækhus). Her oplever vi næsten glatte facader. Dog findes der murede indfatninger om vinduerne.

Da man for nylig ønskede at ændre vinduerne i denne bebyggelse, skete der omgående en fredning, så der herefter ikke mere vil være mulighed for drastiske ændringer af arkitekturen, fx vil det ikke være muligt at facadeisolere dette hus.

I den funktionalistiske periode, dvs. gennem 20'erne og 30'erne, forsvinder al pynt fra facaderne, og husene bliver enkle og strenge. Interessen koncentrerer sig om funktionen, husets anvendelighed som bolig, og med de deraf følgende konsekvenser, store vinduer og altaner på facaderne. Altan-

karnaphuset opstod, vinduer uden opdeling osv. Nu skal man imidlertid ikke forledes til at tro, at man vil være frit stillet til at foretage facadeisolering på disse huse, at det altså skulle være muligt at ændre facader på alle huse fra 1930 og fremefter.

Det vil stadig være betænkeligt at ændre huses udseende, særligt fordi de er projekteret med de gældende normer for proportioner, materialeanvendelse og inspiration, karakteristisk for tidsperioden. Dette vil man tage stort hensyn til ved bedømmelse af en isoleringssag hos byggemyndigheden.

Byfornyelsen

Et område, hvor udvendig facadeisolering forekommer naturligt, er i forbindelse med sanering eller byfornyelse.

Der skabes ved nedrivninger af bag- eller sidehuse store gavle eller facadepartier, der skal retableres efter nedrivningen.

Hvis disse fremstår som store, rene, uisolerede, murede flader, kan de isoleres uden forstyrrende konsekvenser for bebyggelsen i øvrigt. Det vil derfor kunne være isoleringsmetoden af disse store murflader, der kan give anledning til overvejelser hos myndighederne. De rådgivende teknikere vil naturligt kunne drøfte sagen med myndighederne, forinden der tages endelig stilling.

Byggesagsbehandling

Der indsendes en sædvanlig byggesag til den stedlige byggemyndighed; i København kan der forhandles med Stadsarkitektens Direktorat, forinden projektet færdiggøres, hvilket kan lette sagens gang igennem sagsbehandlingsapparatet. Eller en henvendelse til dette Direktorat kan indebære, at man opgiver at fremsende sag om facadeisolering af en bestemt bygning, da facaden ikke kan tillades ændret.

Bygningsmyndigheden i København bruger således Stadsarkitektens Direktorat som æstetisk konsulent i forbindelse med byggesagsbehandlingen. I de større byer i landet vil det ofte være byens stadsarkitekt, der råder bygningsmyndigheden i sådanne sager. Hvor der ikke findes en stadsarkitekt, vil det være bygningsinspektøren, der vurderer sagen. Han vil være den bedst kvalificerede til vurdering af de æstetiske eller historiske forhold ved en sådan sag.

Kommuneplanloven

Nægtes en sag fremme, dvs., at der ikke kan opnås byggetilladelse til en udvendig facadeisolering, er det spørgsmålet, om denne nægtelse kan holde. Nægtelser kan ankes, og hvis begrundelsen er af æstetisk eller historisk art, kan den ankes til Miljøministeriet, Planstyrelsen, idet nægtelsen er sket på grundlag af kommuneplanlovens § 44, stk. 1.

Denne lov anvendes af myndigheden til byggesagsbehandling af den konkrete sag, uden at der skal udarbejdes lokalplan i den anledning. Der skal blot være et par forudsætninger til stede for, at loven kan bruges, fx skal der være krav om byggetilladelse til det pågældende arbejde, og det vil være tilfældet ved alle former for facadeisolering. Hvis en nægtelse skal kunne holde, skal der i det pågældende gade- eller bybillede forekomme en helhedsvirkning, der forringes ved den

ønskede facadeisolering. Endelig skal der også forekomme en bevaringsværdi ved det pågældende hus.

Lokalplan

Hvis de lokale bygningsmyndigheder ønsker at bevare en bydel eller nogle gadebilleder, skal der blot udarbejdes en bevarende lokalplan, hvori bestemmelser om husenes bevaring eller retningslinier for eventuelle ændringer kan nedfældes.

Det ønskede byggearbejde skal dog være af et vist omfang, før der udarbejdes lokalplan. Dette vurderes ofte af myndigheden i samarbejde med politikerne, når byggesagen er fremkommet.

Facadecensur

En meget stærk hjemmel for nægtelse af en facadeisolering kan foreligge i form af en privat eller offentlig servitut, hvor bestemmelser om bygningens ændring er nedfældet i en deklaration, tinglyst på ejendommen og indført i tingbogen.

I København forefindes der facadecensur mange steder, enten oprettet af byggeforeninger eller af Københavns kommune i forbindelse med salg af grunden til bebyggelse. I sidstnævnte tilfælde findes de såkaldte skødeservitutter.

Den almindelige ordlyd i en sådan servitut kan være: »Husets facader må ikke ændres uden Magistratens godkendelse«. Dette betyder ikke nødvendigvis en nægtelse af sagen, men kommunen vil have medindflydelse på enhver ændring af facaderne.

Offentlig støtte

Endelig må det nævnes, at eventuel godkendelse af økonomi, eller finansiering i forbindelse med disse sager, hvor det offentlige har med interesse, som ved fx almennyttigt boligbyggeri eller sanering, også kan medføre, at der stilles betingelser til arbejdet, eller at det helt nægtes.

Tilskudsordninger

En anden side af samme sag er loven om tilskud til energibesparende foranstaltninger. Energikonsulenten er her blevet forpligtet til at gøre kunden opmærksom på forhold, der ikke specielt vedrører varmesynsrapporten, men henhører under byggesagsbehandlingen. Bekendtgørelse nr. 422 af 14. juli 1982 indeholder således en bestemmelse i § 2, stk. 5, hvori der står, at konsulenten i varmesynsrapporten skal gøre opmærksom på, om foranstaltningernes gennemførelse kræver byggetilladelse. Desuden står der i stk. 6, at foranstaltningerne skal udføres således, at de ikke på uheldig måde ændrer bygningens udseende.

Konklusion

Skal der udføres udvendig isolering af en bygning, skal der altid søges byggetilladelse. Man skal i den forbindelse være opmærksom på den ændring af bygningen, der vil finde sted, og i den anledning måske søge hjælp hos bygningsmyndigheden til en vurdering af mulighederne for sagens gennemførelse, før der igangsættes et omfattende projekteringsarbejde.

8. Eksempler på udvendig efterisolering

I dette kapitel gennemgås de praktiske problemer og økonomiske forhold i forbindelse med en udvendig isolering. Der er for tre forskellige bygninger udarbejdet et skitseprojekt med angivelse af materialevalg og løsning af detaljer. Arbejdets udførelse, nødvendige følgearbejder m.v. er vurderet, og priserne er kalkuleret. De tilhørende energibesparelser er beregnet og de økonomiske konsekvenser for beboerne er kort belyst.

Det er vigtigt at bemærke, at de valgte løsninger kun er eksempler på, hvordan opgaven kan gennemføres. Det er derfor ikke tanken, at de skal kunne anvendes umiddelbart til en egentlig komponentproduktion, men at de skal illustrere de problemer, der er forbundet med konstruktion af komponenter til udvendig isolering.

Arkitektoniske problemer

Som nævnt i de forudgående kapitler har det ikke været muligt inden for projektets rammer at behandle de ofte meget væsentlige arkitektoniske problemer, der er forbundet med udvendig isolering. I konsekvens heraf er der heller ikke foretaget nogen arkitektonisk bearbejdning af løsningerne til de tre bygningstyper.

Valg af bygningstyper

Følgende bygningstyper er valgt:

Eksempel 1: 3-etages ejendom fra 1950 (murede ydervægge).

Eksempel 2: Enfamiliehus fra 1955 (gasbetonydervægge).

Eksempel 3: 4-etages ejendom fra 1960 (ydervægge af betonkomponenter).

Eksempel 1 belyser forholdene omkring de mange fritliggende etageejendomme bygget i perioden omkring 2. verdenskrig. Ydervæggene er normalt opført af 35 cm mur, delvis som kanalmur. Der ses ofte fugtgener i gavllejligheder, og der findes et generelt behov for efterisolering.

Ved valget af et parcelhus som eksempel 2, søges mulighederne for at inddrage enfamiliehusene i det potentielle marked vurderet. Som det fremgår af kapitel 2 kan en meget stor del af den eksisterende boligmasses ydervægsareal henføres til denne kategori.

Begrundelsen for valget af en betonbygget ejendom fra montagebyggeriets begyndelse som eksempel 3 skal søges i den voksende mængde af betonskader. En udvendig isolering vil her kunne opfylde to formål. Først og fremmest vil en eventuel begyndende nedbrydning af facaderne blive standset, og dernæst vil der kunne ske en væsentlig reduktion af varmetabet.

Eksempel 1: 3-etages ejendom fra 1950

Bygningsbeskrivelse

Ejendommen er bygget i 1950 og består af 3 opgange med i alt 18 stk. 3-værelses lejligheder, se figur 8.1. Bruttoetageareal 1225 m². Ydervæggene består af 35 cm massiv mur eller kanalmur. Brystninger under vinduer er trukket 10 cm tilbage i indgangsfacaden og er pudset og malet i en lys farve. Facaden springer ca. 50 cm frem ud for trappen. Facaden mod haven har markante altaner af beton. Under de store vinduespartier er brystningerne ligeledes af beton med 5 cm korkisolering og puds indvendig. Den murede ydervæg ud til altanen er pudset og malet ligesom betonbrystningerne. Tagkonstruktionen består af gitterspær med eternitskifer. Udhængt er relativt stort, ca. 65 cm.

Valg af komponenter

Som nævnt indledningsvis er der ikke foretaget en arkitektonisk vurdering af de valgte løsninger. I dette eksempel anvendes to typer komponenter, dels en række komponenter med profileret metalplade, stålrigler og mineraluld, dels komponenter med en plan beklædningsplade med ventileret hulrum og PUR-isolering. Komponentopdelingen fremgår af de viste facadeudsnit, se figur 8.2 og 8.3.

Det er valgt at stoppe komponenterne ved de fremspringende »trappetårne« for at simplificere projektet. Energibesparelsen ved en isolering af disse arealer er relativ lille.

Da der langs indgangsfacaden findes en tæt buskbeplantning, er der ikke truffet særlige foranstaltninger for at sikre komponenterne mod mekaniske påvirkninger. Et rækværk ud for de to nærmeste komponenter ved indgangspartiet var i givet fald en nærliggende løsning, se figur 8.4, 8.5 og 8.6.

Følgearbejder

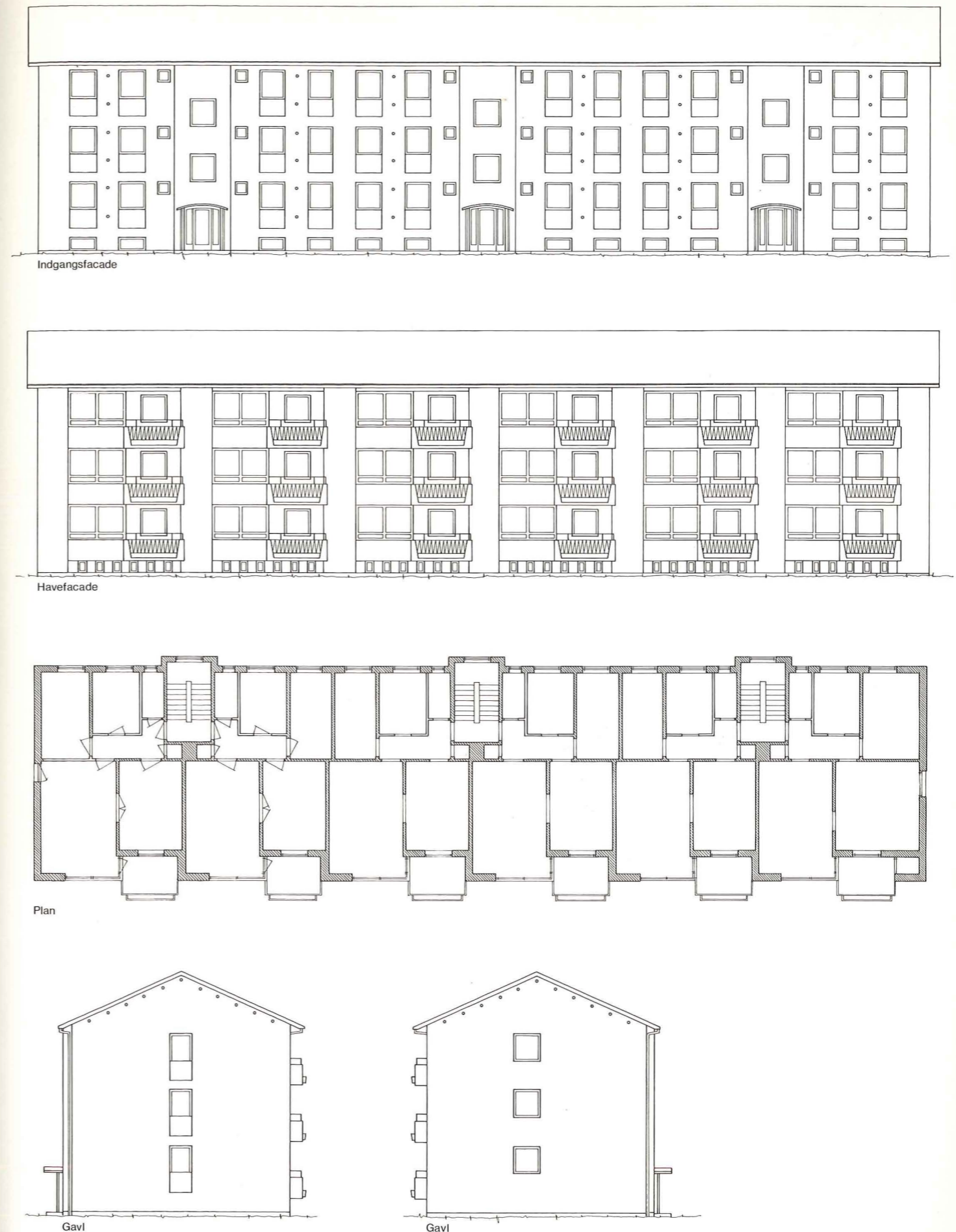
I det viste eksempel kan følgearbejderne indskrænkes til en flytning af tagedløbene. Den førnævnte beplantning kan volde problemer ved montagen og må nok i et vist omfang ryddes og retableres efter endt montage.

Detalløsninger og montage

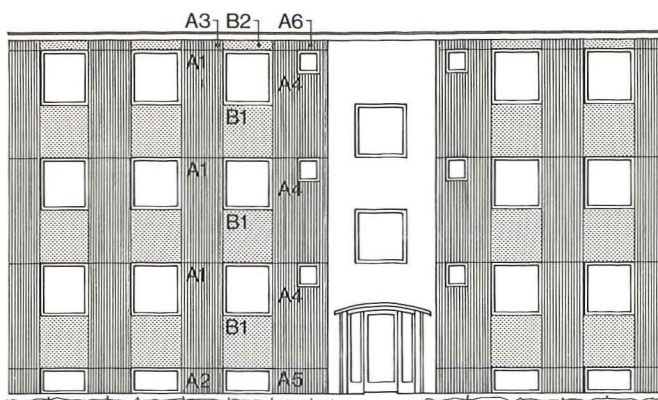
De vigtigste detaljer er vist på figurerne. De væsentligste problemer findes ved altanen hvor en konsekvent isolering ikke kan foretages fuldt ud. Det gælder ved betonrækværket og ved den udadgående altandør.

Komponenterne med stålprofilplade monteres med beslag i fugerne, medens komponenterne med stenbelagt beklædningsplade fastgøres med gennemgående bolte udvendig fra. Største komponentvægt er ca. 40 kg. Alle fuger udføres som to-trinsfuger med neoprenfugebånd eller stålpladeprofiler.

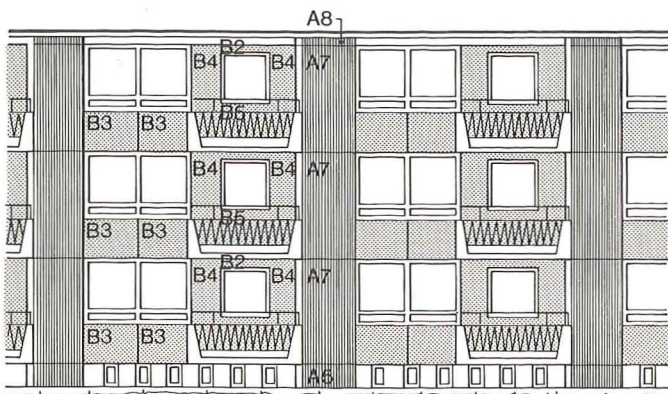
En mere detaljeret beskrivelse af komponenternes opbygning findes i forbindelse med figurerne 8.7 til 8.15.



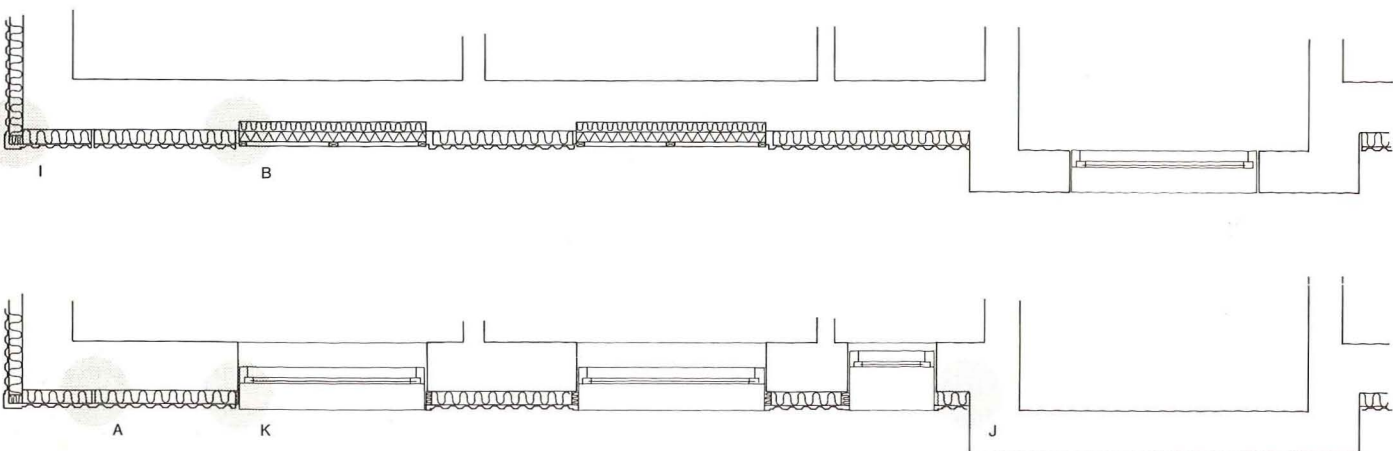
Figur 8.1. Eksisterende forhold for 3-etages ejendom fra 1950.



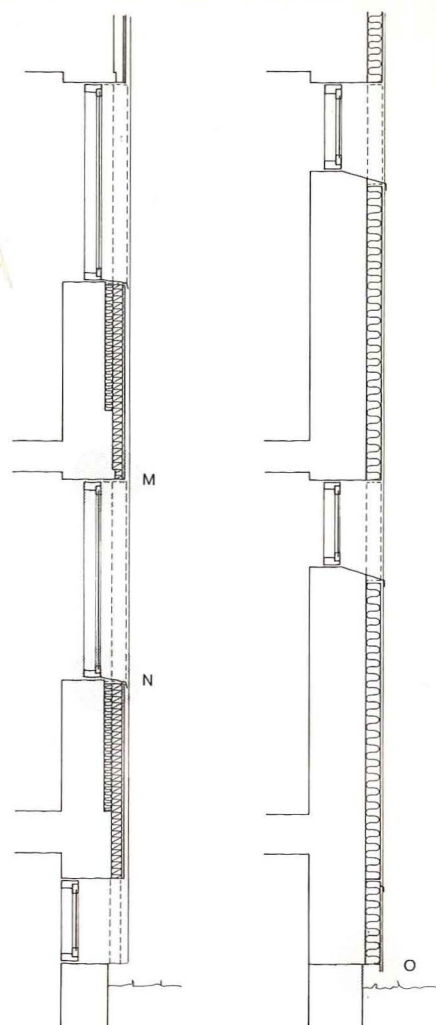
Figur 8.2. Komponentopdeling i indgangsfacade. Beskrivelse af komponenter: Type A. Profileret metalplade monteret på et afstivende rigelsystem af tyndpladeprofiler. Mineraluld klæbet til den profilerede metalplade. Fastgørelse til facade med beslag placeret i fuge mellem komponenter. Type B. PUR-isoleringsplade limet til afdækningsplade af 13 mm fibergipsplade. Udvendig beklædning af stenbelagt klasse A beklædningsplade. Afstandslister af trykimprægneret fyrretræ mellem afdækningsplade og udvendig beklædning. Fastgørelse til facade med bolte gennem komponent.



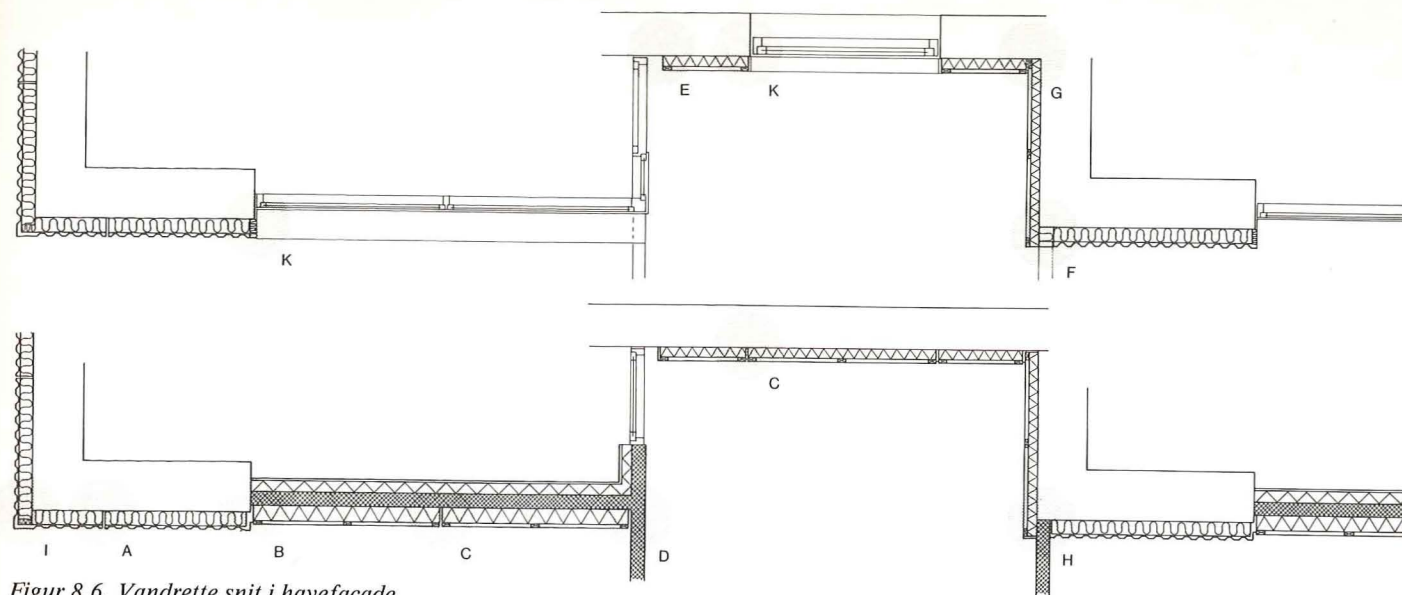
Figur 8.3. Komponentopdeling i havefacade.



Figur 8.5. Vandrette snit i indgangsfacade.

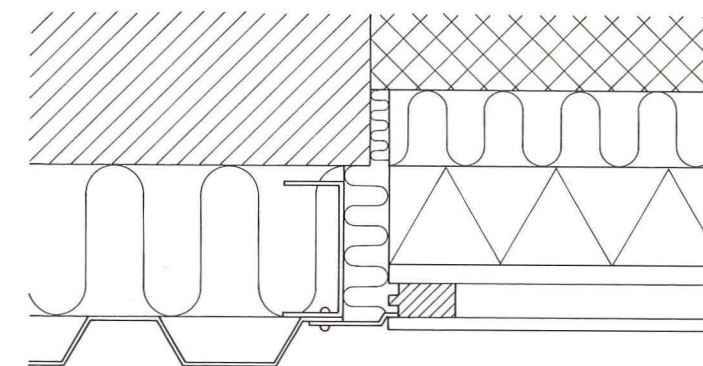


Figur 8.4. Lodrette snit i indgangsfacade.

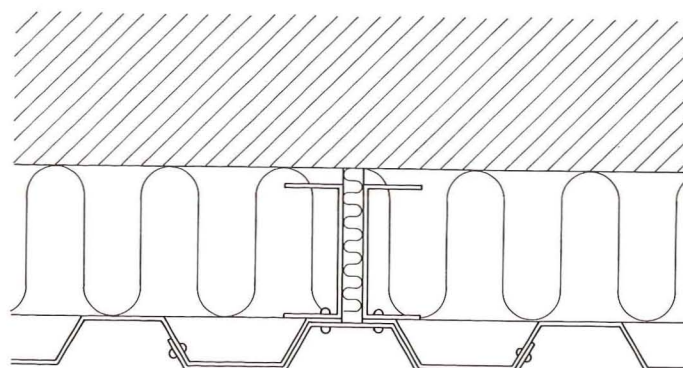


Figur 8.6. Vandrette snit i havefacade.

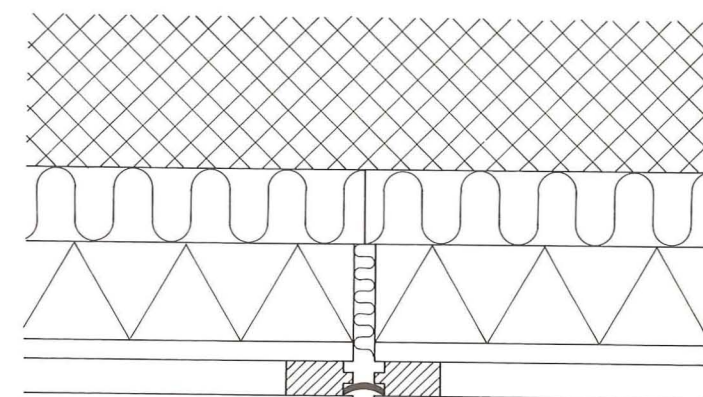
Figur 8.7. Detailløsninger ved forskellige afslutninger (A-O).



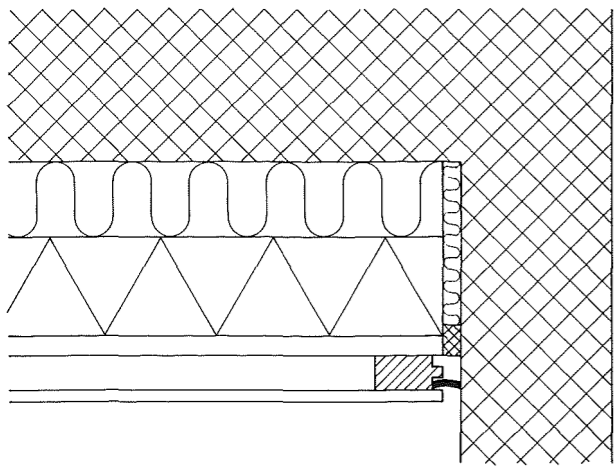
Detalje B: Fuge stoppes med mineraluld og afdækkes med metalpladeprofil.



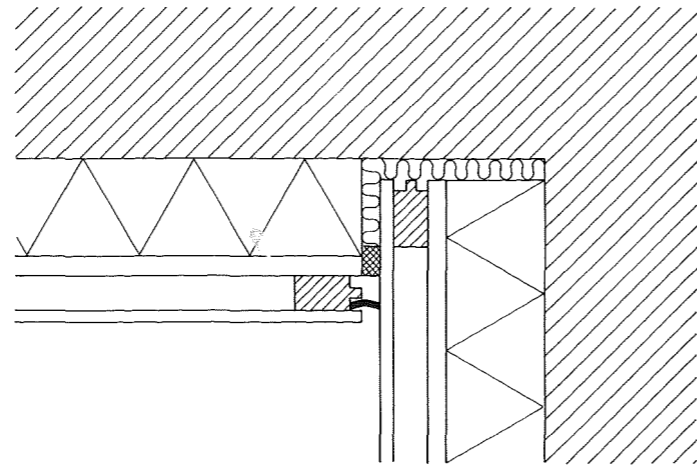
Detalje A: Fuge stoppes med mineraluld og afdækkes med profil, popnippet til metalprofilplader.



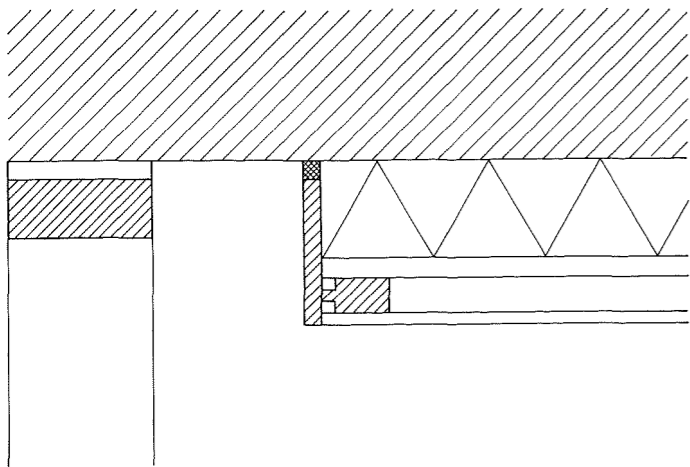
Detalje C: Fuge stoppes med mineraluld, og neoprenfugebånd anvendes som regnskærm.



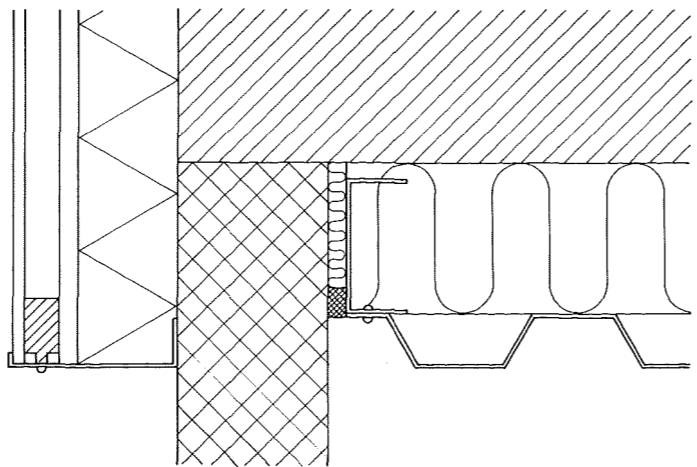
Detalje D: Fuge stoppes med mineraluld og lukkes med ekspanderende fugebånd. Neoprenfugebånd anvendes som regnskærm.



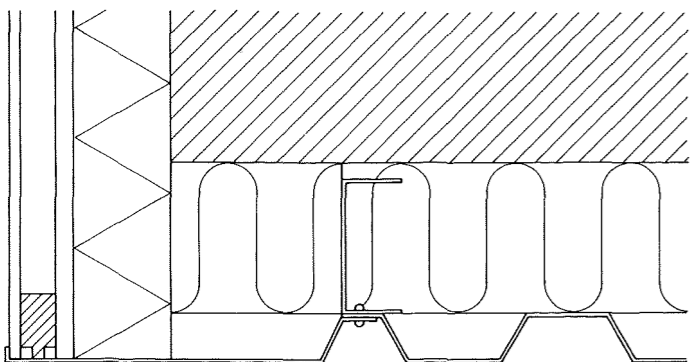
Detalje G: Fuge stoppes med mineraluld og lukkes med ekspanderende fugebånd. Neoprenfugebånd anvendes som regnskærm.



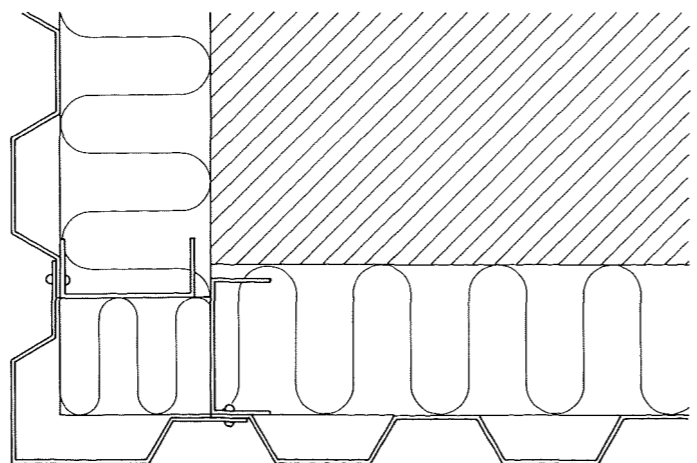
Detalje E: Komponent afdækkes ved kant med vandfast krydsfiner. Mellem afdækning og eksisterende facade fuges med plastisk fuge-masse.



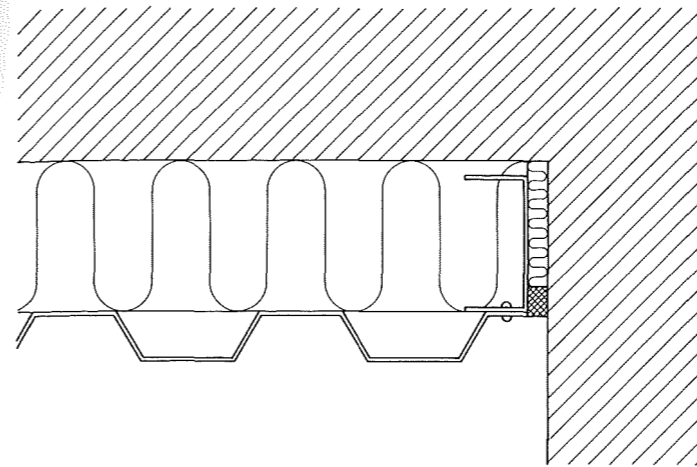
Detalje H: Kant afdækkes med metalprofil. Fuge i indadgående hjørne lukkes med ekspanderende fugebånd.



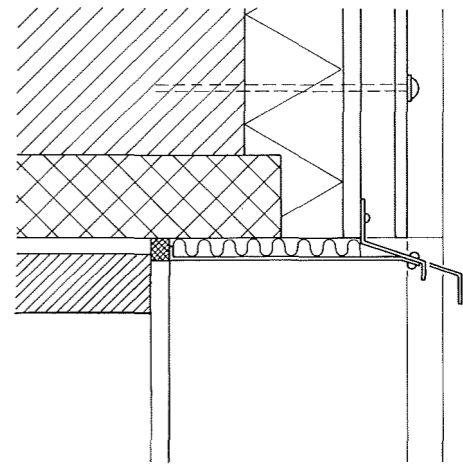
Detalje F: Hulrum udfyldes med mineraluld på stedet og afdækkes med metalpladeprofil.



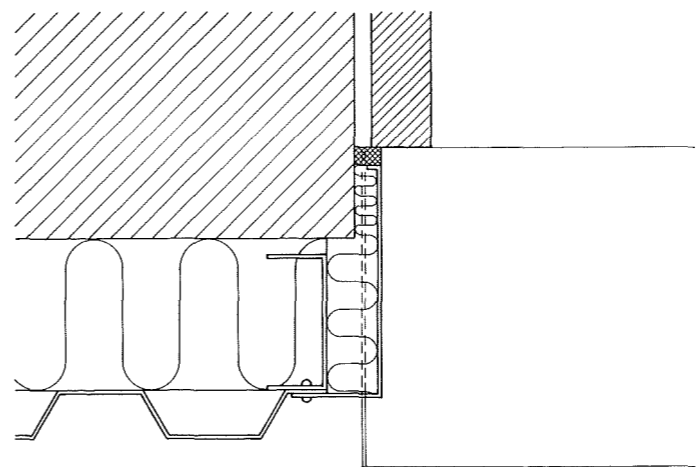
Detalje I: Mineraluld fastlimes til underlag og afdækkes med metalpladeprofil, som popnattes til komponenter.



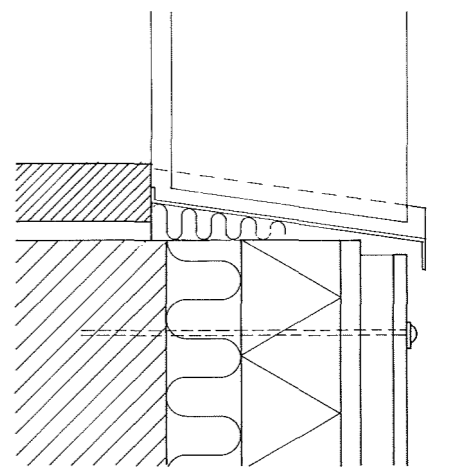
Detalje J: Fuge stoppes med mineraluld og lukkes med ekspanderende fugebånd.



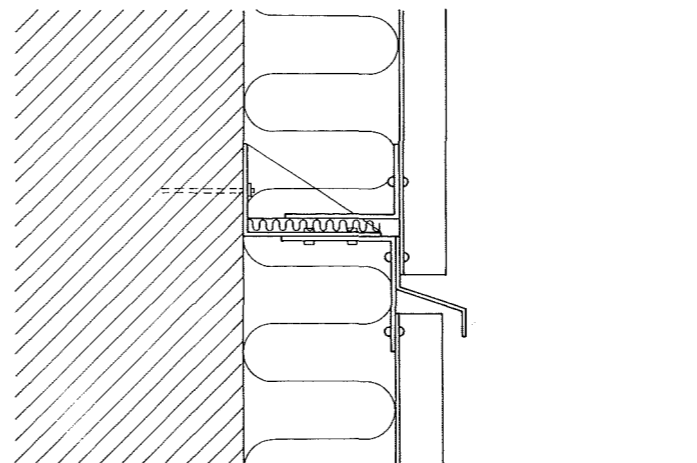
Detalje M: Fuge udfyldes med mineraluld og lukkes med elastisk fuge-masse. Drypnåse monteres over lysningsprofil.



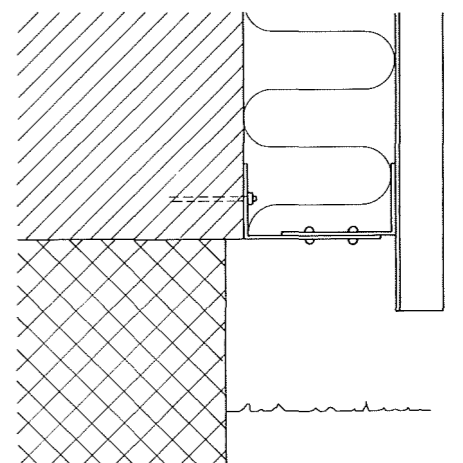
Detalje K: Lysningsprofil af metalpladeprofil fastholdt med skruer. Ekspanderende fugebånd i fugens bund.



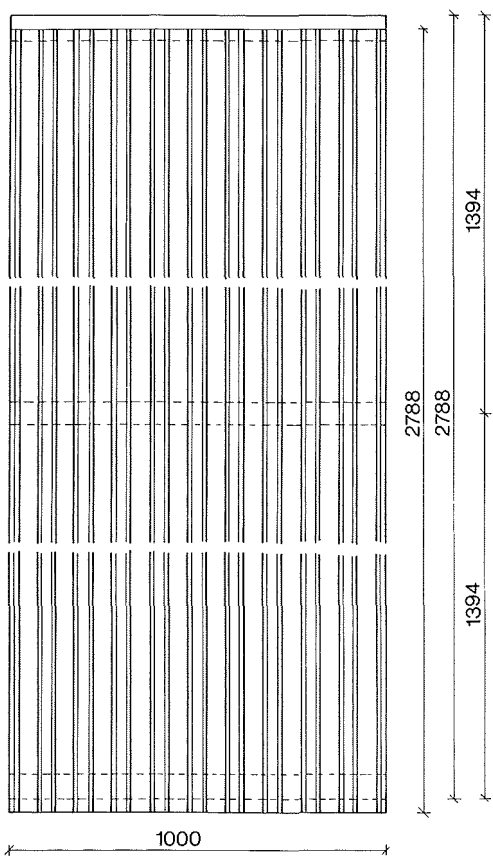
Detalje N: Fuge udfyldes med mineraluld. Lysning udføres af metalpladeprofil.



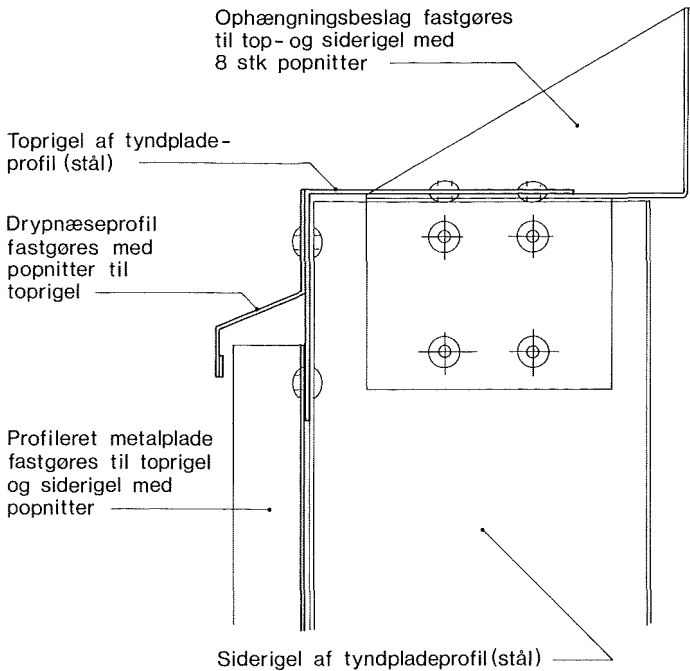
Detalje L: Komponent monteret på facade med ekspansionsanker gennem ophængningsbeslag. Øverste komponent fastholdes i bund til nederste komponent. Fugebånd af mineraluld udlægges på nederste komponent, før øverste monteres.



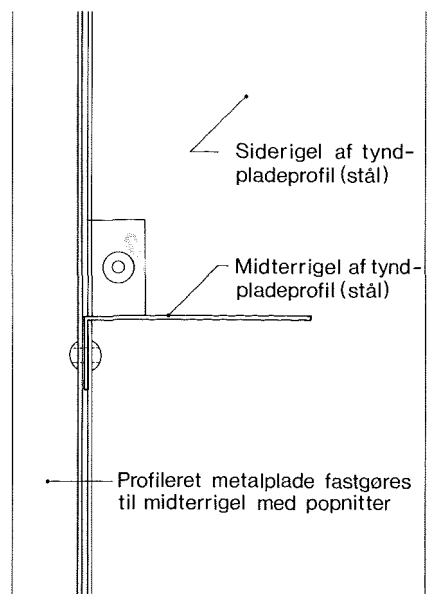
Detalje O: Bundskinne af stålprofil fastholdes med ekspansions-ankre og forsynes med drænhuller. Bundrigel i komponent fastgøres i bundskinnen.



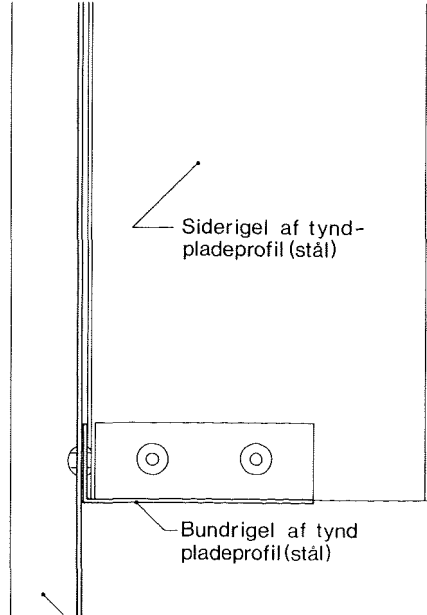
Figur 8.8. Opstalt af komponent med profileret pladebeklædning (A1).



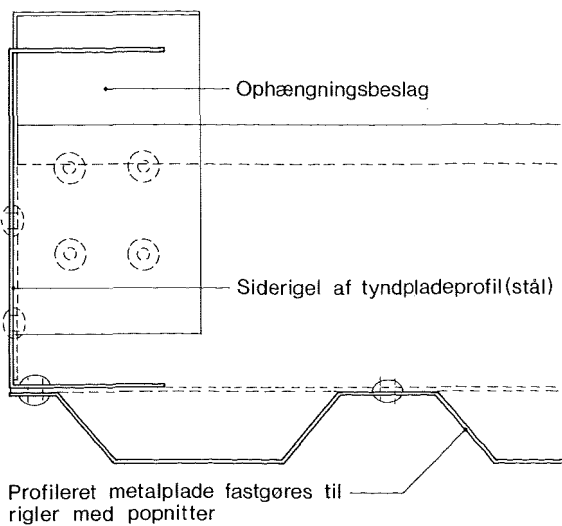
Figur 8.9. Detalje af komponent vist på figur 8.8.



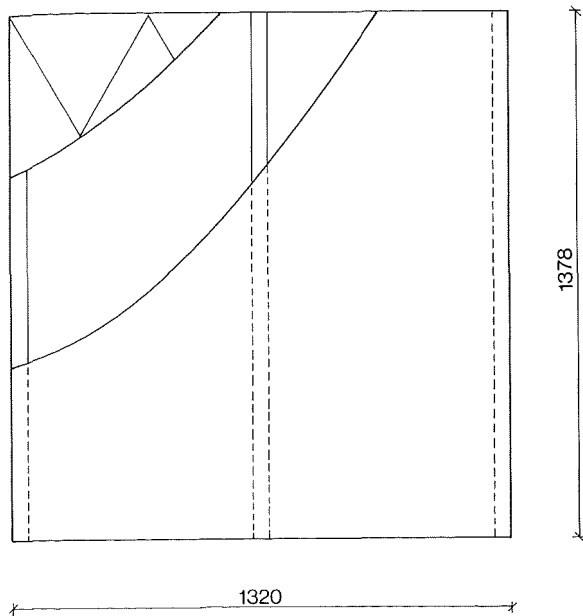
Figur 8.10. Detalje af komponent vist på figur 8.8.



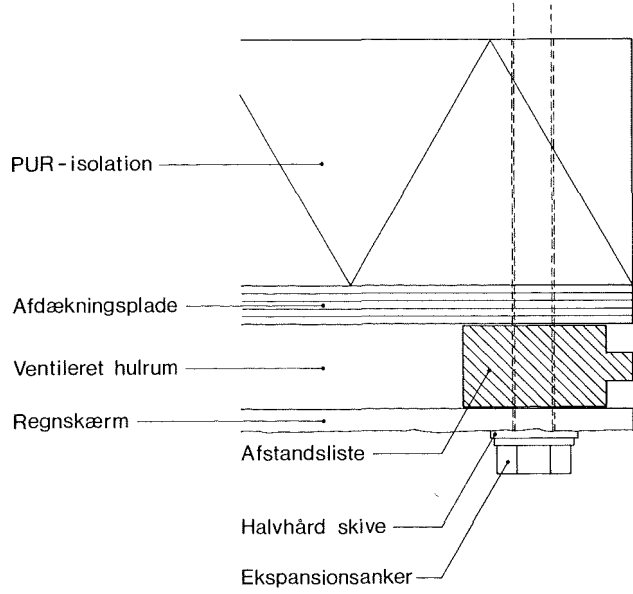
Figur 8.11. Detalje af komponent vist på figur 8.8.



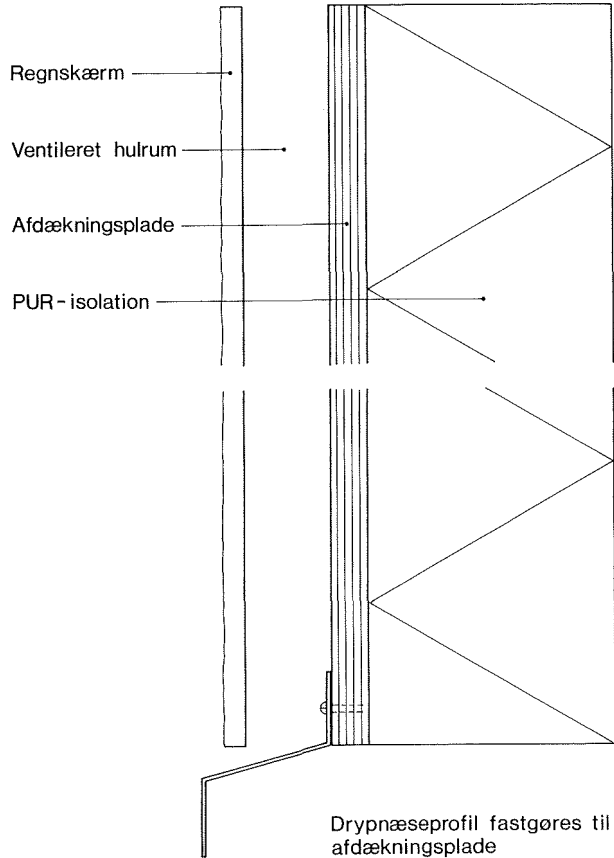
Figur 8.12. Detalje af komponent vist på figur 8.8.



Figur 8.13. Opstalt af komponent med plan pladebeklædning (B1).



Figur 8.14. Detalje af komponent vist på figur 8.13.



Figur 8.15. Detalje af komponent vist på figur 8.13.

Til entreprenørudgifterne må lægges teknikerhonorarer og finansieringsudgifter m.v. Såfremt der er mulighed for opnåelse af tilskud i henhold til lov om energibesparende foranstaltninger eller anden form for tilskudsordning, skal dette modregnes i de samlede udgifter.

Energibesparelser

De tilhørende energibesparelser kan med en kWh-pris på 0,40 kr. svarende til fyringsgasolie anvendt i egen blokcentral, beregnes til kr. 16.500 pr. år.
Energibesparelse pr. m² bruttoetageareal kr. 13,50

Finansiering

Investeringen kan finansieres ved optagelse af et kreditforeningslån til 14 pct. p.a. på 90 pct. af udgiften. Løbetid 20 år.
Årlig ydelse 16 pct. eller kr. 65.000
Årlig ydelse pr. m² bruttoetageareal kr. 53,00

For beboerne vil projektet medføre en årlig merudgift på kr. 40 pr. bruttoetagemeter. Regnes med en jævnt stigende værdi af energibesparelsen på 10 pct. om året de næste årtier, vil der være balance efter 15 år mellem udgift og energibesparelse.

For en lejlighed på 68 m² bliver den månedlige nettohuslejestigning kr. 225.

Økonomiske forhold

Det isolerede ydervægsareal er brutto 750 m² (inkl. vinduer og trappefacade).
Nettoarealet, dvs. det med komponenterne dækkede areal, er 550 m².
En priskalkulation ud fra de i kapitel 6 oplyste forudsætninger giver følgende beløb.

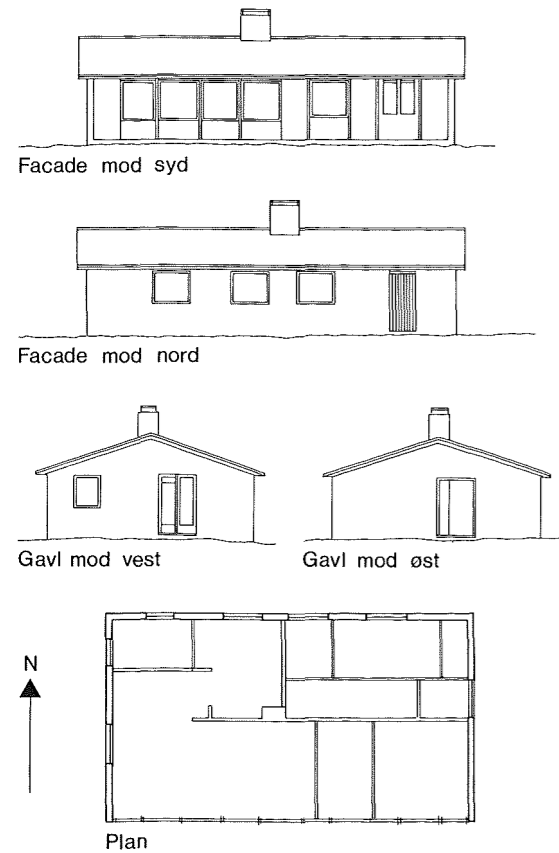
Komponentleverance og montage	kr. 350.000
inkl. byggepladsetablering	kr. 20.000
Følgearbejder	kr. 370.000
	22 pct. moms kr. 81.500
Entrepenørudgift i alt:	kr. 451.500

Eksempel 2: Enfamiliehus fra 1955

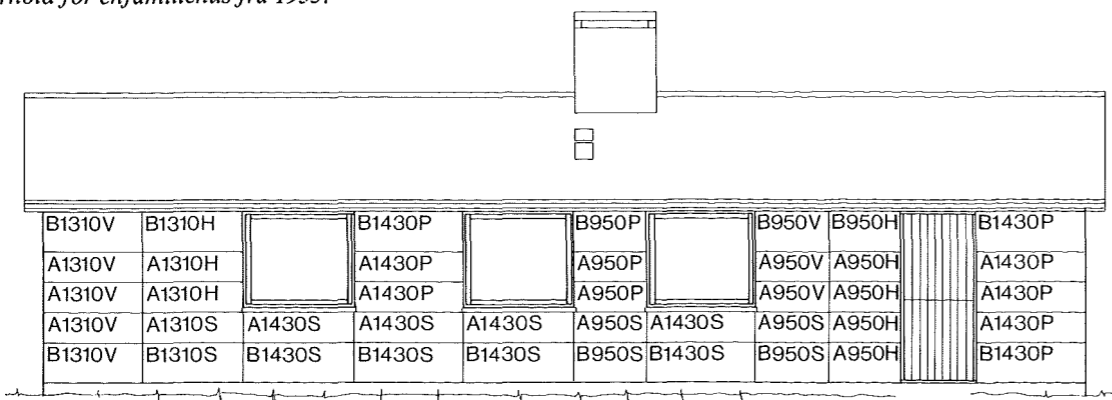
Bygningsbeskrivelse

Enfamiliehuset er opført i 1955 og har et bruttoetageareal på 104 m², se figur 8.16.

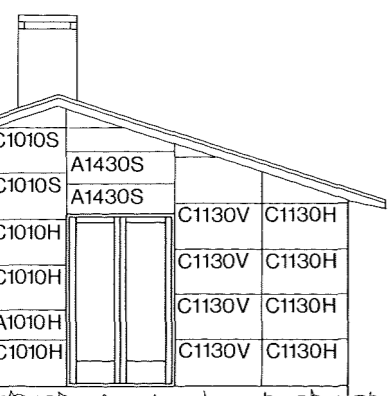
Ydervæggene består for nordfacaden og gavlenes vedkommende af 23 cm porebetonblokke. Sydfacaden er udført som let facade med vandret træbeklædning.



Figur 8.16. Eksisterende forhold for enfamiliehus fra 1955.



Figur 8.17. Komponentopdeling i nordfacade.



Figur 8.18. Komponentopdeling i gavl mod vest.

Tagkonstruktion består af gitterspær med eternitskifer, tagudhænget er ca. 30 cm.

Valg af komponenter

Eksempelvis er det valgt at anvende en komponent med teglstenkaller på halvhård mineraluld.

Komponentopdelingen er foretaget ud fra ønsker om at minimere antallet af varianter samt holde de enkelte komponenter inden for en størrelse og vægt som gør dem let håndterlige. Komponentopdelingen fremgår nærmere af figur 8.17-8.19.

Følgearbejder

Følgearbejderne vil kunne indskrænkes til rydning og retablering af generende beplantning samt flytning af tagedløb.

Detalløsninger

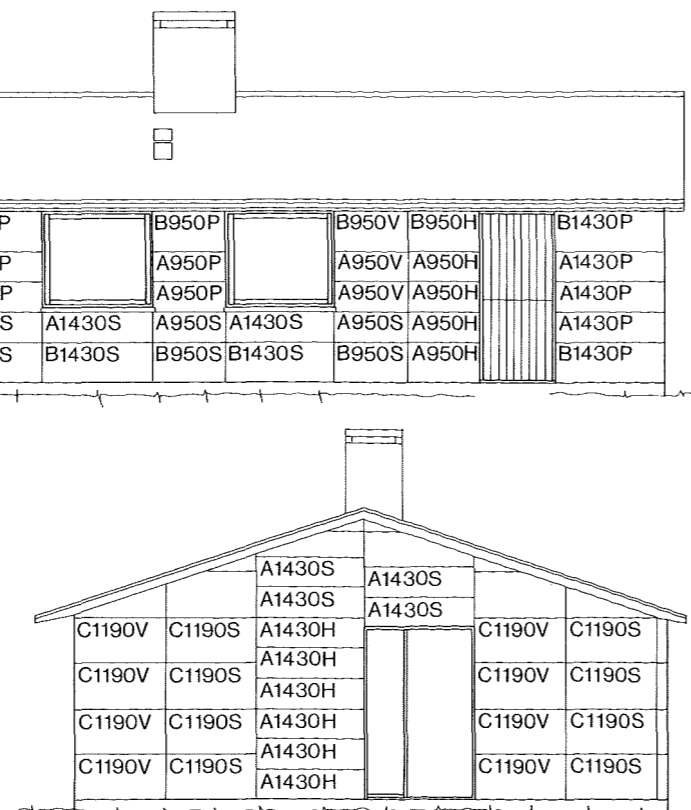
De vigtigste detaljer er vist på figur 8.20 (A-H).

Som nævnt indledningsvis er der ikke foretaget en arkitektonisk vurdering af løsningen.

I eksemplet er vist, hvordan komponenter med teglstenkaller er anvendt på ydervæg og gavltrekanten af porebeton. Isoleringen af gavltrekanten vil i mange tilfælde kunne ske med andre materialer, enten som komponenter eller opbygget på stedet. De mest nærliggende materialer vil være asbestcement, krydsfiner eller brædder.

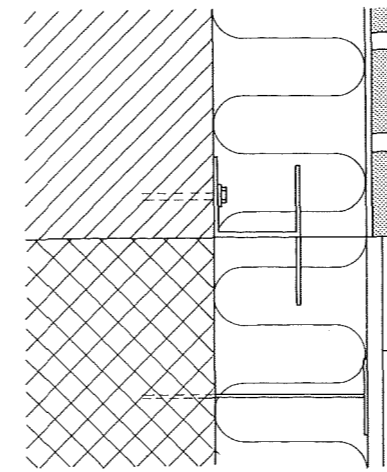
Komponentfremstillingen er beskrevet på figur 8.21.

Komponenterne monteres med en kombination af klæbning og mekanisk fastgørelse, se figur 8.20 (A-H). Efter montagen udfuges med normal fugemørtel, svarende til den mørtel, der er anvendt ved komponentfremstillingen.

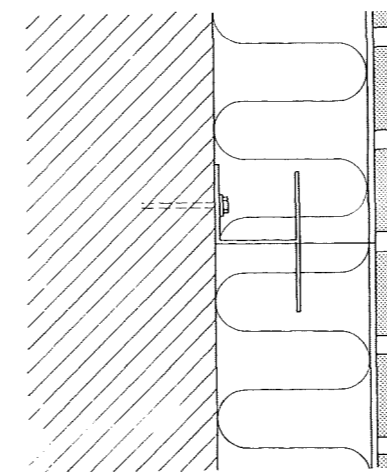


Figur 8.19. Komponentopdeling i gavl mod øst.

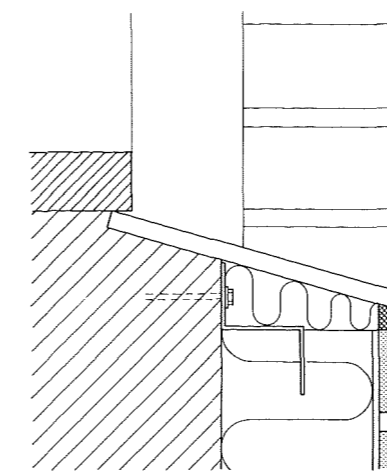
Figur 8.20. Detalløsninger ved forskellige tilslutninger (A-H).



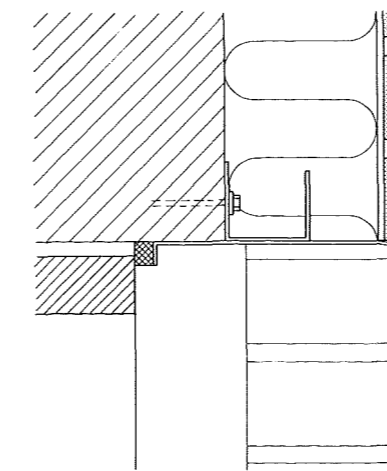
Detalje A: Fundamentisolering af 100 mm hård mineraluld fastholdt ved klæbning og isoleringsdorne. Sokkeloverflade af fiberarmet puds.



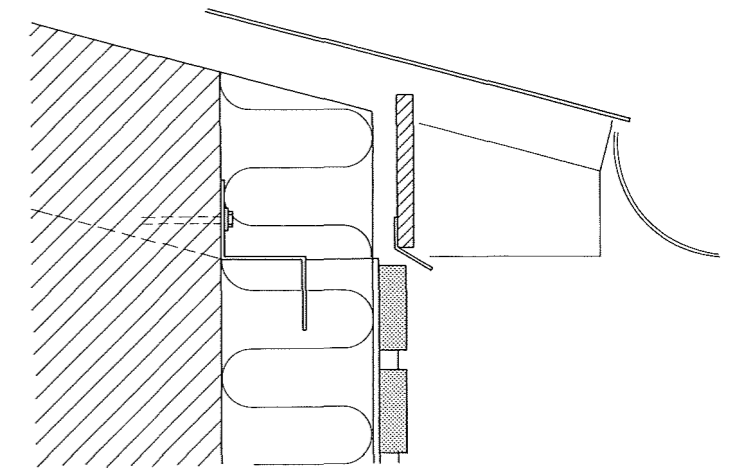
Detalje B: Komponenter monteret ved brug af isoleringsbøjler i vandrette fuger samt ved klæbning. Fuger ud for komponentsamlinger fuges med mørtel efter montage.



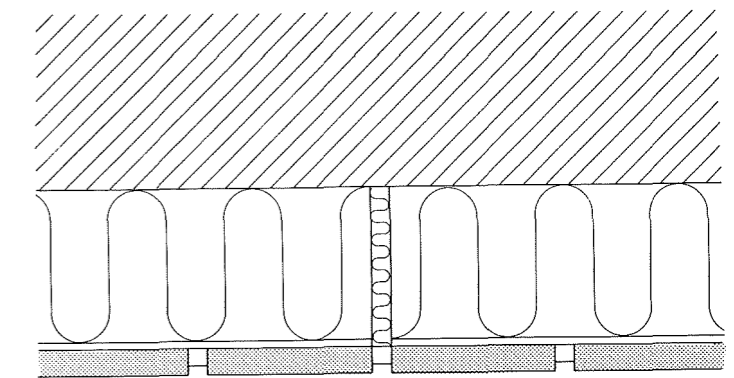
Detalje C: Ny sålbænk oplægges efter montage af isoleringskomponenter. Mellem sålbænk og isoleringskomponent stoppes med mineraluld.



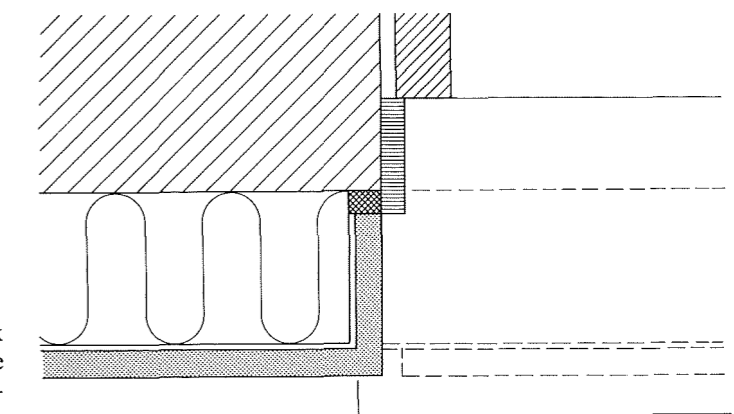
Detalje D: Vandret lysningsprofil af metalplade til afdækning af mineraluld. Mellem lysningspanel og kalfatringsfuge monteres et ekspanderende fugebånd.



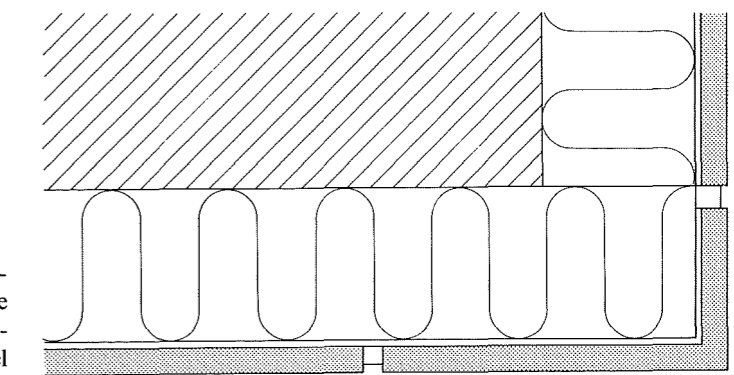
Detalje E: Over komponent anbringes mineraluld imellem spær. Der afdækkes med sternbræt.



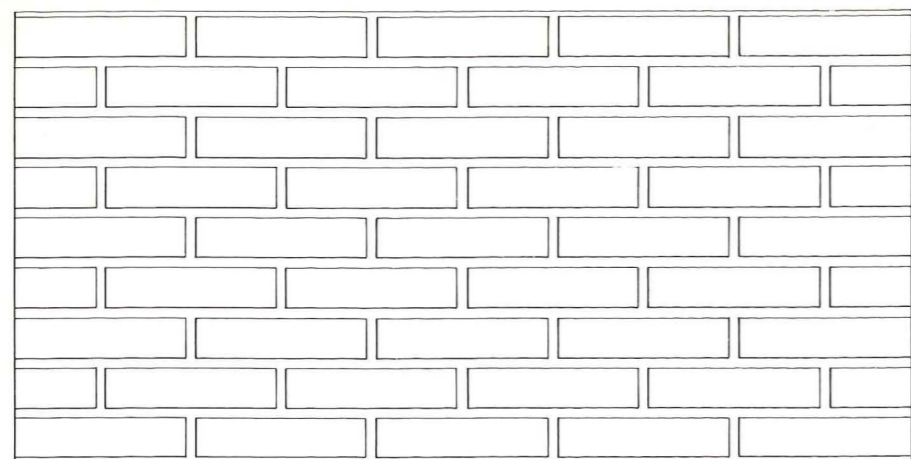
Detalje F: Lodret fuger mellem komponenter stoppes med mineraluld og fuges med mørtel.



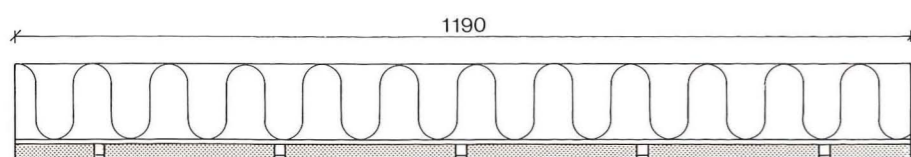
Detalje G: Lodret fuger i vindueslysning. Mellem isoleringskomponent og eksisterende ydervæg fuges med mørtel eller anbringes ekspanderende fugebånd. Lysningspanel til afdækning af fugen kan benyttes.



Detalje H: Lodret fuger mellem gavl- og facadekomponenter fuges med mørtel efter montage.

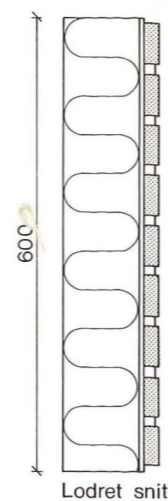


Opstalt



Vandret snit

Figur 8.21. Isoleringskomponenten består af 100 mm halvård mineraluld med påklæbte teglstensskaller. Vægt ca. 40 kg. Der anvendes fyldte fuger, udført med KC 50/50/750.



Lodret snit

Økonomiske forhold

Det isolerede ydervægsareal er brutto 75 m² (inkl. vinduer og døre). Nettoarealet, dvs. det med komponenterne dækkede areal, er 60 m².

En priskalkulation ud fra de i kapitel 6 oplyste forudsætninger giver følgende beløb.

Komponentleverance og montage	kr. 27.000
inkl. byggepladsetablering	kr. 3.000
Følgearbejder	kr. 30.000
22 pct. moms	kr. 6.600
Entreprenørudgift i alt:	kr. 36.600

Til entreprenørudgifterne må lægges teknikerhonorarer og finansieringsudgifter m.v. Såfremt der er mulighed for opnåelse af tilskud i henhold til lov om energibesparende foranstaltninger eller anden tilskudsordning, skal dette modregnes i de samlede udgifter.

Energibesparelser

De tilhørende energibesparelser kan med en kWh-pris på 0,40 kr. svarende til fyringsolie anvendt i eget centralvarmeanlæg beregnes til kr. 1.800 pr. år. Energibesparelse pr. m² etageareal kr. 17,50 pr. år.

Finansiering

Investeringen kan finansieres ved optagelse af et kreditforeningslån til 14 pct. p.a. på 90 pct. af udgiften, dvs. et lån på kr. 33.000. Løbetid over 20 år.

Årlig ydelse 16 pct. eller kr. 5.300
 Årlig ydelse pr. m² bruttoetageareal kr. 50,00

For beboerne vil projektet medføre en årlig merudgift på ca. kr. 33 pr. m² bruttoetageareal.

Med de gældende beskatningsregler kan der fx regnes med, at 60 pct. af renteudgifterne er fradragsberettigede.

Regnskabet det første år bliver da følgende:

Afdrag og bidrag til reservefond ca.	kr. 700
Renteudgifter = 0,14 · 33.000 · 0,4, ca.	kr. 1.800
I alt kr. 2.550	

Fratrækkes energibesparelsen på kr. 1.800, bliver den månedlige nettohuslejning ca. 60 kr.

Med en jævnt stigende værdi af energibesparelsen på 10 pct. om året, vil der være balance imellem besparelser og udgifter efter 4 år.

Eksempel 3. 4-etages ejendom fra 1960

Bygningsbeskrivelse

Ejendommen er opført i 1960 og indeholder 4 opgange med i alt 48 lejligheder, se figur 8.22.

Bruttoetageareal 2700 m².

Ydervæggene består af betonsandwichkomponenter med 40–60 mm celleplastisolering. Fugerne imellem komponenterne er traditionelle to-trinsfuger med neoprenfugebånd i de lodrette fuger og en overlappende tå i de vandrette fuger.

Den udnyttede kælder rager ca. en halv etagehøjde op over terræn. Trapperne er placeret midt inde i bygningen. Den ene facade er forsynet med indeliggende altaner, og ydervæggen mod altanerne er udført af lette facadekomponenter.

Den flade tagkonstruktion er et betondæk med udvendig isolering og tagpap.

Betonkomponenterne har henholdsvis glatte overflader støbt med hvid cement og riflede overflader i almindelig grå farve.

Valg af komponenter

For at belyse mulighederne for anvendelse af isoleringskomponenter med strukturoverflade, benyttes i dette eksempel komponenter af PIR-isolering med fiberarmeret puds. Fugerne udføres som to-trinsfuger med ekspanderende fugebånd.

Ved fastlæggelse af komponentopdelingen er der som tidligere anført ikke foretaget nogen form for arkitektonisk vur-

dering. I stedet er opdeling fastlagt ud fra ønsket om at få så få varianter som muligt. Størrelsen begrænses til ca. 60 × 280 cm af hensyn til håndterligheden.

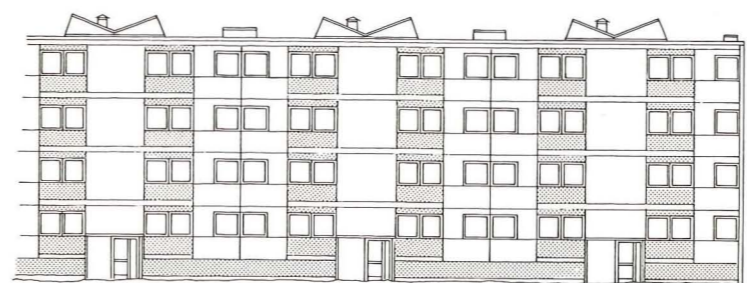
Placering af fuger

De vandrette og lodrette fuger i den nye facade er søgt placeret ud for de eksisterende fuger. Eventuelle spring i den oprindelige overflade kan hermed optages i den nye fuger. Desuden bevares på denne måde udluftningsmuligheden af den eksisterende betonfacade, hvilken dog må anses for mindre væsentlig.

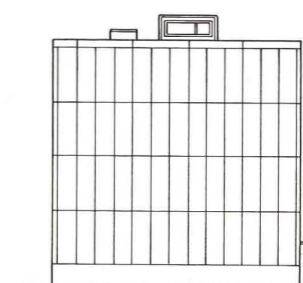
Statisk beregning

Komponenten fastgøres til betonbagstøbningen med bolte/ankre. Det kan overvejes at fastgøre komponenterne til forstøbningen, men i så tilfælde må der foretages nærmere undersøgelser af forstøbningens ophængning/fastgørelse til bagstøbningen, så der er sikkerhed for, at den ekstra belastning kan optages.

Komponentopdelingen fremgår nærmere af figur 8.23 og 8.24. Beklædningen stoppes ved underside dæk og ved indeliggende altaner. Som det ses af figur 8.26, er altanens »endevæg« ved opførelsen isoleret udvendigt med lægter, isolering og bræddebeklædning. Yderligere isolering på dette sted vil mest naturligt kunne foretages ved at bygge videre på denne konstruktion. En forstærkning af overfladen på grund af dynamiske belastninger skønnes ikke nødvendig langs facaderne, men kan komme på tale i gavlene, der er mest udsatte.



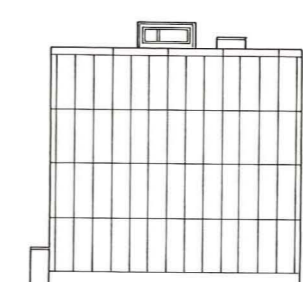
Indgangsfacade



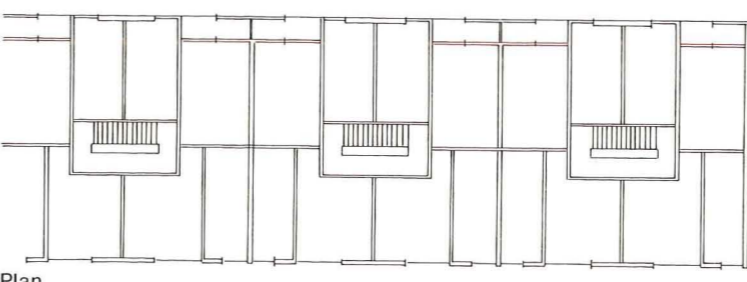
Gavl



Havefacade



Gavl

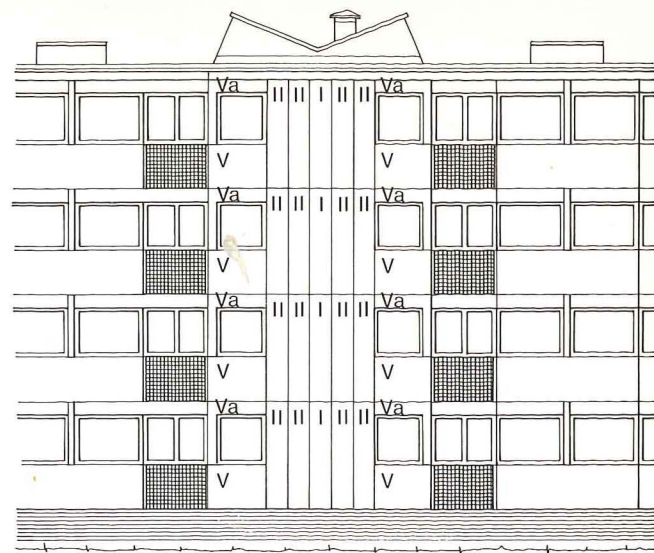


Plan

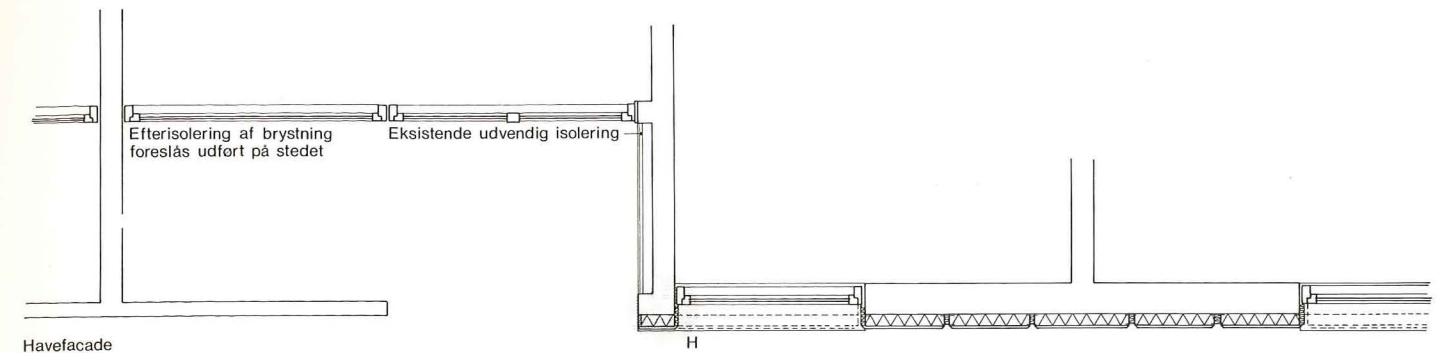
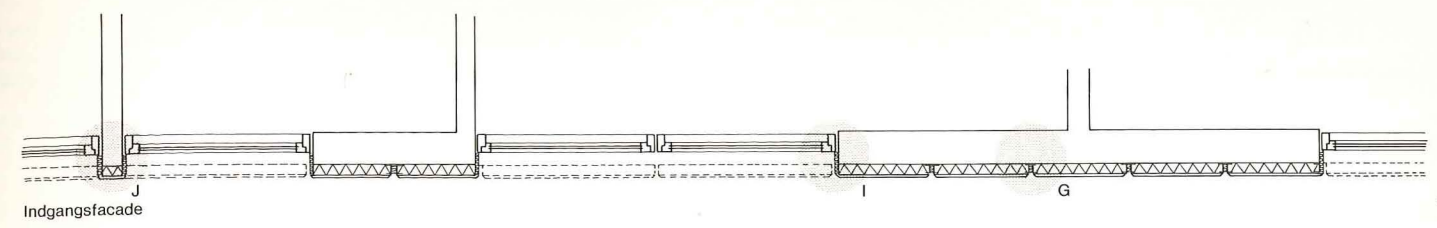
Figur 8.22. Eksisterende forhold for 4-etages ejendom fra 1960.



Figur 8.23. Komponentopdeling i indgangsfacade. Beskrivelse af komponent: Stiv isoleringsplade af PIR med strukturoverflade af puds med polypropylenfiberarmering. Kantskinner af tyndpladestål fastlimet til isolering. Kantskinner anvendes til at udføre en to-trins tætning mellem komponenter samt til at fastgøre komponenterne til ydervæggen.



Figur 8.24. Komponentopdeling i havefacade.



Figur 8.26. Vandrette snit i facader.

Følgearbejder

Følgearbejderne må vurderes som minimale. Tagedløbene er placeret inde i bygningen, og udendørsbelysningen er ikke placeret på den isolerede flade. Følgearbejderne vil kunne indskrænkes til rydning og retablering af generende beplantning især langs indgangsfacaden. Dertil kommer forstærkning af den nederste meter af gavlene.

Detalløsninger

På figur 8.27 (A-J) er vist de vigtigste detaljer. Det bemærkes, at lysningspanelerne udføres af hård mineraluld med strukturoverflade limet til betonoverfladen.

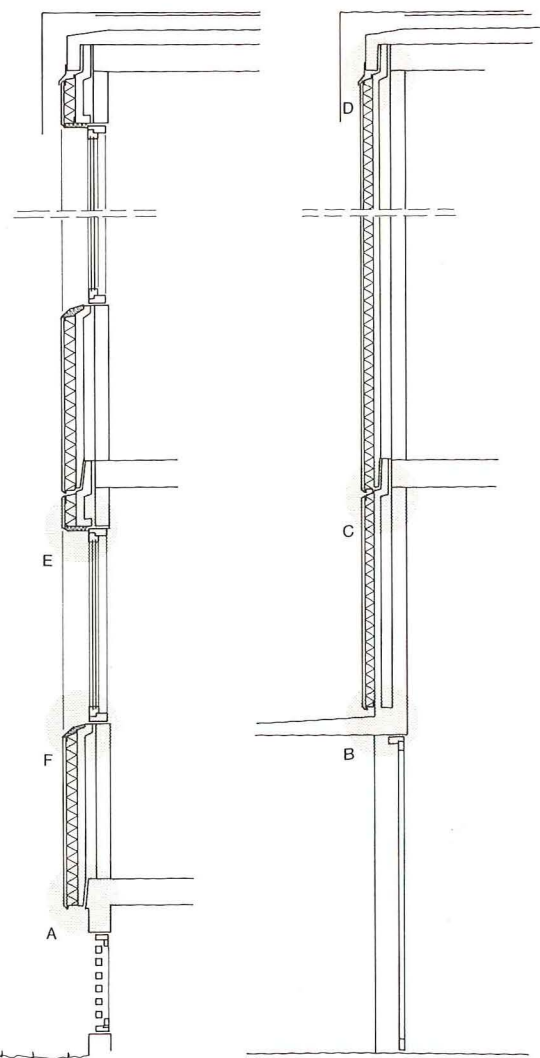
Komponentfremstillingen er beskrevet på figur 8.28-8.30, medens figur 8.31 viser de monterede komponenter.

Brandkrav

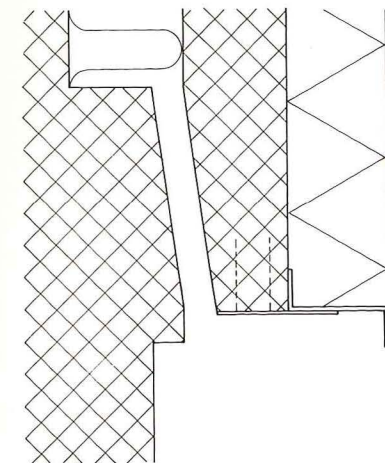
Kravet om klasse 1-overflade må dokumenteres ved brandprøvning. Ligeledes må kravet om sektioneringen af facaden i felter på max. 50 m² ud for lejlighedsskel med F bygningsdel 30 opfyldes.

Sektioneringskravet opfyldes ved at opbygge de enkelte komponenter med en ramme af tyndpladestål. Desuden stoppes de lodrette fuger med mineraluld. En anden mulighed er at forsyne komponenterne med en kant af mineraluld, eller at udforme fugerne, så de yder den nødvendige modstand mod flammespredning.

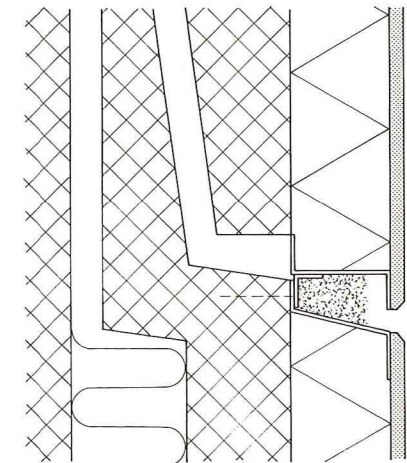
Endelig må det bemærkes, at styrken i faststøbingen af kantprofilen i overfladen må undersøges nærmere, så der er sikkerhed for, at belastningen kan optages på forsvarlig måde.



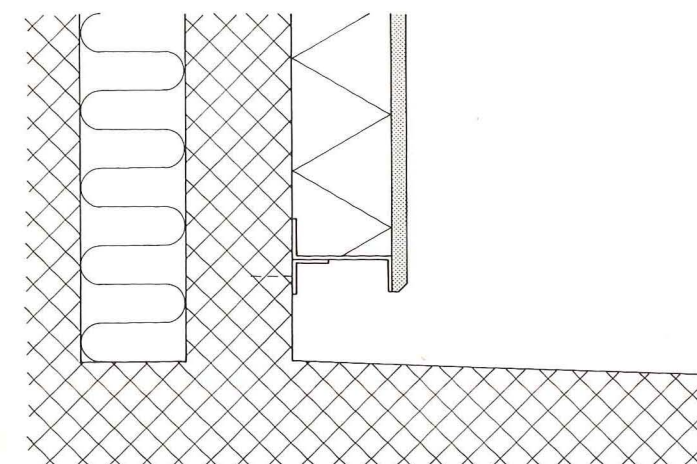
Figur 8.25. Lodrette snit i facader.



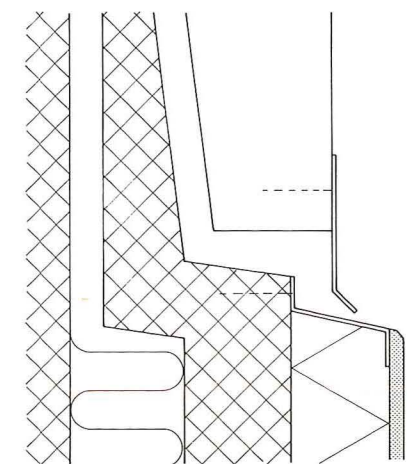
Detailje A: Komponent afdækkes i bund med stålpladeprofil.



Detailje C: Vandret fuger mellem komponenter udføres som åben fuger.

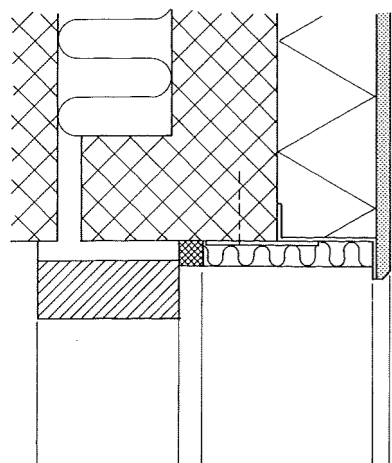


Detailje B: Komponent afdækkes i bund med stålpladeprofil.

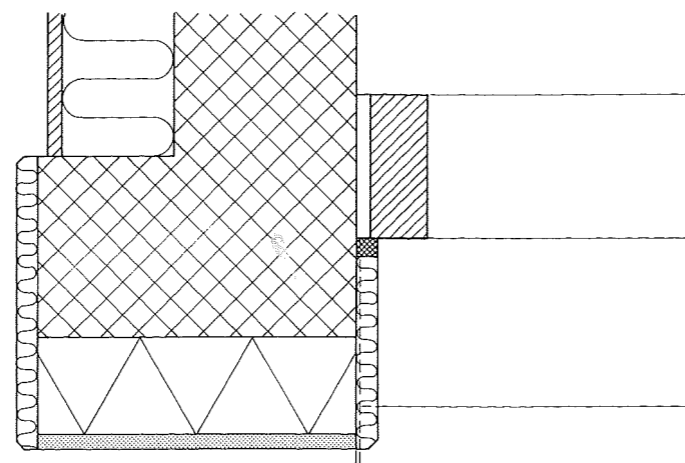


Detailje D: Komponent afdækkes i top med stålpladeprofil.

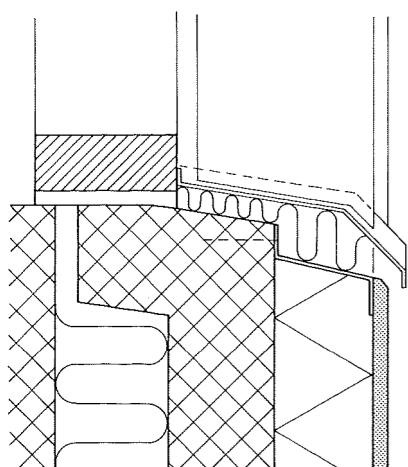
Figur 8.27. Detailløsninger ved forskellige tilslutninger. (A-J).



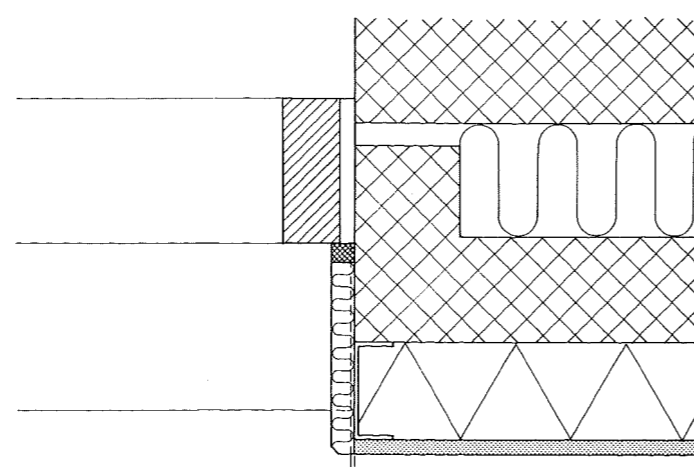
Detalje E: Lysningspanel af hård mineraluld med strukturoverflade fastlimes. Mellem lysningspanel og udvendig kalfatringsfuge monteres et ekspanderende fugebånd.



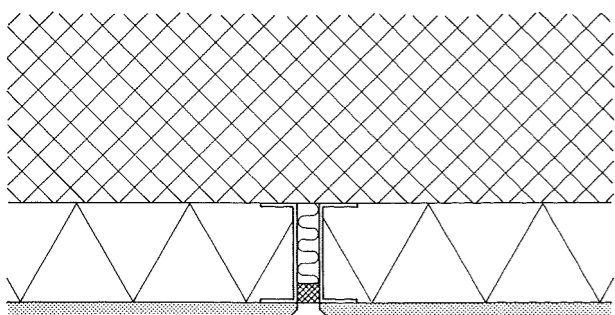
Detalje H: Isoleringskomponent klæbes til ydervæg, evt. kombineret med mekanisk fastgørelse. Lysningspanel af hård mineraluld med strukturoverflade fastlimes. Sålbank opbukkes bag lysningspanel/isoleringskomponent.



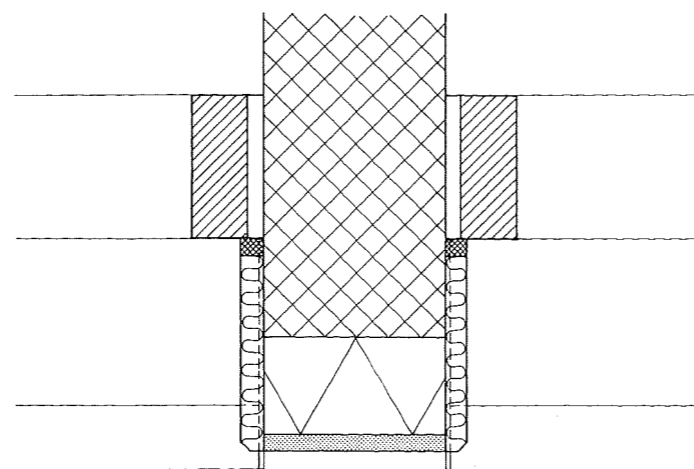
Detalje F: Sålbank udføres af tyndpladeprofil. Sålbank opbukkes bag de lodrette lysningspaneler. Under sålbæk stoppes med mineraluld.



Detalje I: Lysningspanel af hård mineraluld med strukturoverflade fastlimes. Mellem udvendig kalfatringsfuge og lysningspanel monteres et ekspanderende fugebånd.

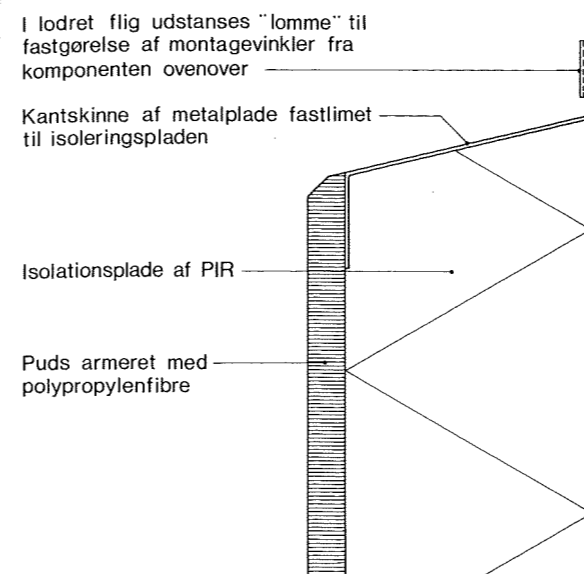


Detalje G: Lodret fuge mellem komponenter stoppes med mineraluld. I fugens ydre del anvendes et ekspanderende fugebånd.

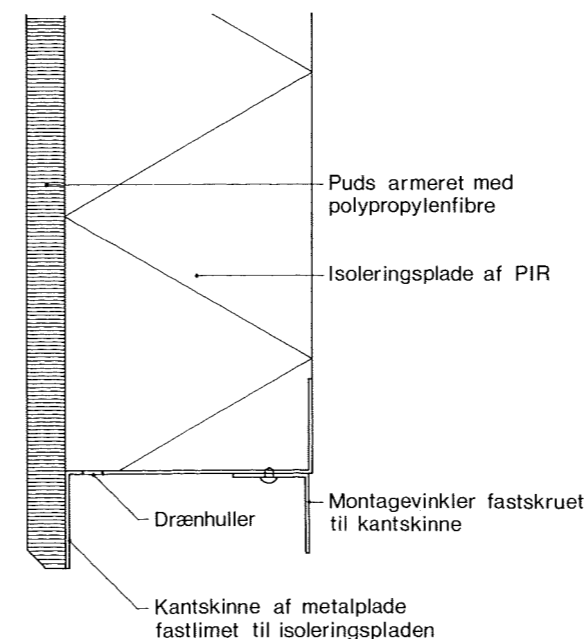


Detalje J: Isoleringskomponent fastlimes til ydervæg. Lysningspanel af hård mineraluld med strukturoverflade fastlimes. Sålbank opbukkes bag lysningspanel/isoleringskomponent.

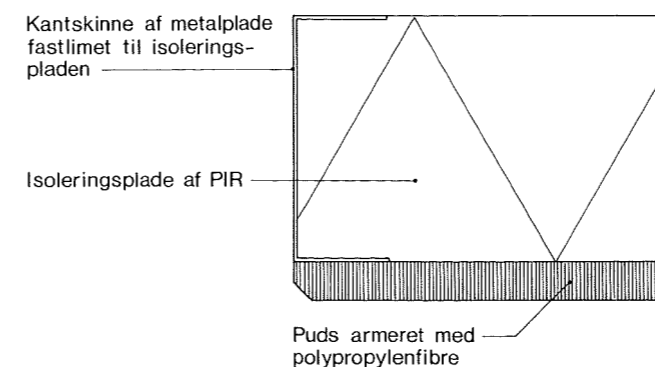
Figur 8.27 (fortsat). Detailløsninger ved forskellige tilslutninger. (A-J).



Figur 8.28. Lodret snit i top af komponent.



Figur 8.29. Lodret snit i bund af komponent.



Figur 8.30. Vandret snit i komponent.

Økonomiske forhold

Det isolerede ydervægsareal er brutto 1500 m² (inkl. vinduer og let facade). Nettoarealet, dvs. det med komponenterne dækkede areal, er 1100 m².

En priskalkulation ud fra de i kapitel 6 oplyste forudsætninger giver følgende beløb.

Komponentleverance og montage	
inkl. byggepladsetablering	kr. 726.000
Følgearbejder	kr. 24.000
	kr. 750.000
	22 pct. moms
	kr. 165.000
Entreprenørudgift i alt:	kr. 915.000

Til entreprenørudgifterne må lægges teknikerhonorarer og finansieringsudgifter m.v. Såfremt der er mulighed for opnåelse af tilskud i henhold til lov om energibesparende foranstaltninger eller anden form for tilskudsordning, skal dette modregnes i de samlede udgifter.

Energibesparelser

De tilhørende energibesparelser kan med en kWh-pris på 0,40 kr., svarende til fyringsolie benyttet i egen varmecentral, beregnes til kr. 33.000 pr. år.
Energibesparelse pr. m² bruttoetageareal kr. 12,00

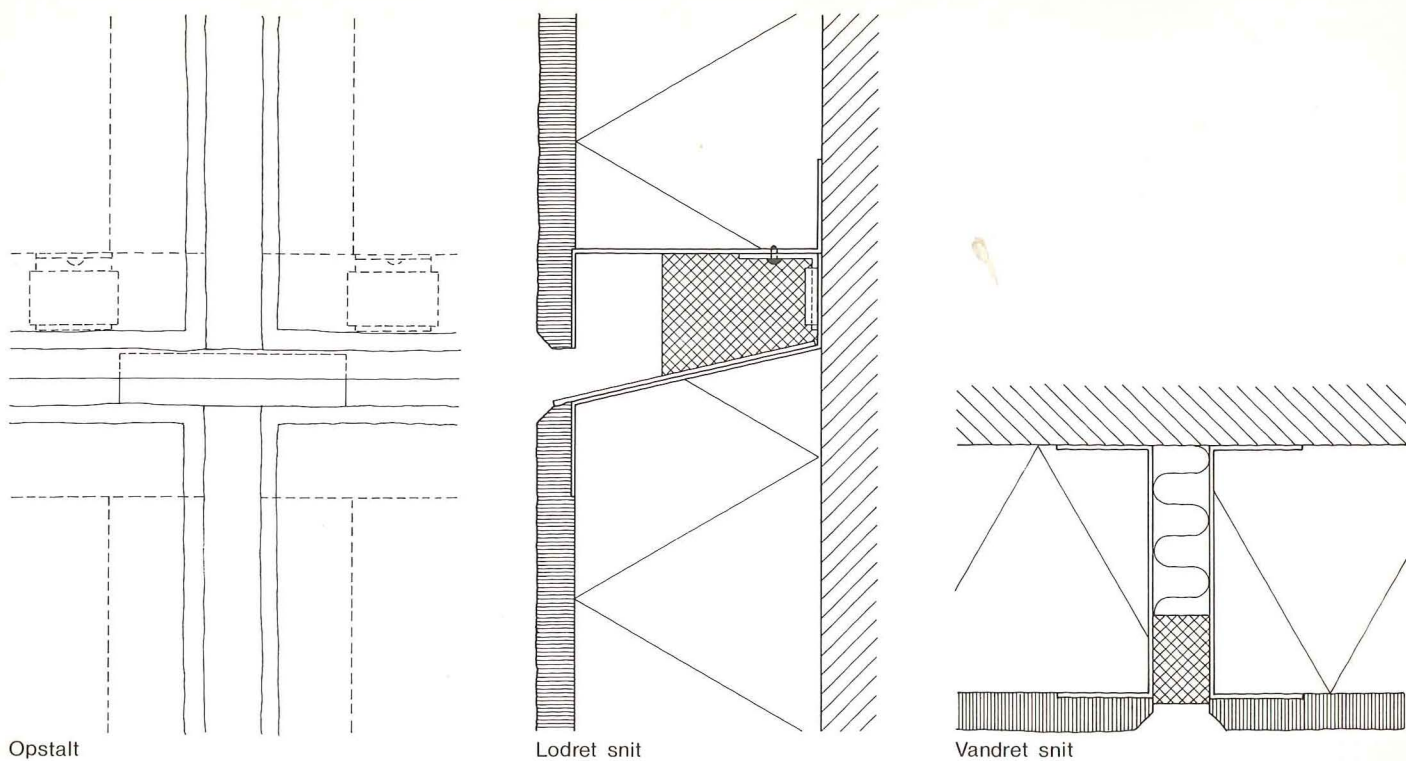
Finansiering

Investeringen kan finansieres ved optagelse af et kreditforeningslån til 14 pct. p.a. på 90 pct. af udgiften, dvs. et lån på kr. 823.000. Løbetid 20 år.

Årlig ydelse 16 pct. eller kr. 132.000
Årlig ydelse pr. m² bruttoetageareal kr. 50,00

For beboerne vil projektet medføre en årlig merudgift på kr. 38 pr. m² bruttoetageareal. Regnes der med en jævnt stigende værdi af energibesparelsen på 10 pct. om året de næste årtier, vil der først være balance efter 15 år mellem udgift og energibesparelse ved de her valgte forudsætninger.

For en lejlighed på 60 m² bliver den månedlige nettohuslejestigning kr. 190.



Figur 8.31. Montagen starter forneden på huset og fortsætter opefter. Komponenten fastgøres i top til facade gennem kantskinne med ankrebolte. I bund fastholdes komponenten til den underliggende komponent med montagevinkler i de udstansede »lommer«. Lodrette fuger stoppes med mineraluld og ekspanderende fugebånd. I de vandrette fuger afdækkes over de lodrette fuger med bitumentape belagt med metalfolie på oversiden før udfyldning med ekspanderende fugebånd.

Litteratur

Forbedring af klimaskærmens varmeisolering i eksisterende etageejendomme. Mogens Nørregaard, Georg Christensen og Ole Jensen. SBI-rapport 105. 1977.

Indvendig efterisolering af en etageejendom. Byggeteknik, priser, erfaringer. Mogens Nørregaard, Georg Christensen og Ole Jensen. SBI-rapport 113. 1978.

Beboererfaringer ved indvendig efterisolering af en etageejendom. Ole Jensen, SBI-rapport 120. 1980.

Indvendig efterisolering af en etageejendom. Beregning og måling af energibesparelser. Mogens Nørregaard, Nils Erik Andersen og Georg Christensen. SBI-rapport 122. 1980.

Smalhus. Energibesparande och fasadisolering. Råd och riktlinjer. Stockholms Stadsbyggnadskontor 1979.

Puts på tilläggsisolering. Bengt Elmarsson. T5:1979. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1979.

Puts på tilläggsisolering – en problemanalys. Bengt Elmarsson og Lark Enk Nevander. Rapport TVBH-3001. Institutionen för byggnadsteknik. Lund 1978.

Udvendig efterisolering af en etageejendom. Mogens Nørregaard, Helle Blad og Georg Christensen. SBI-rapport 132. 1981.

Økonomisk vurdering af energibesparende foranstaltninger. SBI-anvisning 132. 1982.

Bedre renoveringsskik. Arkitektoniske problemer ved udvendig bygningsrenovering. Boligministeriet. 1984.

Summary

SBI-report 157: Components for exterior insulation of outer walls

An analysis of the Danish building stock shows that appr. 40 million m² exterior walls need additional insulation which in principle can be carried out either from the interior or from the exterior. From a technical point of view it is pointed out that the exterior insulation is to be preferred.

The building materials which already are on the market will to a large degree also be suited for use in components for exterior insulation. The properties of a number of traditional used building materials are already known whereas the information about properties for some new materials are lacking which makes an evaluation of the end product difficult.

The possibilities to design safe and durable components with different surfaces are numerous. When it comes to the use of some of the more untraditional designs there is a need to carry out further investigations especially with regard to the durability aspects.

The components can be mounted in a traditional way with fasteners or bolts while joints can be designed according to the two-stage joint principle. In these areas further development and simplification of the proposed solutions can be foreseen.

Calculation of the price for different types of components have already shown that they can be manufactured and mounted at a price which is similar to additional exterior insulation carried out in the traditional way. It is consequently assumed that a large scale production of components and a rationalization work on the site may make a reduction in price possible.

Calculations have further shown that exterior insulation with components is advantageous for houses occupied by the owner. When it comes to apartment buildings (rented dwellings) the situation is not as favorable, but certain possibilities for loans and grants do exist.

In certain cases the exterior insulation may be seen as a part of necessary renovation of the exterior wall.

In general the technical and economical background for production and sale of components for exterior insulation seems reasonable good.

In the report the architectural points of view are not treated but they should not be underestimated since they can be decisive with regard to whether or not an exterior insulation at all is possible. The building authorities will in most cases consider the architectural aspects very carefully before a building permit is issued.

Denne rapport beskriver en række muligheder for at udvikle præfabrikerede komponenter til udvendig efterisolering af ydervægge i ældre bygninger. Der er gennemgået forhold i forbindelse med materialevalg og den principielle opbygning af komponenterne, herunder valg af fugeløsninger. Der er endvidere redegjort for de økonomiske forhold ved forskellige komponentudformninger. Endelig afsluttes der med tre eksempler på, hvorledes komponenterne kunne udvikles til henholdsvis en etageejendom og et enfamiliehus.