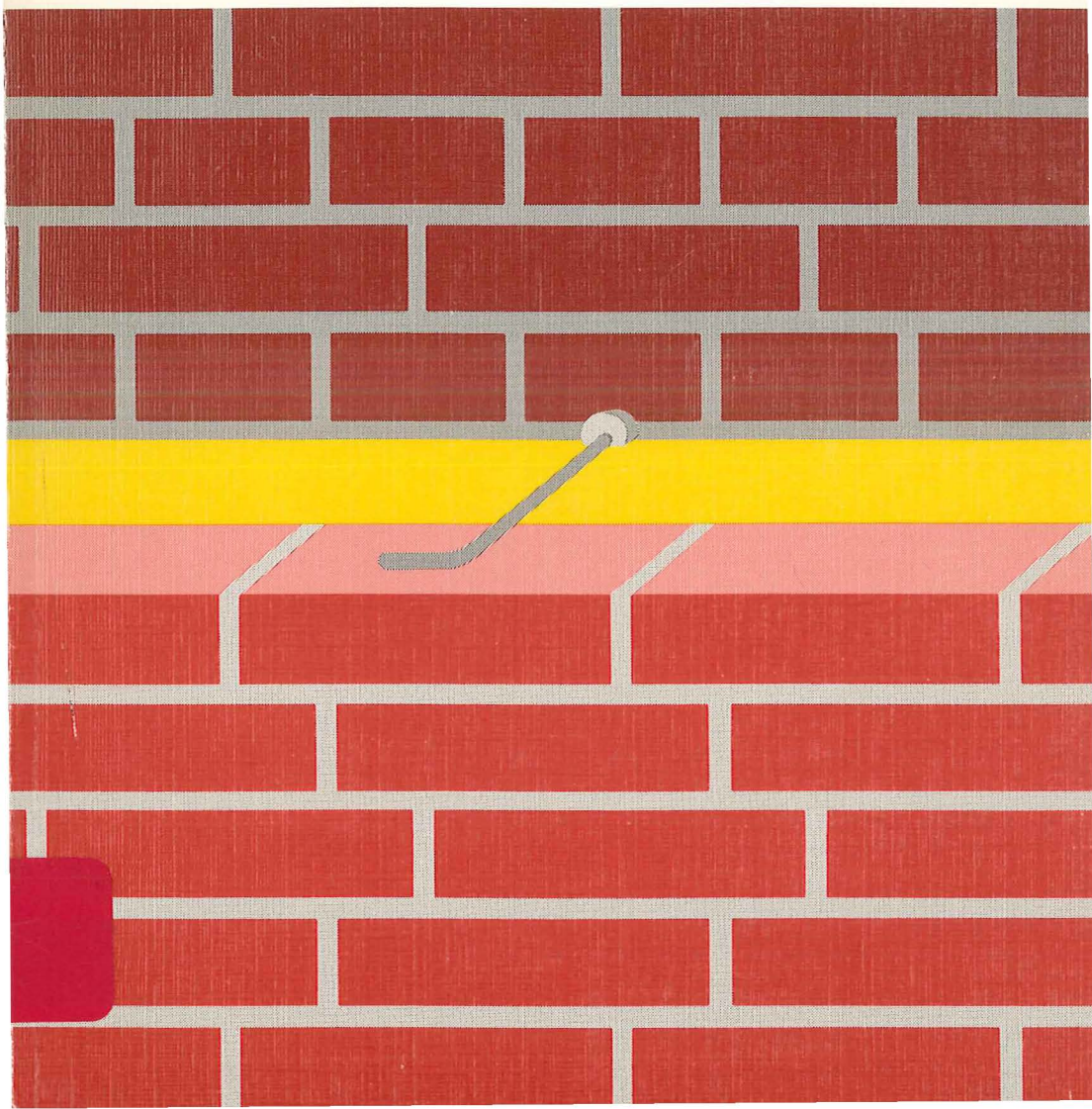


# Skalmure ved udvendig efterisolering



SBI-ANVISNING 156 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1988





SBI-156  
Skalmure ved udvendig efterisolering

HENRY HØFFDING KNUTSSON

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
EX. 5  
24 JULI 1992

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
EX 03  
29 MRS. 1988

00054P



**SBI-anvisninger** er egne eller andres forskningsresultater bearbejdet til praktiske vejledninger til brug ved planlægning, udførelse og drift af bygninger og bebyggelser samt ved undervisning.

**SBI-publikationer.** Statens Byggeforskningsinstituts publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning, Landbrugsbyggeri og Beton. Salg sker gennem boghandelen eller direkte fra SBI. Institutets årsberetning og publikationsliste er gratis og kan rekvireres fra SBI.

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

ISBN 87-563-0682-2.

ISSN 0106-6757.

Pris: Kr. 97,60 inkl. 22 pct. moms.

Oplag: 1600.

Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Tegninger: Børge Holmen.

Omslag: Henning Holmsted.

Statens Byggeforskningsinstitut,

Postboks 119, 2970 Hørsholm.

Telefon 02 86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

*SBI-anvisning 156: Skalmure ved udvendig efterisolering. 1988.*

# Indhold

<b>Forord</b> .....	7
<b>Facadebeklædning med skalmure</b> .....	8
<b>Udførelse</b> .....	10
Sideløbende udførelse .....	10
Forskudt udførelse .....	12
Bølgebindere .....	14
<b>Planlægning og udformning</b> .....	19
Murforbandt og murmål .....	19
Murtykkelser, mursten og mørtel .....	22
Varmeisolering .....	24
Forankring .....	27
Dilatationsfuger .....	34
Murhjørner .....	39
Fugtisolering .....	42
Tilslutning ved muråbninger .....	47
Sokkelbjælker .....	49
Fundamenter .....	56
<b>Litteratur</b> .....	59

# Forord

Behovet for facadebeklædning af en bygning opstår, når bygningens varmeisolerings ønskes forbedret ved udvendig efterisolering, eller når utætte og fugtige ydervægge skal beskyttes mod vejrliget. Beklædningen kan ofte med fordel udføres med skalmure. Dette gælder for både småhuse og fleretages bygninger og i de fleste tilfælde for både murede og støbte ydervægge og for vægge af betonelementer.

Småhuse kan i mange tilfælde skalmures uden større vanskeligheder, hvorimod skalmuring af etagehuse kan give problemer, især med hensyn til skalmurenes understøtning og forankring, men også ved valget af arbejdsmetoder. Forsøgsvis udførte facadebeklædninger i boligbebyggelser i Esbjerg, Skive, Struer og Viborg har imidlertid vist, at det med ret enkle metoder er muligt at understøtte og forankre skalmure også ved efterisolering af høje bygninger.

Denne anvisning er især baseret på erfaringer fra renoveringen af boligbebyggelsen »Præstebakken« i Esbjerg, hvor et udviklingsarbejde blev forestået af en projektgruppe med følgende deltagere: civilingeniørerne E. Karup Jensen, Erling Møldrup og Knud Prebensen fra COWIconsult Rådgivende Ingeniører A/S, civilingeniørerne C. P. Falk, Erik Kjær og Hans Olsen fra Kalk og Teglværkslaboratoriet og civilingeniør Henry Høffding Knutsson fra Statens Byggeforskningsinstitut.

Udviklingsarbejdet blev finansieret af Teknologirådet, Murerfagets Oplysningsråd og de deltagende firmaer og institutioner. Resultaterne af arbejdet er beskrevet i COWIconsults rapport til Teknologirådet, »Skalmuring af eksisterende bygninger«, udgivet i 1984.

Med denne rapport som grundlag har civilingeniør Henry Høffding Knutsson udarbejdet manuskriptet til nærværende SBI-anvisning. Civilingeniør Erling Møldrup har kommenteret teksten, og arkitekt Filip Wanning, SBI, har ud over det redaktionelle arbejde bearbejdet manuskriptet fra en byggeteknisk synsvinkel og udarbejdet forlæg til figurerne.

Anvisningen er rettet til byggeriets teknikere, entreprenører og myndigheder, fortrinsvis til brug ved planlægning, udførelse og kontrol af udvendig efterisolering og skalmuring af fleretages bygninger.

Statens Byggeforskningsinstitut  
Afdelingen for bygningskonstruktioner, januar 1988  
*Jørgen Nielsen*

# Facadebeklædning med skalmure

Skalmuring var tidligere den almindelige betegnelse for beklædning af murede facader med særlige teglsten, kaldet blændsten eller forblændere. Stenene, der blev muret i forbandt med ydervæggene i fortandinger, afsat i væggene ved opmuringen, blev fremstillet af udsøgte lerarter og var hårdtbrændte, ofte glaserede, som regel hule og altid meget ensartede i kvalitet, form og farve. Det almindelige murstensformat var grundlaget for stenenes mål, men som oftest blev de leveret i de hertil svarende halvstens- og kvartstensformater.

Facadebeklædning med blændsten var ret almindelig i det kvalitetsbetonede byggeri i slutningen af forrige og i begyndelsen af dette århundrede. Arbejdet krævede stor håndværksmæssig dygtighed og omhu, og der opnåedes meget holdbare facader, der opfyldte datidens æstetiske krav om akkuratse og sirlighed i detalje og udførelse.

Den byggetekniske udvikling efter Anden Verdenskrig og de hermed følgende nye byggemetoder medførte, at begrebet skalmuring fik tillagt en ny betydning. Fra at betegne beklædning af facader med specielle sten blev skalmuring efterhånden den gængse betegnelse for udførelse af beklædningsmure, der kun er forbundet til ydervæggene med trådbindere.

Nye lette ydervægskonstruktioner beklædt med skalmure fortrængte de traditionelle hulmure i småhusbyggeriet. Med ydervægge af bærende træskelet- eller letbetonelementer rejstes og lukkes husene helt uafhængigt af den efterfølgende skalmuring af facaderne og dermed stort set også af vejrliget. Desuden opfyldes let selv meget store krav til varmeisolering af ydervæggene ved tilpasning af afstanden mellem vægge og skalmure til den ønskede isoleringstykkelse. Yderligere har skalmure, i forhold til andre beklædninger, murværkets holdbarhed og æstetiske kvalitet, hvad der utvivlsomt har været afgørende for den udbredte anvendelse i småhusbyggeriet.

Også ved etagehusbyggeri med ydervægge støbt i beton eller udført af betonelementer har beklædning med skalmure fundet anvendelse, dog fortrinsvis kun til afgrænsede facadepartier og gavle. Her har utilstrækkelig planlægning eller mangelfuld udførelse af skalmurenes forankring i væggene i en del tilfælde medført revner og forskydninger i murene, i enkelte tilfælde med nedstyrtning af murværk til følge.

## *Betingelser for skalmuring*

Ved en skalmur forstås i dag – statisk set – en massiv mur, der ud over sin egenlast ikke bærer anden væsentlig, lodret last, og som over for vindlast er fastholdt med trådbindere til en vægkonstruktion, der er stabil over for alle laster. Facadebeklædning med skalmure vil i de fleste tilfælde hverken forøge den lodrette eller den vandrette last på en bygnings ydervægge, men kun den lodrette last på eller ved ydervæggenes fundamenter.

De væsentligste betingelser for skalmuring er således, at skalmurene kan forankres tilstrækkeligt solidt til ydervæggene, og at deres egenlast kan optages af væggens fundamenter eller af særligt udførte skalmursfundamenter. Disse betingelser gælder for såvel nye bygninger, der beklædes med skalmure ved opførelsen, som for ældre bygninger, der skalmures i forbindelse med udvendig efterisolering.

## *Efterisolering og skalmuring*

Ved efterisolering af ydervægge i nyere bygninger kan der som oftest vælges frit mellem indvendig og udvendig placering af isoleringen, hvorimod hensynet til bevarelse af både helhedsvirkning og arkitektoniske facadedetaljer i mange tilfælde vil udelukke udvendig isolering af ældre bygninger. Hvor valget er frit, vil udvendig efterisolering i alle tilfælde være mindst generende for en bygnings beboere og brugere, mens arbejdet står på. Desuden vil de hensyn, der under arbejdet skal tages til beboere og brugere, samt adgangs- og transportforholdene være væsentlig mindre udgiftskrævende, når der isoleres udvendigt fremfor indvendigt. Men også i tilfælde, hvor en udvendig isolering viser sig at være den dyreste, kan det være mest hensigtsmæssigt at isolere udvendigt for at opnå de særlige varme-, fugt- og indeklimamæssige fordele foruden den indvendige pladsbesparelse herved.

Udvendig isolering skal beskyttes effektivt og holdbart mod vejrligets nedbrydende virkning og mod beskadigelser. Til dette formål har skalmure udført i blank mur vist sig velegnede både ved forbedring og isolering af ældre småhuse og i de senere år også ved efterisolering af nyere etagehuse og højhuse. Ved skalmuring af facader udført i blank mur bevares bygningernes ydre i alt væsentligt uændret, hvorimod skalmuring af pudsede facader og facader i beton eller fuget blokmurværk vil ændre de pågældende bygningers karakter.

Hvor der forekommer fugtgennemslag i massive ydervægge, har erfaringen vist, at det ofte kun er muligt at standse fugtindtrængningen ved at beklæde væggene, eksempelvis med skalmure. Det vil være nærliggende samtidig at udføre udvendig efterisolering.

# Udførelse

En korrekt udførelse af en skalmur er en forudsætning for, at muren til stadighed kan modstå påvirkningerne fra vind og vejr og beskytte effektivt mod regn, kulde og blæst. Der bør derfor anvendes arbejdsmetoder, som giver gode vilkår for udførelsen af arbejdet og for kontrollen med hver enkelt arbejdsoperation, og som så vidt muligt også udelukker udførelsesfejl.

En skalmur, der opføres som facadebeklædning ved udvendig efterisolering af en muret eller støbt ydervæg, placeres i en afstand fra væggen, svarende til isoleringens tykkelse med et tillæg på 10–15 mm, og forankres til væggen med trådbindere, der fremstilles i flere typer. I denne anvisning er forudsat anvendelse af de såkaldte bølgebindere, der har en bølgeformet ende til indstøbning i bestående vægge og derfor er velegnede til forankring af skalmure ved udvendig efterisolering.

Ved arbejdets udførelse fastgøres trådbinderne i ydervæggen, hvorefter isoleringen anbringes og skalmuren opmures. Afhængigt af arbejdets omfang og karakter kan der anvendes to forskellige arbejdsmetoder, som i det følgende er benævnt »Sideløbende udførelse« og »Forskudt udførelse«. Ved begge metoder udføres varmesisoleringen normalt med halvstive mineraluldsplader, og skalmuren forankres til ydervæggen med bølgebindere, der indstøbes i huller, boret i væggen.

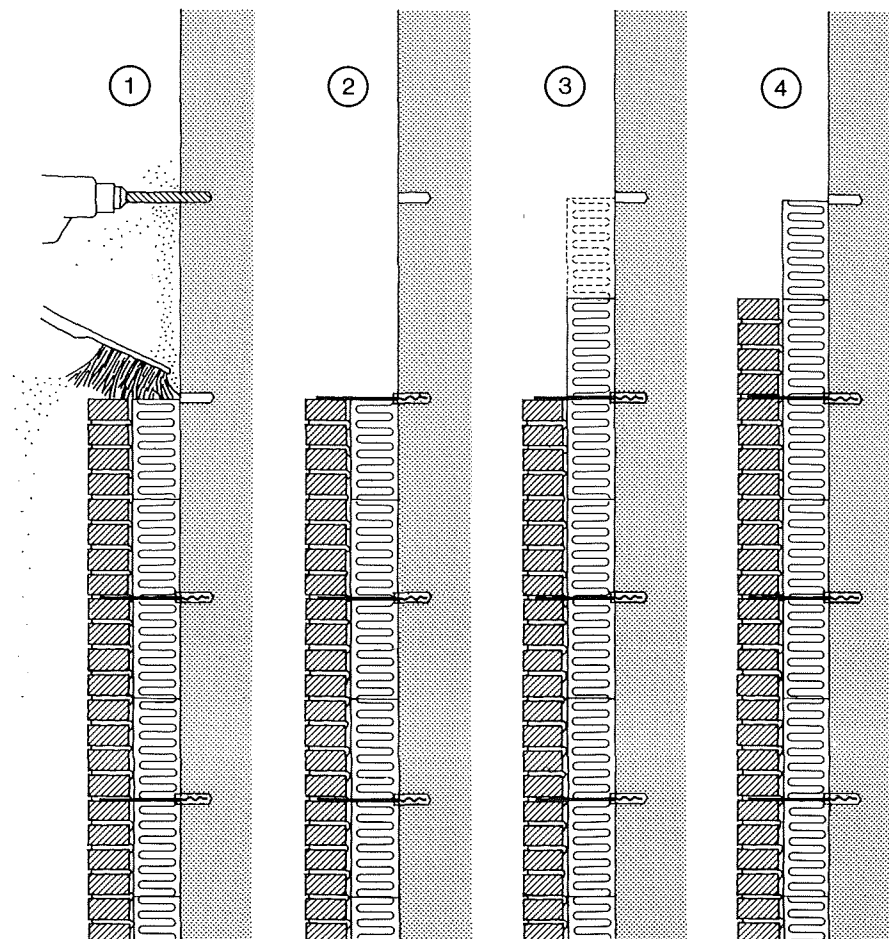
Når skalmuren opføres, kan den hidtidige ydervæg betragtes som bagmur i forhold til skalmuren, og den betegnes ofte som bagmur, uanset om den er muret eller støbt.

## Sideløbende udførelse

Ved denne metode udføres arbejdet i små trin, således at fastgørelse af bindere, anbringelse af isoleringsplader og opmuring af skalmur sker umiddelbart efter hinanden for hver 6–8 skifter, som vist i figur 1.

Huller for indstøbning af bindere kan som regel med fordel børes i én arbejdsgang for hver stilladshøjde. Binderne skal indstøbes række for række, efterhånden som skalmuren opmures, idet der ikke må mures under nyindstøbte bindere, da de let rokkes med reduceret forankringsstyrke til følge.

Når isolering og skalmur er ført op i højde med en hulrække, forvandes hullerne og fyldes med cementmørtel, hvorefter bindernes bølgeformede del trykkes på plads i hullerne, mens den vinkelbukkede del understøttes på skalmuren. Arbejdet kan straks fortsættes med anbringelse af isoleringsplader og



Figur 1. Skalmuring og udvendig efterisolering, sideløbende udførelse. Lodrette snit i mål 1:20.

Arbejdsgang, der gentages for hver 6–8 skifter:

1. Boring af huller i ydervæg for bølgebindere og fjernelse af borestøv i huller og på isolering og skalmur.  
Borearbejdet kan med fordel udføres samlet for hver stilladshøjde.
2. Forvanding af huller og indstøbning af én række bindere i højde med og understøttet på skalmur.
3. Anbringelse af isoleringsplader mod væg i indbyrdes tæt forbindelse.
4. Opmuring af skalmur i højde med isoleringens overside.

Hvor isoleringen udføres af mere end én pladerække for hver binderrække, som vist punkteret i trin 3, skal hver pladerække anbringes senest, når der er muret op til oversiden af den foregående, som vist i trin 4. Herved udelukkes fugt- og kuldebroer i pladesamlinger som følge af nedfaldet mørtel.

opmuring af skalmur, da der kun er lille risiko for at røkke de nyindstøbte bindere.

I stedet for bindere til indstøbning kan der – især i betonvægge – anvendes bindere, som fastgøres med ekspansionsankre eller -dybler og derved opnår fuld forankringsstyrke umiddelbart ved indsætningen.

Isoleringen mellem binderrækkerne kan udføres med én eller to rækker isoleringsplader, eventuelt af forskellig højde, afhængigt af den lodrette afstand mellem binderne. For størstedelen af en skalmur vil en afstand mellem binderrækkerne på 400–533 mm svarende til 6–8 skifter som regel være passende. Hertil anvendes to rækker isoleringsplader i standardformat med højde svarende til 3 eller 4 skifter. Disse forholdsvis små plader kan anbringes mod væggen uden fastholdelse. Ved skalmuringen vil pladerne blive holdt permanent på plads af mørtel, der under opmuringen udpresses af skalmurens fuger, forudsat at afstanden mellem plader og skalmur højst er 10–15 mm. Er den større end 15 mm, skal pladernes stilling sikres med særlige holdere på binderne eller væggen.

Sideløbende udførelse kan være fordelagtig ved mindre skalmuringsarbejder, men metoden giver ikke de bedste muligheder for effektiv kontrol med arbejdets kvalitet, især ikke med bindernes forankring.

### Forskudt udførelse

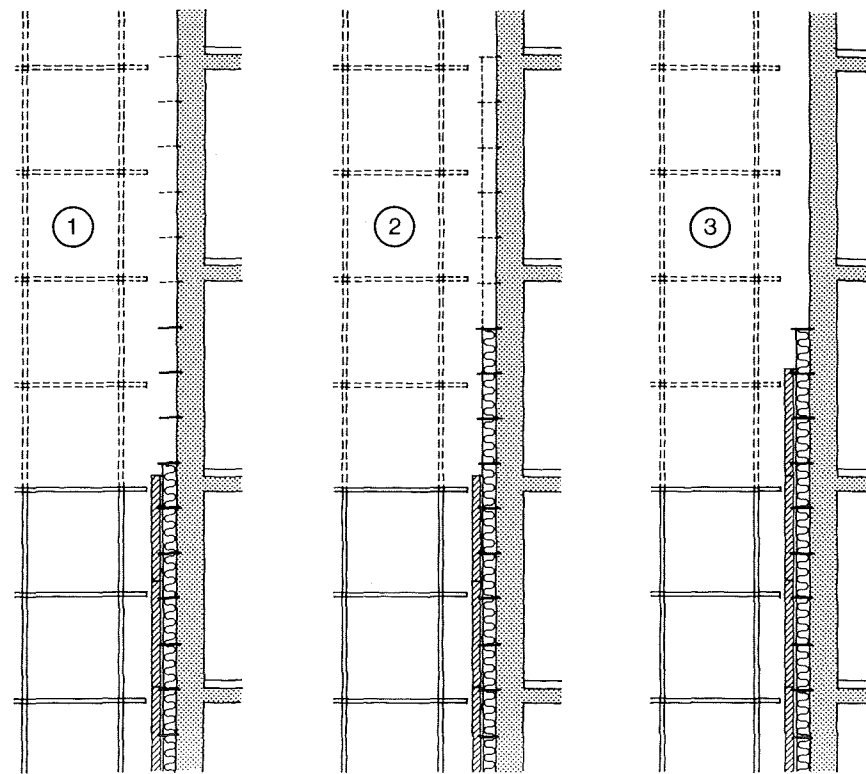
Ved denne metode udføres arbejdet i store trin, det vil sige, at fastgørelse af bindere, anbringelse af isoleringsplader og opmuring af skalmur udføres i hver sin ubrudte arbejdsgang for hver fulde stilladshøjde, som vist i figur 2.

Binderne indstøbes således uafhængigt af det øvrige arbejde, idet der kræves en hærdnetid på et døgn, før binderne har opnået tilstrækkelig forankringsstyrke til at tåle berøring. Som ved sideløbende udførelse kan der også her anvendes bindere, der ikke kræver hærdnetid.

Ved forskudt udførelse anvendes normalt store isoleringsplader, der samordnet med afstandene mellem binderrækkerne kan anbringes enten i vandrette eller i lodrette rækker. Pladerne holdes midlertidigt på plads mod væggen med plasticskiver på binderne. Ved skalmuringen vil pladerne også her blive holdt permanent på plads af udpresset mørtel, eller der må anvendes særlige holdere på binderne eller væggen.

Afhængigt af arbejdets karakter og omfang kan bore- og indstøbningsarbejdet med fordel udføres samlet for flere stilladshøjder – eventuelt i fuld facadehøjde – før det følgende arbejde påbegyndes. Tilsvarende kan isoleringsarbejdet udføres samlet for store vægarealer, men isoleringspladerne må i så fald fastholdes effektivt mod vindpåvirkninger, indtil skalmuren er opmuret.

Forskudt udførelse giver ringe risiko for udførelsesfejl og gode muligheder



Figur 2. Skalmuring og udvendig efterisolering, forskudt udførelse. Lodrette snit i mål 1:100.

Arbejdsgang for hver stilladshøjde:

1. Boring af huller i ydervæg for bølgebindere og fjernelse af borestøv i huller.  
Forvanding af huller og indstøbning af bindere.  
Oversiden af skalmur og isolering bør beskyttes ved tildækning under bore- og indstøbningsarbejdet og skal i alle tilfælde renses for nedfaldet borestøv og indstøbningsmørtel, der kan danne fugt- og kuldebroer i isoleringen.
2. Anbringelse af isoleringsplader mod væg i indbyrdes tæt forbindelse. Pladerne holdes midlertidigt på plads mod væggen med plasticskiver på binderne.  
Isoleringsarbejdet må tidligst udføres ét døgn efter bindernes indstøbning.
3. Opmuring af skalmur, men højst til isoleringens overside for at udelukke nedfald af mørtel og dermed fugt- og kuldebroer i isoleringen.

Afhængigt af arbejds- og stilladsforhold kan boring af huller og indstøbning af bindere i nogle tilfælde med fordel udføres samlet for flere stilladshøjder, som vist punkteret i trin 1. Isoleringsarbejdet kan tilsvarende udføres samlet for store vægarealer, som vist punkteret i trin 2.

Ved stilladsets planlægning og opstilling bør der tages hensyn til den valgte arbejds- gang, tillige med at der sikres bekvemme arbejds højder over stilladsgulve for oplægning af vindues- og dørøverligger og for udførelse af sålbænke.



for effektiv kontrol med arbejdets kvalitet, herunder med bindernes forankring og isoleringens tæthed. Metoden er rationel, især ved større skalmuringsarbejder, fordi de enkelte arbejdsoperationer udføres hver for sig for hver stilladshøjde – i modsætning til sideløbende udførelse, der medfører hyppige arbejds-skift.

## Bølgebindere

Bølgebindere fremstilles enten med en lang eller med en kort bølgeformet del. For at opnå den størst mulige forankringsstyrke bør der anvendes bindere med lang bølgedel i vægge, som er tilstrækkeligt tykke hertil. I murede vægge kan der som regel anvendes bindere med lang bølgedel, hvorimod tynde, støbte vægge kan nødvendiggøre anvendelsen af bindere med kort bølgedel, som vist i figur 3.

Bølgebindere, som indstøbes korrekt med cementmørtel i vægge af mursten eller beton, opnår forankringsstyrker, der mindst svarer til udtrækningsstyrken for de almindelige z-formede bindere, indmuret på normal måde. Forankringsstyrker for bindere indstøbt i vægge af letklinkerbeton eller gasbeton er endnu ikke kendt.

Den lodrette afstand mellem binderrækkerne skal svare nøje til skalmurens skiftegang, således at indstøbte bindere kan indmures i skalmuren uden justering ved op- eller nedbøjning af den fri binderdel.

## Boring af huller

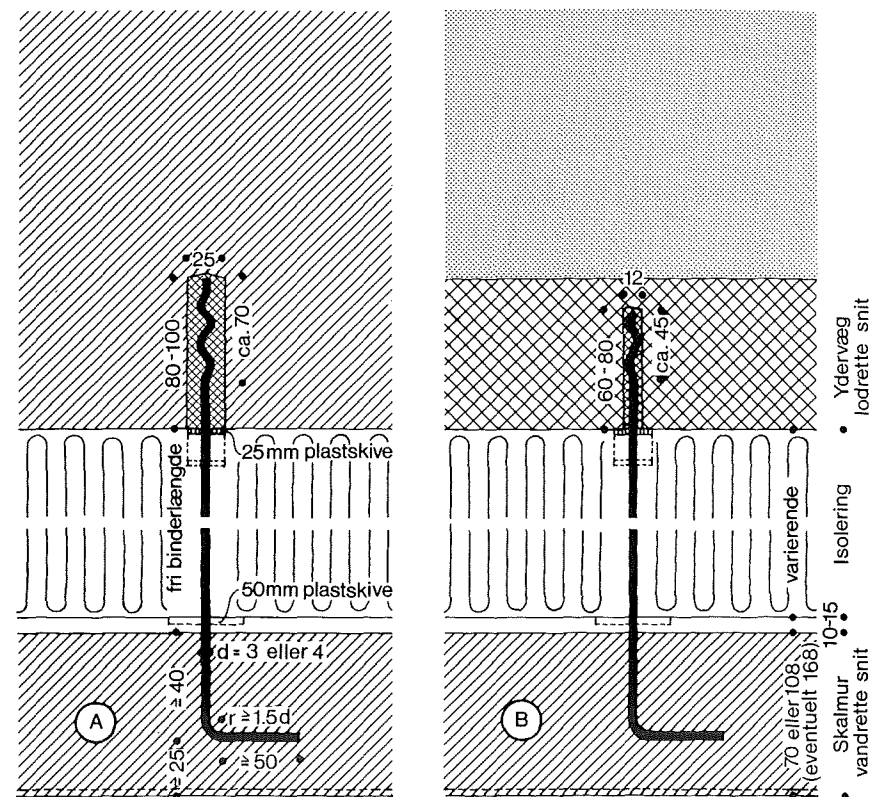
I murede vægge kan huller for indstøbning af bølgebindere bores i væggenes liggefuger\*, når skalmurenes skiftegang følger væggenes, som vist i figur 4.

Hullerne må ikke bores for tæt ved væggenes hjørner og åbningernes false, der let kan blive beskadiget og bindernes forankringsstyrke derved reduceret. Hullernes centerafstand fra væggenes hjørner, åbninger og ubelastede overkanter bør være mindst en halv sten vandret og tre skifter lodret for murede vægge og mindst 100 mm vandret og lodret for støbte vægge. Større afstande er nødvendige, hvis der opstår revner ved boringen.

I vægge af beton- eller letbetonelementer må der ikke bores huller for bindere i fuger, eller hvor der findes armering i elementerne.

Hullernes dybde skal svare til længden af bindernes bølgedel, som vist i figur 3. Der må aldrig bores gennem vægge, eksempelvis ydervanger i hule

\* De her anvendte fugebetegnelser »liggefuger« og »studsfuger« for vandrette og lodrette fuger er i overensstemmelse med »Norm for murværkskonstruktioner«, DS 414. Andre murerfagligt anvendte betegnelser for vandrette fuger er »lejfuger« og »langfuger« og for lodrette fuger »stødfuger« og »lodfuger«.



Figur 3. Eksempler på bølgebindere, indstøbt i ydervæg og indmuret i skalmur. Snit i mål 1:5. Mål i mm.

- A. Binder med lang bølgedel, ca. 70 mm, indstøbt i murstensvæg og indmuret i skalmur.  
 B. Binder med kort bølgedel, ca. 45 mm, indstøbt i tynd, støbt væg eller forplade i støbt facadeelement og indmuret i skalmur.

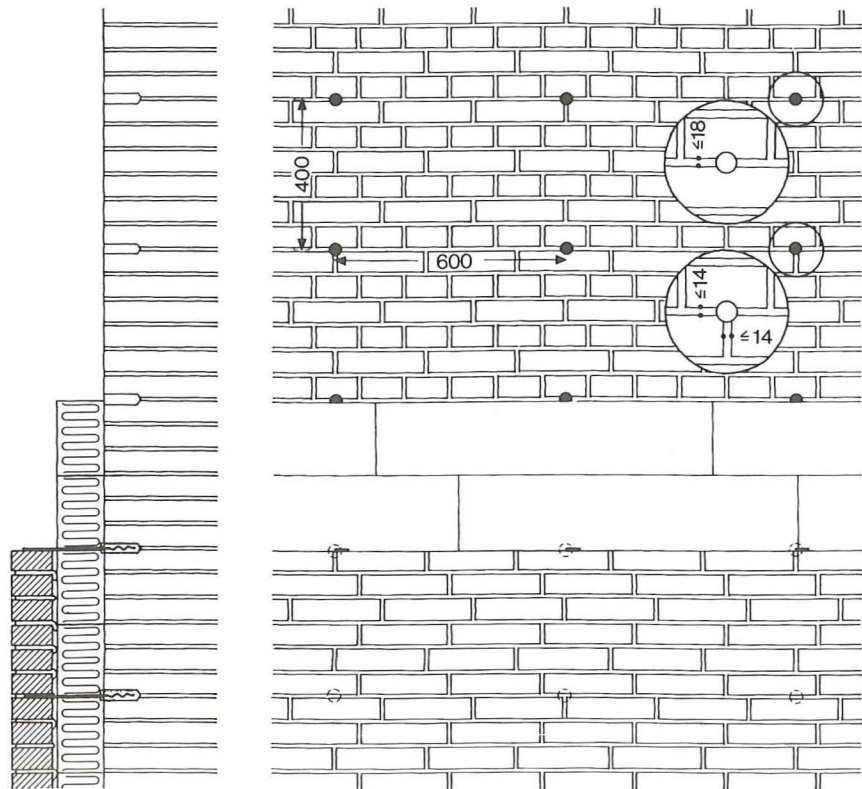
Huller for indstøbning af bindere må aldrig bores gennem vægge eller vægdele, da der skal være modhold i hullerne for bindernes indstøbning.

Hullernes diameter afhænger af vægmaterialet, men kan som regel være 25 mm for huller boret i fuger i murstensvægge med fugetykkelser, som angivet i figur 4, og 12 mm for huller boret i vægge af beton eller letbeton.

Samtidig med at binderne presses ind i de mørtelfyldte huller, trykkes de viste 25 mm plastskiver på binderne mod væggen for at komprimere mørtlen og hindre, at den flyder ud af hullerne ved bindernes indpresning.

De viste 50 mm plastskiver på binderne anvendes ved forskudt udførelse til at holde isoleringspladerne midlertidigt på plads mod væggen.

Hvis skalmuren fuges med tilbageliggende fuger, som vist punkteret, skal den angivne mindste afstand fra skalmurens yderside til binderne måles fra fugernes yderside.



Figur 4. Eksempel på placering af bølgebindere ved sideløbende udførelse. Snit og opstalt i mål 1:20. Mål i mm.

Skalmuring af en ydervæg af mursten udføres så vidt muligt med samme skiftegang som væggen. Herved sikres umiddelbar overensstemmelse mellem skalmuren og muråbninger i væggen, og hullerne til bindernes forankring kan bores i væggenes liggefuger. Hvor isoleringspladerne skal anbringes i vandrette rækker mellem binderækkerne, skal pladernes bredde svare nøjagtigt til – eller tildannes til – den lodrette afstand mellem binderrækkerne.

Den vandrette binderafstand kan med arbejdsmæssige fordele afpasses efter studs-fugernes regelmæssige afstande i vægge i blank mur, således at det enkelte binderhul bores enten ud for en studsfuge eller forskudt en kvart sten i forhold hertil.

Isolering og skalmuring udføres sideløbende, men som vist med huller for bindere boret i én arbejdsgang for hver stilladshøjde. Den lodrette binderafstand er her 6 skifter, svarende til 2 vandrette pladerækker, hver med en højde på 200 mm, den vandrette afstand er  $2\frac{1}{2}$  sten eller ca. 600 mm. Disse afstande er kun angivet som eksempler, da bindernes antal per  $m^2$  skalmur og deres afstande skal beregnes i hvert enkelt tilfælde.

Bølgebindernes forankringsstyrke afhænger af, om der er tilstrækkelig forbindelse mellem mursten og indstøbningsmørtel. Med den normale diameter på 25 mm for binderhuller i murstensvægge må fugetykkelserne ved hullerne ikke være større end angivet for de to forskellige placeringer af huller i forhold til studsfuger.

mure og forplader i facadeelementer, da der skal være modhold i hullerne for bindernes indstøbning. Hullerne skal derfor bores med dybdestop på boremaskinen.

Når hullerne i murstensvægge bores i fugerne, skal hul diameteren være større end fugetykkelsen, således at indstøbningsmørtlen får forbindelse med murstenene og ikke kun med mørtlen i fugerne. Normalt opnås tilstrækkelig forankringsstyrke med 25 mm huller, boret i liggefuger ud for eller mellem studsfuger, forudsat at fugetykkelserne ikke er større end 14 mm, henholdsvis 18 mm, som vist i figur 4. Er fugerne undtagelsesvis større, bør hul diameteren forøges tilsvarende.

I vægge af beton eller letbeton vil en hul diameter på 12 mm normalt være tilstrækkelig, for vægge muret af blokke dog forudsat, at hullerne ikke bores i fuger.

Straks efter boringen skal hullerne renses effektivt for borestøv, bedst med trykluft. Senere udrensning af opfugtet borestøv vil som regel være besværlig.

### Indstøbning

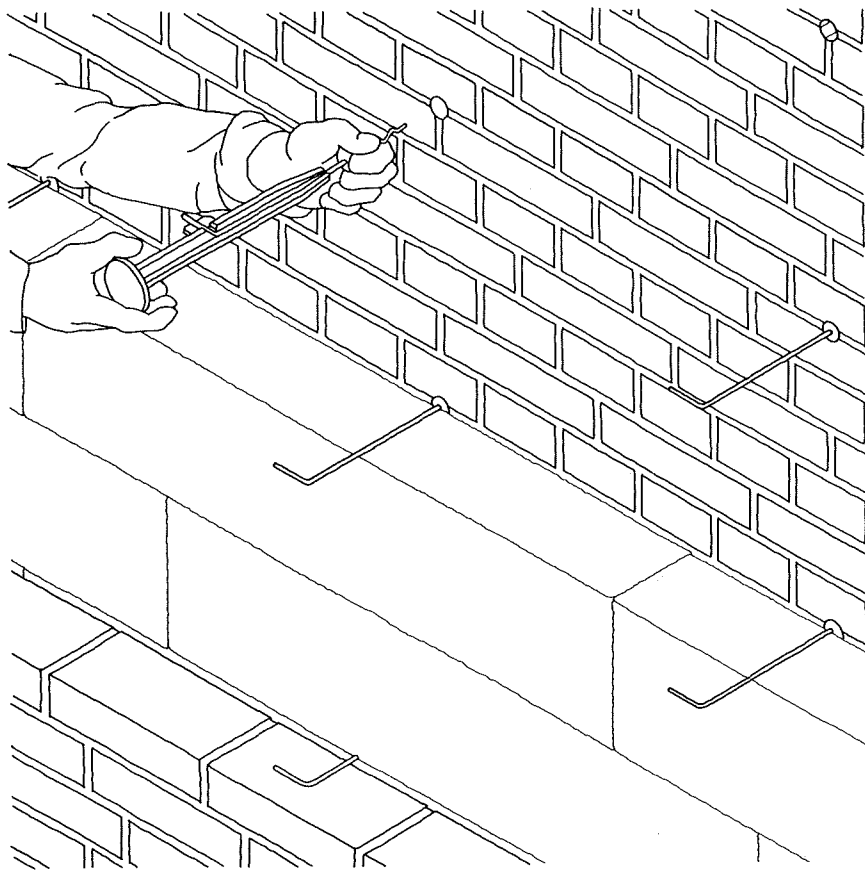
Bølgebindere indstøbes i cementmørtel C 100/400 med en største kornstørrelse på 2 mm og helst fremstillet af tørtmørtel fra fabrik.

Umiddelbart før indstøbningen forvandes hullerne tilstrækkeligt til, at væggen ikke suger vandet fra indstøbningsmørtlen.

Indstøbningsmørtlen fyldes i hullerne ved hjælp af en trykluftdrevet fugepistol med et passende mundstykke. Hvis hul diameteren er cirka 25 mm, kan der eventuelt anvendes en almindelig håndcykelpumpe med afsavet ventilende. Cykelpumpen kan dog kun rumme mørtel til fyldning af ét hul, hvorimod fugepistolen kan rumme mørtel til flere huller. Desuden giver trykluftmetoden en stærkere forankring af binderne, fordi mørtlen bliver bedre komprimeret.

Umiddelbart efter mørtelfyldningen af et hul indpresses binderens bølge del centreret og helt til bunds i hullet med binderen i vandret stilling. Binderen skal, som vist i figur 3, være forsynet med en 25 mm plastskive, der trykkes mod væggen for at komprimere mørtlen og hindre, at den flyder ud af hullet ved binderens indpresning. Der er udviklet særligt værktøj til styret indpresning af bindere, se figur 5.

Efter indpresningen skal binderne lades urørt i mindst ét døgn, til indstøbningsmørtlen er hærdnet. Dette krav opfyldes normalt umiddelbart ved sideløbende udførelse, mens det ved forskudt udførelse medfører, at arbejdet skal være tilrettelagt under hensyntagen hertil.



Figur 5. Værktøj til styret indpresning af bølgebindere, udviklet ved renoveringen af boligbebyggelsen »Præstebakken« i Esbjerg.

## Indmuring

Bølgebindernes vinkelbukkede del indmures i skalmurens liggefuger under overholdelse af de i figur 3 angivne mindste afstandsmål og i retliniet, vandret stilling mellem skalmur og bagmur.

Det bør kun undtagelsesvis være påkrævet at justere enkelte bindere ved bøjning – og i givet fald kun med nogle få millimeter. Ved forskudt udførelse skal binderne derfor være placeret nøjagtigt i højde med skalmurens fuger efter den fastlagte skiftegang, der følgelig må overholdes nøje ved skalmurens opmuring. Ved sideløbende udførelse sikres den korrekte placering af binderne i forhold til skalmuren umiddelbart i takt med opmuringen.

## Planlægning og udformning

Ved planlægning af skalmure som facadebeklædning ved udvendig efterisolering af en bygning kan der fra bygningens ejer eller fra bygningsmyndighedernes arkiver ofte skaffes tegninger af bygningen, som kan være til nytte i arbejdet. Da bygningens mål kan afvige fra tegningernes målangivelser, skal alle betydende ydre mål dog kontrolleres. Det gælder især de mål, der må respekteres ved udformningen af skalmure, eksempelvis vandrette og lodrette mål på muråbningernes placering og størrelse. Desuden skal bygningens ydervægge kontrolleres for mulige afvigelser fra lodret plan og for andre skævheder, der kan være af betydning for skalmurenes udformning. Ligeledes registreres eventuelle sætninger, revner og andre svækkelser i væggene, der muligvis skal afhjælpes i forbindelse med skalmuringsarbejdet. Særligt undersøges og vurderes ydervæggens kvalitet og tilstand som grundlag for valg og dimensionering af skalmurenes forankring.

Hvis brugbare bygningstegninger ikke kan fremskaffes, må der som planlægningsgrundlag udføres en fuldstændig opmåling af bygningens ydre, suppleret med den nødvendige registrering og vurdering af ydervæggens tilstand.

## Murforbandt og murmål

Skalmure planlægges og udføres efter de almindelige regler for murforbandt og murmål, dog med de nødvendige tilpasninger til ydervæggens givne mål.

For halvtstens skalmure af normalsten kan murforbandtet vælges frit. Af styrkemæssige grunde bør løberforbandter dog foretrækkes frem for eksempelvis krydsforbandt og blokforbandt med kopskifter af »knækkede« kopper. Hvis der af æstetiske grunde ønskes et mere varieret forbandtmønster, end der kan opnås med løberforbandter, kan der vælges blandt de mange munkeforbandter med én eller flere løbere for hver kop i alle skifter, eller med hvert andet skifte udført som rent løberskifte.

Tynde skalmure af specielle, smalle sten og skalmure af bredsten udføres som regel i de gængse løberforbandter, men kan dog også mures i munkeforbandter.

Delformater af sten, herunder kopper, bør til alle skalmure tildannes ved savning eller skæring – ikke ved hugning – eller de må leveres færdige fra teglværk.

Enheden for vandrette murmål – murstensmodulen – er 60 mm, hvilket sva-

rer til den mindste forskydning på en kvart sten af murstenene fra skifte til skifte i de fleste murforbandter.

Vandrette murmål er multipla af denne enhed, dog med *fradrag* af en fuge-tykkelse for facadelængder og gavlbredder og for bredder på murpiller og murfremspring og med *tillæg* af en fugetykkelse for bredder på muråbninger og murblændinger. Med overholdelse af disse mål kan skalmure af såvel normalsten som bredsten udføres med regulære forbandtafslutninger ved hjørner og false med normale delformater af de pågældende sten.

For tynde skalmure af smalle sten må der i forbandtafslutninger indgå sten i formater, der kan udligne hjørnestenenes unormale bredde, eller der kan til hjørnesten anvendes L-formede specialsten eller tildannede normalsten.

Enheden for lodrette murmål er  $66\frac{2}{3}$  mm, hvilket er tykkelsen af et murskifte med sten og fuge i normerede mål og svarende til en skiftegang med tre skifter per 200 mm.

Lodrette murmål er multipla af denne enhed, dog med *tillæg* af en fugetykkelse for højder på muråbninger og murblændinger og med *fradrag* af en fugetykkelse i lodrette mål for murværk over åbninger og blændinger. Desuden må lodrette murmål korrigeres for forskelle mellem skiftegang og højder på eventuelle kantskifter (rulskifter) og standerskifter i murværket.

### Afvigende murmål

Når en bygning skal beklædes med skalmure, vil det ved den forudgående opmåling vise sig, om ydervæggens mål er i overensstemmelse med de nævnte regler for murmål.

Nyere, murede bygninger er som regel planlagt efter målreglerne, men målændringer og -fejl kan være fremkommet under opførelsen. For ældre, murede bygninger har reglerne som oftest kun været lagt til grund for de i fleretages bygninger gentagne breddemål på murpiller og vinduesåbninger. I både nyere og ældre bygninger med ydervægge af andre materialer end mursten er sædvanligvis kun murmål på åbninger til vinduer i standardstørrelser i overensstemmelse med målreglerne.

I forbindelse med skalmuringsarbejder er det almindeligt at istandsætte og forbedre eller eventuelt at forny bygningernes vinduer og døre. Dette kan i næsten alle tilfælde ske uden ændringer af muråbningernes vandrette murmål, og placeringen af åbningernes murfalse i ydervæggene må således respekteres ved skalmurenes planlægning og udførelse.

Hvis de således givne vandrette murmål afviger i forhold til målreglerne, vil det ofte være muligt ved skalmurenes anlægning at strække eller klemme studsugerne så meget – inden for de normerede tolerancer for fugemål og under hensyn til det murerfagligt acceptable – at der kan udføres regulære for-

bandtafslutninger ved murfalse og -hjørner. Yderligere tilpasning til afvigende murmål kan opnås ved at udføre forbandtafslutninger med sten i unormale delformater, såsom store eller små trekvarter og kopper.

I særlige tilfælde og normalt kun ved mindre arbejder kan der anvendes sortererede sten i dimensioner, der afviger fra normalformatet.

Ydervæggens lodrette murmål må ligesom de vandrette mål som regel respekteres ved skalmurenes planlægning og udførelse. Bortset fra de få tilfælde, hvor der i forbindelse med skalmuringen foretages ændringer af muråbninger for vinduer og døre, er især højdeplaceringsmål for muråbningernes overfalse ufravigelige. Hvis de således givne højdemål afviger i forhold til målreglerne, må skalmurenes skiftegang tilpasses de afvigende mål. Tilpasningen kan ske ved at øge eller mindske lejefugernes tykkelse – dog kun inden for de normerede tolerancer for fugemål og under hensyn til det murerfagligt acceptable. Yderligere tilpasning vil ofte kunne opnås ved at ændre skalmurenes sokkelhøjde i forhold til ydervæggens og ved i vinduessålbænkene at udligne eventuelle højdeforskelle mellem de givne brystningshøjder og den tilpassede skiftegang.

Skalmuring af murede bygninger udføres som regel med en skiftegang, der følger skiftegangen i bygningernes murværk. Herved opnås ikke alene, at de givne lodrette murmål bliver overholdt, men også at bølgebindere, der normalt forankres i ydervæggens lejefuger, vil blive indmuret i skalmurenes fuger i korrekt vandret position.

### Vægtykkelser og murmål

Når en bygnings ydervægge efterisoleres udvendig og beklædes med skalmure, øges vægtykkelserne med tykkelsen af isolering tillagt 10-15 mm og tykkelsen af skalmur. Samtidig øges de vandrette murmål på bredden af piller og vægdele mellem hjørner og muråbninger med målet på forøgelsen af vægtykkelserne. Summål, eksempelvis facadelængder og gavlbredder, øges med det dobbelte mål, mens andre mål reduceres tilsvarende eller forbliver uændrede. Målændringerne vil afhænge af, om skalmurene skal fortsætte om hjørner, herunder udad- og indadgående hjørner i frem- og tilbagespringende facadepartier, eller om de må afsluttes ved flere eller alle hjørner, for eksempel af hensyn til facadeudformning eller på grund af tilslutninger til andre bygninger. De resulterende murmål vil være afhængige af forholdene i hvert enkelt tilfælde og må planlægges nøje.

Da ændringerne af murmålene således bestemmes af forøgelsen af vægtykkelserne, og da denne forøgelse ikke i alle tilfælde vil være et multiplum af murstensmodulen efter reglerne for murmål, kan skalmurenes vandrette murmål også af denne grund – foruden af de førnævnte grunde – blive afvigende

i forhold til målreglerne. Der må derfor ved skalmurenes planlægning og udførelse foretages tilpasning til de resulterende afvigende mål efter de tidligere nævnte fremgangsmåder for så vidt muligt at opnå regulære forbandtafslutninger ved såvel murfalse som murhjørner.

I nogle tilfælde kan forøgelsen af vægtykkelserne afpasses og udnyttes til at bringe skalmurenes øgede murmål i overensstemmelse med målreglerne, enten ved at øge isoleringens tykkelse til en større standardtykkelse eller ved at anvende isolering fremstillet i speciel tykkelse, hvor der er økonomisk grundlag herfor. Afstanden mellem isolering og skalmur bør derimod ikke ændres.

### *Lod og plan*

Skalmuringsarbejdet kompliceres, når bygningens ydervægge er ujævne, ude af lod eller med skæve flugter. Er en ydervæg ude af lod og plan, skal årsagen hertil findes, eksempelvis mangelfuld fundering, som i givet fald må udbedres.

Der kan normalt ses bort fra lokale buler og lunger, der afviger mindre end ca. 10 mm fra væggenes plan. Ved større afvigelser kan det være nødvendigt lokalt at ændre isoleringspladernes tykkelse.

Hvis en væg er mindre end ca. 10 mm ude af lod, men i øvrigt plan, kan skalmuren eventuelt følge væggen med konstant afstand. Men er væggen mere ude af lod eller som helhed bulet eller vindskæv, må skalmuren opmures i lod og flugt – og med anvendelse af bindere af varierende længde og isolering af varierende tykkelse.

Da det af arkitektoniske grunde som regel foretrækkes, at ensartede vinduer og døre er placeret i samme dybde i forhold til en bygnings facader, kan divergerende afstande mellem skalmure og ydervægge medføre, at nogle vinduer og døre må flyttes og de tilhørende lysningspanaler eller karmtilsætninger samt vinduesplader tilpasses i forskellige mål. Hvis vinduer og døre ikke flyttes og indvendigt tilpasningsarbejde herved undgås, må eventuelle udvendige karmtilsætninger, der skal dække skalmurenes tilslutninger til ydervæggene i murfalse, udføres med varierende mål.

### **Murtykkelser, mursten og mørtel**

Den almindelige halvstensmur vil i de fleste tilfælde være den bedst egnede til skalmure.

Ved laboratorieforsøg med efterfølgende afprøvning i praksis er det påvist, at tynde skalmure af specielle 70 mm brede mursten kan udføres i samme kvalitet som 108 mm halvstens skalmure. Fordelene ved at anvende de tynde mure

frem for halvstensmure er dels den mindre tyngde, der kan være afgørende for udformningen af skalmurenes fundamenter, dels de mindre ydre bygningsmål, der kan have betydning for bebyggelsesprocent og afstande til byggelinier. En tynd skalmur kan desuden i nogle tilfælde være afgørende for, om bredden af udvendige trapper og fremspring af tagudhæng må øges. En ulempe ved de tynde mure er, at bindernes forankring i ydervæg og indmuring i skalmur skal udføres med særlig stor nøjagtighed. Desuden er de tynde mure mindre stive over for vandrette kræfter end halvstensmure og kræver derfor flere bindere for samme vindlast. Prismæssigt er der ingen væsentlig forskel mellem 70 mm skalmure og halvstens skalmure.

Skalmure af bredsten eller helsten kan være nødvendige for at optage vindlasten, hvor binderne kun kan placeres i rækker med stor lodret afstand, for eksempel kun ud for etageadskillelser, fordi ydervæggene i øvrigt er uegnede til forankring af bindere. Bredstens- og helstensmure kan også indgå som dele af halvstensmure, hvor der i ydervægge er vægafsnit med mindre forsætninger, som ønskes udflignet til gennemgående skalmursflugter. Anvendelsen af bredsten hertil vil dog være betinget af, om de kan leveres i kvalitet og udseende som de påregnede normalsten.

### *Stentyper og -klasser*

Skalmure udføres sædvanligvis af teglsten, men kan udføres af kalksandsten, når der tages hensyn til, at murværk af disse sten har væsentlig større temperatur- og fugtbevægelser end murværk af teglsten.

Der kan anvendes massive sten eller hulsten, men stenene skal være garanteret frostfaste, for eksempel ifølge en varedeklaration.

Basismål og tilladte målafvigelser for normalsten og bredsten findes i »Norm for murværkskonstruktioner«, DS 414. Den specielle 70 mm brede mursten er ikke normeret, men fremstilles i mål, der kun i bredden afviger fra normalstenen.

Ved skalmurens dimensionering fastlægges murstenenes stenklasse sammen med mørteltypen således, at murværket får den nødvendige styrke. Sten af klasse 10 eller 15 vil som regel være tilstrækkeligt i lave bygninger, medens det i høje bygninger med stærkt belastede murpiller i skalmurene kan være nødvendigt at anvende sten af højere klasse.

### *Mørteltyper*

Mørtel til opmuring af skalmure skal være af typen KC 60/40/850 eller af tilsvarende eller stærkere type. Mørtel til fugning skal være af samme type som muremørtlen, men mørtlerne kan være forskellige med hensyn til fremstil-

lingsmåden, sandets kornkurve og maksimale kornstørrelse samt indholdet af tilsætningsstoffer og farvepigmenter.

KC 50/50/750 eller tilsvarende mørtel vil i mange tilfælde være egnet, men i områder med aggressivt miljø, for eksempel nær havet, kan det være fordelagtigt at anvende en endnu mere kalkfattig mørtel som KC 35/65/650.

Cementrige mørtler som KC 20/80/550 har i sammenligning med de svagere mørtler den ulempe, at de giver større risiko for udblomstringer og nødvendiggør en tættere placering af dilatationsfuger samtidig med, at de er vanskeligere at mure med. De bør derfor kun anvendes, når styrkekrav gør det nødvendigt.

## Varmeisolering

En bygnings varmeisolering skal opfylde isoleringskravene i henholdsvis bygningsreglementet BR-82 og småhusreglementet BR-S 85, der begge, foruden nye bygninger, omfatter tilbygning, ombygning og væsentlige bygningsændringer, herunder efterisolering og skalmuring.

### Udformning og udførelse

Ved udvendig efterisolering og skalmuring af en ydervæg undersøges og vurderes væggens isoleringsmæssige kvalitet som grundlag for efterisoleringens udformning og for valg af isoleringsmateriale i en tykkelse, der sammen med ydervæggens bidrag til isoleringen sikrer den nødvendige k-værdi for den færdige, isolerede og skalmurede væg.

Med mineraluldsplader, anbragt mellem ydervæg og skalmur, kan den krævede k-værdi på  $0,35 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  for rum opvarmet til mindst  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  som regel opnås med en pladetykkelse på ca. 100 mm, alt afhængigt af ydervæggens konstruktion og isoleringsmæssige tilstand. Større tykkelse kan ofte være nødvendig af hensyn til reduktion af kuldebroer eller være fordelagtigt med hensyn til energiudgifter. Desuden vil det som regel være billigere at anvende mineraluldsplader i standardtykkelse – eventuelt i to lag i forskellig tykkelse – fremfor plader i en beregnet mindre tykkelse, der skal specialfremstilles.

### Afstand mellem isolering og skalmur

Afstanden mellem ydervæg og skalmur fastsættes, som vist i figur 3, til isoleringspladens nominelle tykkelse med et tillæg på 10 mm for en nominel pladetykkelse op til 125 mm og 15 mm for tykkere plader. I praksis vil afstanden

ofte blive noget mindre, fordi leveringstykkelser for en mineraluldsplade kan være indtil 10 pct. større end den nominelle pladetykkelse.

Med en nominel afstand på 10–15 mm mellem isolering og skalmur opnås tilstrækkelig plads til murernes fingre til en ubesværet og korrekt henmuring af sten, og samtidig sikres, at mørtel, der under stenenes henmuring trykkes ud af fugerne, ikke presses i for fast, massiv forbindelse med isoleringen. Afstanden på 10–15 mm er desuden tilpas snæver til, at udpresset mørtel ikke falder ned og ophobes mellem isolering og skalmur. Men uanset en korrekt tilpasset afstand kan isoleringspladerne stedvis komme i berøring med murstenene i skalmuren, foruden med den udpresede mørtel. Pladerne vil derfor kunne blive fugtige på ydersiden, når vand ved stærk slagregn lejlighedsvis trænger gennem skalmuren. De vandafvisende pladers isolering forringes kun ubetydeligt herved, og fugten vil senere i tørvejrperioder diffundere ud gennem skalmuren.

Det pointeres, at den nominelle afstand på 10–15 mm mellem isolering og skalmur kun vil være korrekt for ydervægge, der alene er udført af uorganiske materialer. Er væggene helt eller delvis udført af organiske materialer, skal afstanden være mindst 40 mm for at udelukke fugtskader, idet det således fremkomne hulrum skal ventilere væggene. Der må desuden udføres en korrekt placeret dampspærre (se SBI-anvisning 111, »Bygningers varmeisolering«, og SBI-anvisning 139, »Bygningers fugtisolering«).

### Anbringelse af plader

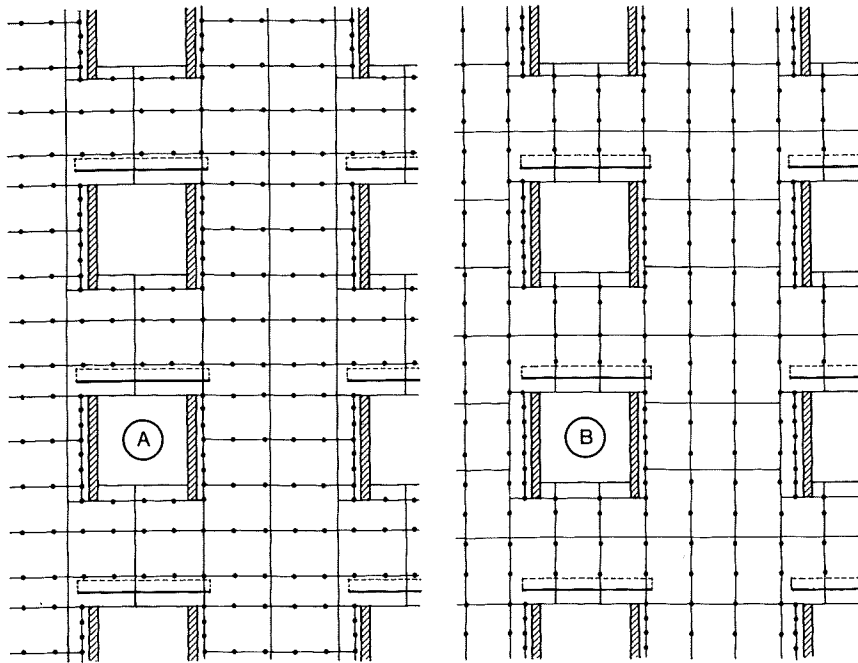
Ved sideløbende arbejdsudførelse anbringes isoleringspladerne i takt med opmuringen i vandrette rækker mellem de vandrette binderrækker, som vist i figur 1 og 4, og uden særlig fastholdelse til ydervæggene. Pladerne kan ved denne arbejdsmetode dog også anbringes i lodrette rækker mellem de lodrette binderrækker.

Ved forskudt arbejdsudførelse anbringes pladerne, som vist i figur 2, i én selvstændig arbejdsgang for hver fulde stilladshøjde eller i større højde og i enten vandrette eller lodrette rækker mellem binderne. Pladerne skal ved denne arbejdsmetode holdes midlertidigt på plads mod ydervæggene med skiver anbragt på binderne, som vist i figur 3.

Ved begge arbejdsmetoder skal afstanden mellem binderrækkerne være samordnet med størrelsen af de anvendte isoleringsplader, som vist i figur 6.

### Materialer

Det bedst egnede materiale til varmeisolering mellem ydervægge og skalmure er halvstive mineraluldsplader af klasse 36 eller 39. De halvstive plader er ro-



Figur 6. Eksempler på samordning af størrelsen af isoleringsplader med placeringen af bindere ved udvendig efterisolering og skalmuring. Opstalt i mål 1:100.

- A. 900 · 600 mm mineraluldsplader anbragt i vandrette rækker mellem bindere, placeret i vandrette rækker med 600 mm afstand og i lodrette rækker med 400 mm afstand.
- B. 900 · 600 mm mineraluldsplader anbragt i lodrette rækker mellem bindere, placeret i lodrette rækker med 600 mm afstand og i vandrette rækker med 400 mm afstand.

Skalmurens tilslutninger til ydervæg med murede sidevanger ved muråbningernes sidefalse er vist skraveret og med ekstra bindere langs vanger i hvert tredje skifte.

Vandstandsede murpapindlæg, fastgjort på væg over muråbninger, er vist med punkteret streg. Pappens udførelse gennem isolering til indmuring på overliggere i skalmur er vist med kraftig streg. Murpapindlæg må ikke gennembrydes af bindere.

Omkring muråbninger må der, som vist i begge eksempler, anvendes tildannede isoleringsplader, der ved forskudt udførelse som regel først kan anbringes ved skalmurens opmuring.

Lodrette afstande mellem bindere skal svare til skalmurens skiftegang (9 skifter i eksempel A og 6 skifter i eksempel B). 960 · 560 mm mineraluldsplader kan ikke uden tilpasning i bredden anvendes i vandrette rækker som i eksempel A, men derimod i lodrette rækker som i eksempel B, forudsat en afstand på 560 mm mellem de lodrette binderrækker.

Med de angivne rækkeafstande og de viste ekstra bindere ved åbninger er det gennemsnitlige antal bindere per m<sup>2</sup> skalmur uden fradrag af åbninger ca. 4,2.

buste og lette at håndtere og kan anbringes tæt til ydervægge og i indbyrdes tæt forbindelse, også hvor der findes trådbindere i pladesamlingerne.

Stive mineraluldsplader, eksempelvis til isolering af terrændæk, er normalt uegnede, fordi de er for hårde ved murernes fingre. Blødere plader for eksempel af klasse 42 har ikke den fornødne robusthed og stivhed til formålet.

Ved sideløbende udførelse anvendes som regel små plader, der kan være 200 mm høje, svarende til 3 skifter, eller 270 mm høje, svarende til 4 skifter. Ved forskudt udførelse anvendes store plader i standardmålene 900 · 600 mm eller 960 · 560 mm.

Til afbrydelse af kuldebroer mellem skalmure og ydervægge i murfalse ved vinduer og døre kan der, som vist i figur 9, anvendes polystyrenplader med tykkelser op til 50 mm. Pladernes densitet bør være mindst 30 kg/m<sup>3</sup>, da lettere typer ikke er tilstrækkeligt robuste, og de bør være vandafvisende for at reducere indtrængning af fugt fra skalmur til bagmur.

## Forankring

Skalmure forankres til ydervæggene med trådbindere. Bindernes længde bestemmes af den fri binderlængde, det vil sige afstanden mellem skalmur og bagmur, samt den nødvendige indmurlængde i skalmur og indstøbningsdybde i bagmur, som vist i figur 3. Bindernes trådtykkelse, antal og placering bestemmes ved beregning.

## Bindertyper

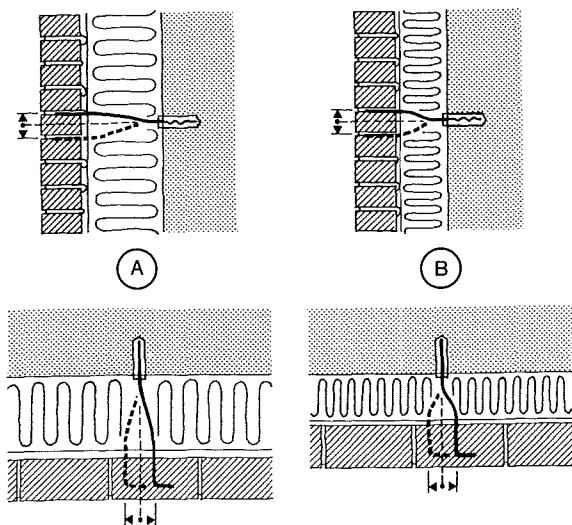
De mest anvendte bindere – herunder bølgebindere – er kontinuerte bindere, det vil sige bindere uden led og med fast indspænding i både skalmure og bagmure.

Kontinuerte bindere påvirkes foruden af tryk- og trækkræfter også til bøjning, der skyldes bevægelser mellem skalmure og bagmure, som vist i figur 7.

Der findes også bevægelige bindere, det vil sige bindere med led, der til en vis grad muliggør bevægelserne, således at bøjningspåvirkningen af binderne reduceres eller udelukkes. Bevægelige bindere kan være egnede til høje skalmure med små isoleringstykkelser, men omtales i øvrigt ikke nærmere i denne anvisning.

## Bindermateriale

Trådbindere skal være af korrosionsfast materiale som tinbronze eller rustfast stål. Trækstyrken angives som  $f_{02}$ -styrken, der er materialets karakteristiske



Figur 7. Bøjningspåvirkning af bindere ved temperatur- og fugtbevægelser i skalmure. Lodrette og vandrette snit i mål 1:20.

- A. Kontinuert binder, fast indspændt i bagmur og skalmur med stor mellemliggende isoleringstykkelse.  
 B. Kontinuert binder, fast indspændt i bagmur og skalmur med mindre mellemliggende isoleringstykkelse.

Lodrette og vandrette bevægelser i skalmure er – stærkt overdrevet – angivet med pile. Bøjning af binderne for de tilsvarende bevægelser er vist med fuld streg for udvidelse og med punkteret streg for sammentrækning af mure. For givne lodrette og vandrette bevægelser i murene reduceres bøjningen af kontinuerte bindere, når afstanden mellem bagmur og skalmur forøges, det vil sige, når isoleringstykkelsen gøres større.

0,2 procent flydestyrke. For begge materialer gælder, at styrken afhænger af graden af koldbearbejdning. Det må derfor kontrolleres, om anvendte bindere har den forudsatte styrke.

Sædvanligvis anvendes bindere af 4 mm tråd. Bindere af 3 mm tråd bør kun anvendes, når bindere af 4 mm tråd er for stive, eksempelvis i den øvre del af høje skalmure med små isoleringstykkelser og store temperaturbevægelser.

I tabel 1 er angivet karakteristiske trækstyrker og elasticitetsmoduler for trådbindere af tinbronze og rustfast stål og med trådtykkelse på 3 og 4 mm.

Forskellen mellem elasticitetsmodulerne kan være afgørende for valg af bindermateriale til kontinuerte bindere, der udsættes for tryk eller træk under samtidig bøjningspåvirkning. Bindernes materiale og trådtykkelse må derfor

Bindermateriale	Trådtykkelse mm	$f_{0,2}$ N/mm <sup>2</sup>	$E_k$ N/mm <sup>2</sup>
Tinbronze	4	480	$1,2 \cdot 10^5$
Tinbronze	3 og 4	720	$1,2 \cdot 10^5$
Rustfast stål	3 og 4	600	$2,0 \cdot 10^5$

Tabel 1. Trækstyrker og elasticitetsmoduler for trådbindere af forskellige materialer og trådtykkelser.

$f_{0,2}$  er materialets karakteristiske 0,2 procent flydestyrke.

$E_k$  er materialets karakteristiske elasticitetsmodul.

vælges som et kompromis mellem to krav, idet tryk kræver bindere med stor stivhed, mens bøjningspåvirkning kræver bindere, der ikke er for stive.

Smidige bindere af tinbronze med lille elasticitetsmodul vil være fordelagtige, når isoleringstykkelsen og dermed afstanden mellem skalmur og bagmur er lille, mens stive bindere af rustfast stål med stort elasticitetsmodul kan være fordelagtige ved stor isoleringstykkelse og tilsvarende stor afstand mellem skalmur og bagmur.

### Påvirkninger af bindere

Tryk- og trækkræfter i bindere i skalmure afhænger af vindlasten på murene, der ifølge »Norm for last på konstruktioner«, DS 410, bestemmes af den pågældende bygnings højde over terræn og af bygningens omgivelser, udtrykt som terrænklasse.

I tabel 2 er for alle tre terrænklasser angivet regningsmæssige værdier af vindlast på op til 35 m høje bygninger. Vindlasten per binder findes ved at dividere tabellens værdier med det ønskede eller fastlagte antal bindere per m<sup>2</sup> skalmur og forudsættes at være den samme for tryk som for træk i binderne.

Bygningshøjde over terræn, m	5	10	15	20	25	30	35
Terrænklasse							
0,01 glat terræn	1,48	1,77	1,95	2,08	2,19	2,28	2,35
0,05 landbrugsområde	1,15	1,43	1,61	1,75	1,85	1,95	2,02
0,3 skov- og byområde	0,75	1,02	1,20	1,33	1,44	1,54	1,62

Tabel 2. Den regningsmæssige vindlast  $w_d$  kN/m<sup>2</sup> på bygninger af forskellige højder over terræn og med forskellige omgivelser, betegnet terrænklasser.



Skalmurshøjde over sokkel, m	5	10	15	20	25	30	35
$\Delta h$ , ± mm	1,05	2,10	3,15	4,20	5,25	6,30	7,35
$\Delta r$ , ± mm	2,35	2,97	3,79	4,70	5,65	6,64	7,64

Tabel 3. Temperatur- og fugtbevægelser i skalmure af forskellig højde, beregnet for en variation i temperatur på  $\pm 35^\circ\text{C}$  og for murværk af teglsten.

$\Delta h$  er den største lodret opad- eller nedadrettede bevægelse i skalmur.

$\Delta r$  er den tilsvarende største skrå bevægelse i øvre murhjørner af 20 m lange skalmurs-afsnit.

Lange skalmure bør, afhængigt af stentype og mørteltype, opdeles med lodrette dilatationsfuger for hver 15–25 m, hvorved den største vandrette bevægelse ved fugerne bliver  $\pm 1,5$ – $2,5$  mm.

Bøjningspåvirkninger af bindere afhænger af de indbyrdes bevægelser mellem skalmure og bagmure, de såkaldte differensbevægelser. Bevægelserne følger af formændringer under varierende temperatur- og fugtforhold i bygningsdelene.

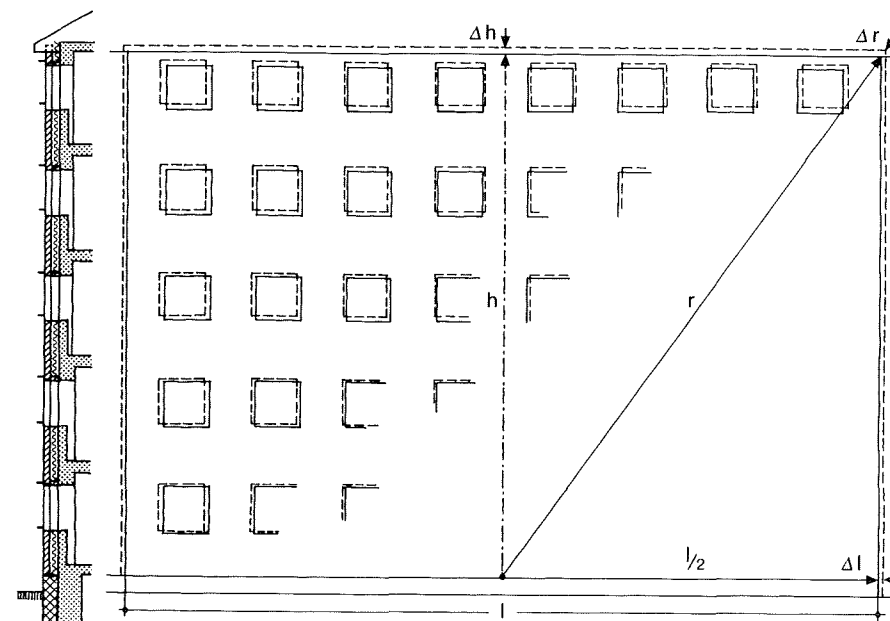
Temperatur- og fugtbevægelser i skalmure er vist i figur 8 for et afgrænset afsnit af en skalmur.

Bevægelserne regnes at foregå fra et fastholdt punkt af skalmuren, som ofte kan regnes at være midtpunktet på oversiden af soklen for skalmursafsnittet. Bevægelserne for et vilkårligt sted i muren øges lineært med stedets afstand fra det fastholdte punkt. Muråbninger kan svække skalmuren og derved medvirke til, at det fastholdte punkt ikke vil være det nævnte midtpunkt. Variationen i skalmurens temperatur regnes til  $\pm 35^\circ\text{C}$ , og murens længdeudvidelseskoefficient er  $6 \cdot 10^{-6}$  per  $^\circ\text{C}$  for murværk af teglsten og  $10 \cdot 10^{-6}$  per  $^\circ\text{C}$  for murværk af kalksandsten. De største bevægelser vil forekomme i skalmurens øvre hjørner.

I tabel 3 er angivet de største lodrette temperatur- og fugtbevægelser for indtil 35 m høje skalmure af teglsten og de tilsvarende største skrå bevægelser i de øvre hjørner af 20 m lange skalmursafsnit.

### Mindste og største fri binderlængde

Bindernes formændring som følge af differensbevægelser afhænger dels af deres afstand fra det fastholdte punkt på skalmurssoklen, dels af den fri binderlængde, der defineres som afstanden mellem skalmur og bagmur, som vist i figur 3, idet murens fuger forudsættes fyldte. For samme differensbevægelse øges bøjningen af binderne med aftagende fri binderlængde, som vist i figur



Figur 8. Temperatur- og fugtbevægelser i skalmur, lodret afgrænset af fri kanter eller dilatationsfuger. Snit og opstalt i mål 1:200.

Bevægelserne kan regnes at foregå symmetrisk om skalmurens lodrette midtlinie, hvis muren ikke er svækket af mange åbninger, og er her med punkteret streg vist som udvidelser i muren som følge af temperaturstigning i varme perioder. Temperaturfald i kolde perioder vil medføre tilsvarende sammentrækninger i muren. I begge tilfælde vil temperaturbevægelserne i væggen bag ved isoleringen være ubetydelige i forhold til skalmurens bevægelser.

For at tydeliggøre bevægelserne i skalmur med åbninger er murens udvidelse vist stærkt forstørret i forhold til dens længde og højde.

$\Delta l$  er den største vandrette bevægelse og proportional med den halve længde  $l$ .

$$\Delta l = (\frac{1}{2}l) \Delta T \alpha$$

$\Delta h$  er den største lodrette bevægelse og proportional med højden  $h$ .  $\Delta h = h \Delta T \alpha$ .

$\Delta r$  er den største skrå bevægelse i de øvre murhjørner og proportional med afstanden  $r$  til det punkt, som regnes fastholdt.  $\Delta r = r \cdot \Delta T \cdot \alpha$ , hvor  $r$  er  $\sqrt{(\frac{1}{2}l)^2 + h^2}$ .

$\Delta T$  er den regningsmæssige temperaturdifferens og skal regnes til mindst  $\pm 35^\circ\text{C}$ .  $\alpha$  er skalmurens længdeudvidelseskoefficient, der for murværk af tegl er  $6 \cdot 10^{-6}$  per  $^\circ\text{C}$  og for murværk af kalksandsten  $10 \cdot 10^{-6}$  per  $^\circ\text{C}$ .

7, og dermed øges også bøjningsspændingen i binderne. Da den regningsmæssige flydestyrke ikke må overskrides, vil der for bindere af et givet materiale og med en given trådtykkelse være en grænse for deres mindste fri længde, afhængig af differensbevægelsen. Tilsvarende vil der for de samme bindere være en grænse for deres største fri længde, afhængig af søjlevirkningen ved tryk i binderne.

Ved bestemmelse af grænserne for den mindste og den største fri binderlængde skal differensbevægelser regnes virkende samtidig med tryk eller træk i binderne. Dette medfører ret komplicerede beregninger som angivet i SBI-anvisning 157, »Trådbindere til forankring af skalmure og hule mure«. Det er her vist, at det største træk i binderne under samtidig differensbevægelse er bestemmende for den tilladelige mindste fri binderlængde, mens det største tryk, uden hensyn til differensbevægelse, er bestemmende for den tilladelige største fri binderlængde.

Når tryk og træk i binderne er fastsat efter den aktuelle terrænklasse ifølge tabel 2, og den største differensbevægelse er bestemt efter tabel 3, kan de tilladelige mindste og største fri binderlængder aflæses af diagrammerne i SBI-anvisning 157. Diagrammerne omfatter bindere af tinbronze og rustfast stål.

Bindernes fri længde skal ligge i intervallet mellem deres tilladelige mindste og største fri længde. Kan dette krav ikke opfyldes med det forudsatte antal bindere per m<sup>2</sup> skalmur, kan en forøgelse af antallet reducere normalkraften i den enkelte binder. Herved nedsættes bindernes tilladelige mindste fri længde, samtidig med at deres tilladelige største fri længde øges.

Alt andet lige, vil bindere af tinbronze med en flydestyrke  $f_{02}$  på 720 N/mm<sup>2</sup> give de gunstigste mindste fri binderlængder, mens bindere af 4 mm rustfast stål giver de tilladelige største fri binderlængder.

Det pointeres, at det bør påvises ved prøvning, at bindernes fastgørelse er tilstrækkelig til at optage de påregnede tryk- og trækkræfter.

### Placering af bindere

Der bør almindeligvis være mindst fire bindere af 4 mm tråd eller mindst otte bindere af 3 mm tråd per m<sup>2</sup> skalmur. Binderne fordeles så jævnt som muligt i vandrette eller lodrette rækker, idet afstande mellem vandrette rækker altid skal svare til skiftegangen i skalmur.

Afstande mellem binderrækker må desuden, som vist i figur 6, samordnes med størrelsen af isoleringspladerne.

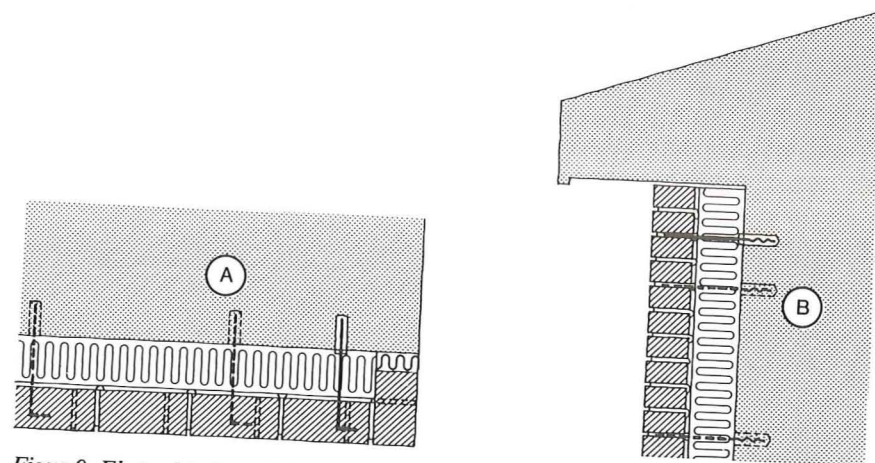
Den lodrette afstand mellem binderrækkerne beregnes således, at skalmursfelterne mellem rækkerne kan spænde frit fra række til række, påvirket af vindlast og skalmurslast og under hensyn til buevirkning og udbøjning for den givne tykkelse og styrke af skalmur. Skalmurens egenlast regnes her som

eneste stabiliserende last, og da denne last tiltager nedad i muren, kan den lodrette afstand mellem binderrækkerne øges, jo længere nede i muren de placeres. Beregningsmåden er angivet i SBI-anvisning 157.

De beregnede afstande mellem binderrækkerne kan, især i den nederste del af høje skalmure, vise sig betydeligt større end isoleringspladernes største mål. Pladerne kan derfor ikke holdes på plads med skiver på binderne som nødvendigt ved forskudt arbejdsudførelse, og der må følgelig anvendes mindre afstande eller anden fastholdelse.

### Ekstra bindere

Til forankring af skalmure skal der, ud over det beregnede antal bindere altid være en ekstra binderrække i øverste eller næstøverste skifte, og der skal indstøbes ekstra bindere ved muråbninger, lodrette muraflutninger og vandrette



Figur 9. Ekstra bindere til forankring af skalmure. Snit i mål 1:20.

- A. Vandret snit i fals i muråbning eller ved muraflutning. Ekstra bindere anbringes i hvert tredje eller fjerde skifte nær ved murfals, men friholdt af skalmurens sidevanger, da binderne skal kunne bevæge sig frit ved skalmurens bevægelser i forhold til bagmuren. Mellem sidevanger og bagmur isoleres med polystyrenplader.
- B. Lodret snit i muraflutning under tagfremspring. Ekstra bindere anbringes for hver 0,3 m i skalmurens øverste eller næstøverste skifte. Ved skalmurens tilslutning til tagudhæng skal murens bevægelser kunne foregå uhindret.

Placering af bindere, bestemt ved skalmurens dimensionering, er vist med punktering, men kun som eksempler.

og skrå tilslutninger til tagkanter og tagudhæng. Som vist i figur 9 anbringes disse bindere i skalmurens øverste eller næstøverste skifte for hver 0,3 m og ved lodrette murfals i hvert tredje eller fjerde skifte.

Ved dilatationsfuger og murhjørner skal der ligeledes anbringes ekstra bindere i lodrette rækker til begge sider for fuger og hjørner, som vist i figur 10, 12 og 13 og nærmere omtalt i de følgende afsnit.

Hvor nye vinduer og døre fastgøres i skalmure, som vist i figur 17, overføres vindlasten fra vinduer og døre til skalmurene og skal herfra overføres gennem bindere til bagmurene. Det hertil nødvendige antal bindere anbringes passende fordelt ved åbningernes sider.

Fugtstandsede murpapindlæg, der anbringes over muråbninger og sokler og gennem varmeisoleringen føres ud til skalmurens yderside, må ikke gennembydes af bindere. Bindernes placering må derfor tilpasses den givne placering af papindlæg, som vist i figur 6.

## Dilatationsfuger

Variierende temperatur- og fugtforhold i skalmure medfører udvidelser eller sammentrækninger i murværket i både vandret og lodret retning. Bevægelserne skal kunne foregå så frit, at der ikke stedvis opstår spændinger, der kan medføre forskydninger eller revner i murene med nedsat styrke, vandtæthed og holdbarhed til følge.

For at sikre at de vandrette bevægelser kan foregå tilstrækkelig frit, må skalmure opdeles i mindre afsnit, adskilt med lodrette dilatationsfuger, der skal være gennemgående fra sokler til overkant af mure. Lodrette bevægelser skal også kunne foregå frit og vil nødvendiggøre både vandrette og lodrette dilatationsfuger, hvor murene skal tilsluttes bygningsdele, der er udkraget fra ydervægge og dæk.

Vandrette og skrå tilslutninger af skalmure til gesimser, tagkanter og tagudhæng må udføres efter forholdene i hvert enkelt tilfælde, men altid sådan at murene får tilstrækkelige bevægelsesmuligheder, som vist i eksemplet i figur 9.

## Placering

Lodrette dilatationsfuger i skalmure placeres på steder, der vil være hensigtsmæssige efter bygningernes størrelse, planudformning og konstruktion. Hvis der er dilatationsfuger i ydervægge, eksempelvis i betonavægge, bør der på de samme steder også udføres dilatationsfuger i skalmurene.

I ydervægge med fremspringende eller tilbageliggende vægpartier, der skal

følges ved skalmuringen, bør der som regel udføres lodret gennemgående dilatationsfuger ved forsætningerne i skalmurene.

Er der i sokler for skalmure lodrette spring, højere end ca. 1 m, bør der ligeledes udføres lodrette fuger, gennemgående fra de laveste sokkelkoter til overkant af mure.

Afstanden mellem lodrette dilatationsfuger og mellem fuger og fri murkanter eller hjørner afhænger af stentype og mørteltype. For skalmure af tegl opmuret i mørtel af typen KC 60/40/850 kan afstanden være 20–25 m. For skalmure med mørtel med stort cementindhold, eksempelvis af typen KC 20/80/550, bør afstanden ikke være meget større end 15 m.

De anførte afstande må kun betragtes som vejledende. I svagt belastede skalmure uden muråbninger kan fugeafstanden måske være større, mens den bør være mindre i mure med muråbninger, der reducerer murens styrke med risiko for revner ved murfals til følge.

I skalmursflugter uden forsætninger eller muråbninger bør dilatationsfugerne fordeles jævnt, men under hensyn til de særlige afstande mellem fuger og hjørner, der er angivet i afsnittet om murhjørner. I skalmure med muråbninger må fugerne placeres i murpartier eller murpiller mellem åbningerne, og således at de går fri af vederlagene for åbningernes overliggere.

Ved murhjørner kan sydvendte, kraftigt solbestrålede mure med fordel adskilles fra de tilstødende mure med dilatationsfuger placeret i de mindst solopvarmede mure, som nærmere beskrevet i afsnittet om murhjørner.

Under udkragede altaner og karnapper skal der udføres vandrette dilatationsfuger, udformet til at optage de lodrette skalmursbevægelser, som øges med murhøjden. Ligeledes skal altan- og karnapbrystninger adskilles fra skalmure med lodrette dilatationsfuger, der efter forholdene bør udføres gennemgående i fuld murhøjde.

Skalmursdele, der bæres af altaner eller terrasser, har mindre lodrette bevægelser end den øvrige skalmur og skal derfor adskilles fra denne med lodrette dilatationsfuger.

## Udformning og udførelse

Lodrette dilatationsfuger skal udformes til at optage bevægelserne i skalmurene mellem fugerne, og mellem fuger og fri murkanter eller hjørner. Lodrette og vandrette fuger langs med udkragede bygningsdele skal kunne optage både de vandrette og lodrette bevægelser mellem murene og bygningsdelene.

Bevægelserne forudsættes at foregå symmetrisk fra det fastholdte punkt i et afgrænset skalmursafsnit, som vist i figur 8. For afsnit med en totallængde på ca. 20 m vil de vandrette bevægelser ved hver af de lodrette murkanter være ca.  $\pm 2$  mm for temperaturvariationer på  $\pm 35$  °C, som angivet under tabel

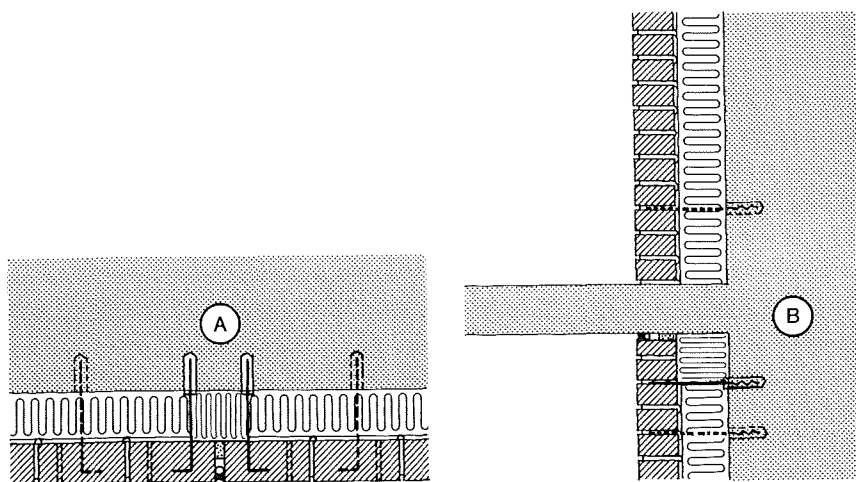
3. Dilatationsfugernes tykkelse vil følgelig variere med  $\pm 4$  mm og må fastlægges efter de anvendte fugematerialers elasticitet.

Vandrette dilatationsfuger under udkragede altaner og karnapper i højder større end 20 m skal, som det fremgår af tabel 3, optage lodrette bevægelser større end  $\pm 4$  mm, og fugetykkelserne må afpasses herefter.

### Afsætning

Ved dilatationsfuger skal der indstøbes ekstra bindere til skalmurenes forankring, som vist i figur 10.

Dilatationsfuger afsættes med de fastlagte fugetykkelser ved opmuringen af skalmurene. Fugesiderne skal i både lodrette og vandrette fuger udføres jævne og med fyldte mørtelfuger, der udkradses og efterfuges.



Figur 10. Dilatationsfuger i skalmure. Snit i mål 1:20.

A. Vandret snit i skalmur med lodret dilatationsfuge.

Ekstra bindere anbringes i hvert tredje eller fjerde skifte i lodret række til hver side for fugen.

B. Lodret snit i skalmur med vandret dilatationsfuge under udkraget altanplade.

Ekstra bindere anbringes for hver 0,3 m i skalmurens øverste eller næstøverste skifte under pladen.

Øverste skifte må eventuelt udføres som flækskifte for at sikre tilstrækkelig tykkelse af dilatationsfugen.

Som modhold for fugetætningen anvendes bag dilatationsfuger stiv mineraluldsplade i stedet for halvstiv plade.

Placering af bindere, bestemt ved skalmurens dimensionering, er vist med punktering, men kun som eksempler.

Ved lodrette dilatationsfuger kan der udføres normale forbandtafslutninger i skalmurene, eller forbandtet kan være udløbende med petringer som mindste delformat ved fugesiderne.

Ved vandrette dilatationsfuger under udkragede bygningsdele må højden af skiftet under fuger som regel tildannes efter den nødvendige fugetykkelse, da for tynde fuger her kan medføre skader i murværket, når skalmurene udvider sig ved kraftig solopvarmning.

### Fugetætning

Dilatationsfuger skal samtidig med at optage bevægelser være varigt tætte over for slagregn. Fugerne skal derfor udføres med tottrins tætning, da fuger med ettrins tætning ikke kan påregnes at være vandtætte.

Eksempler på fuger med tottrins tætning er vist i figur 11. Fugerne har yderst en regnskærm, der ikke behøver at være fuldstændig vandtæt, men skal afvise hovedmængden af regnvand, som rammer fugerne. Regnskærmen kan udføres af fugemasse med bundstop eller med en profileret gummitætningsliste.

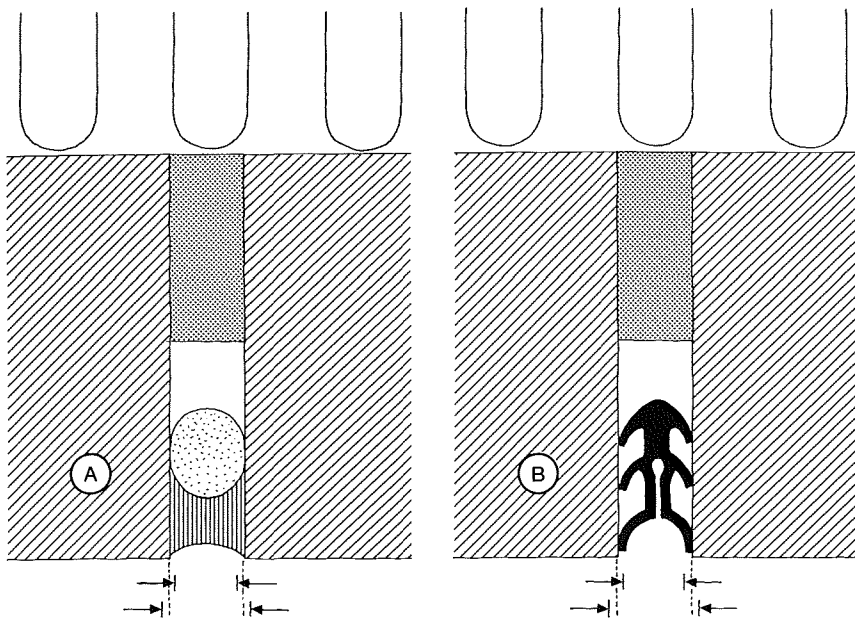
Bag skærmen skal der være et ca. 20 mm dybt hulrum til udligning af trykforskellen mellem skærmens yderside og inderside, hvorved sikres, at kun små vandmængder presses forbi skærmen. Indtrængende vand i hulrummet udledes over skalmurens sokkel, og regnskærmen skal derfor slutte et skifte over soklen.

Bag hulrummet anbringes et forkomprimeret fugebånd, der ved ekspansion mod fugens sider giver tilstrækkelig tæthed mod vind og mod vand, som trænger ind i hulrummet. Fugebåndet skal føres helt ned til skalmurens sokkel og afsluttes tæt mod denne. Eventuelle samlinger i fugebåndet skal være tætte og kan udføres med skråt skårne overlapninger, der ikke må reducere hulrummets dybde. Anbringelsen af fugebånd lettes, hvis der bag dilatationsfuger udføres modhold af stiv mineraluld, som vist i figur 10.

Tætningen af dilatationsfuger udføres som regel i takt med fugningen af skalmurene, og fugerne skal være rensede i fuld dybde for mørtel, før de tættes.

### Materialer

Hvor regnskærmen udføres med fugemasse, som vist i figur 11, kan der hertil anvendes højelastiske en- eller tokomponent masser, fremstillet for eksempel på basis af polysulfid. Producenterne angiver, at disse masser i mindst 20 år vil kunne tåle gentagne udvidelser på 20–25 procent af fugetykkelsen og tilsvarende sammentrykninger. Når dilatationsfuger skal kunne optage skalmursbevægelser på  $\pm 4$  mm ved temperaturvariationer på  $\pm 35$  °C, skal fuge-



Figur 11. Tætning af dilatationsfuger i skalmure. Vandrette snit i mål 1:2.

- A. Totrins tætning bestående yderst af fugemasse med bundstop og inderst, bag det trykudlignende hulrum, af ekspanderet fugebånd.
- B. Totrins tætning bestående yderst af en profileret gummitætningsliste og inderst, bag det trykudlignende hulrum, af ekspanderet fugebånd.

En dilatationsfuges tykkelse bestemmes både af de maksimale vandrette bevægelser i de tilgrænsende skalmursafsniit og af det valgte fugematerials elasticitet.

For 20 m lange skalmursafsniit vil bevægelserne ved temperaturvariationer på  $\pm 35$  °C være ca.  $\pm 2$  mm på hver side af fugen, som vist med pile ved dilatationsfugernes forkanter.

tykkelsen altså være mellem 16 og 20 mm ved ca.  $+15$  °C. For at opnå god vedhæftning af fugemassen til murværket bør fugesiderne primes. Bundstop for elastisk fugemasse kan være et cirkulært polyethylenprofil med lukkede celler.

Hvor regnskærmen udføres med gummitætningslister, som vist i figur 11, kan der hertil anvendes profilerede lister af eksempelvis EPDM-gummi. Gummilisterne anbringes i spænd mellem fugesiderne og skal forblive i spænd ved den beregnede største fugeudvidelse, men listerne skal desuden kunne tåle den største sammentrykning af fugerne, uden at elasticiteten for-

ringes. Gummilisternes dimension og nødvendige elasticitet må således fastlægges efter de maksimale skalmursbevægelser og vil være bestemmende for fugetykkelsen.

Fugebånd kan være af forkomprimeret, ekspanderende skumplast, imprægneret med klorparafin. Fugebåndets bredde skal være mindst to til tre gange fugetykkelsen og fugebåndets tykkelse mindst fire gange fugetykkelsen, målt efter uhindret ekspansion.

Der henvises i øvrigt til SBI-anvisning 108, »Fugemasser og facadefuger« og til producenterens anvisninger om fugematerialer, -dimensioner og -udførelse.

## Murhjørner

Skalmure kan enten mures i forbandt i murhjørner eller adskilles med lodrette dilatationsfuger. Udførelsesmåderne er principielt de samme for udadgående som for indadgående hjørner.

De lodrette bevægelser i et murhjørne er de samme ved begge udførelsesmåder, hvorimod de vandrette bevægelser vil være forskellige og afhængige dels af skalmurenes forankring til ydervæggene ved hjørnet, dels af bevægelserne i murene mellem hjørnet og de nærmeste lodrette fri kanter eller dilatationsfuger.

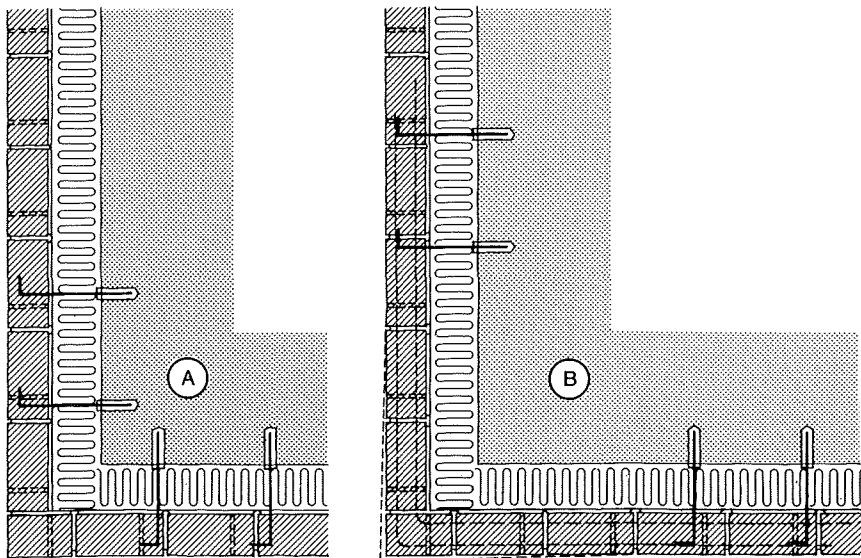
## Fastholdt hjørne

En skalmur kan ved murhjørnet regnes fastholdt over for vandrette bevægelser, hvis den mures i forbandt i hjørnet og på begge sider heraf forankres med bindere fastgjort i to lodrette rækker så tæt ved hjørnet som muligt, som vist i figur 12.

Binderne bør anbringes med en lodret afstand på 3–4 skifter, og de to binderrækker på hver side af hjørnet bør have en indbyrdes afstand på ca. 0,3 m.

Kan binderne ikke fastgøres tæt ved hjørnet, for eksempel på grund af skørnet eller revnet murværk, må de lodrette binderrækker placeres i større afstand fra hjørnet – som også vist i figur 12 – og skalmurens hjørne bliver da elastisk fastholdt. Da bevægelser i skalmuren kan medføre deformationer af skalmurshjørnet, bør skalmuren armeres, for eksempel med to stykker vinkelbukket 5 mm profileret armeringsstål i hvert tredje eller fjerde skifte. Armeringen skal være rustfast.

Afstanden fra hjørnet til de nærmeste dilatationsfuger bør højst være tredjedelen af den til murværkets kvalitet svarende afstand mellem dilatationsfuger. I praksis bør afstanden dog ikke være meget over 5 m.



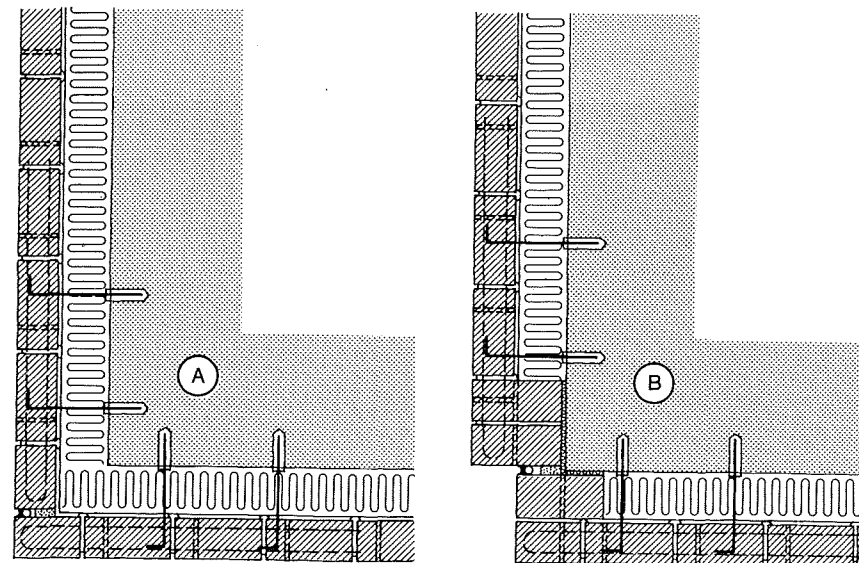
Figur 12. Eksempler på fastholdte skalmurshjørner. Vandrette snit i mål 1:20.

- A. Hjørne muret i forbandt og fastholdt til bagmur med bindere, placeret i to lodrette rækker til hver side for hjørnet med en rækkeafstand på ca. 0,3 m. Binderne anbringes i hvert tredje eller fjerde skifte, eventuelt forsat et eller to skifter om hjørnet for at opnå størst mulig forankringsstyrke for binderne nærmest hjørnet.
- B. Hjørne muret i forbandt og fastholdt elastisk til bagmur med bindere, placeret ca. 0,6 og 0,9 m fra hjørnet, men i øvrigt udført som eksempel A. Anvendes, hvor bagmuren ved hjørnet ikke har tilstrækkelig styrke til forankring af bindere. Den viste armering i skalmuren er af 5 mm rustfast stål og indmures for hvert tredje eller fjerde skifte for at modvirke revner og forskydninger ved hjørnet som følge af murens bevægelser. Armering og bindere kan ikke indmures i de samme fuger, og deres indbyrdes placering må afpasses herefter. Murhjørnets formændring ved udvidelse af muren er markeret med punktering.

### Hjørne med dilatationsfuge

Skalmure kan udføres uden forbandt i murhjørnet og i stedet adskilles med en dilatationsfuge, forudsat at der til murenes forankring indstøbes bindere i lodrette rækker på begge sider af ydervæggens hjørne, som vist i figur 13.

Uanset forankringen i ydermur kan der forekomme bevægelser i skalmurene ved hjørnet, og da det elastiske materiale i dilatationsfugen, foruden trykkræfter, til en vis grænse kan overføre træk- og forskydningskræfter, kan der



Figur 13. Eksempler på skalmurshjørner med dilatationsfuge. Vandrette snit i mål 1:20.

- A. Hjørne udført uden forbandt og med dilatationsfuge samt fastholdt til bagmur med bindere, placeret i to lodrette rækker til hver side for hjørnet med en rækkeafstand på ca. 0,3 m. Binderne anbringes i hvert tredje eller fjerde skifte, eventuelt forsat et eller to skifter om hjørnet for at opnå størst mulig forankringsstyrke for binderne nærmest hjørnet. Den viste armering i skalmuren er af 5 mm rustfast stål og indmures for hvert tredje eller fjerde skifte for at modvirke revner og forskydninger ved hjørnet som følge af murens bevægelser. Armering og bindere kan ikke indmures i de samme fuger, og deres indbyrdes placering må afpasses herefter.
- B. Hjørne udført uden forbandt og med dilatationsfuge i reces med hjørneforstærkninger. Hjørnet er fastholdt med bindere og armeret som i eksempel A.

opstå små forskydninger og revner på begge sider af hjørnet. Skalmurene bør derfor armeres ved hjørnet, for eksempel med u-formede bøjler af 5 mm profileret armeringsstål, indmuret i hvert tredje eller fjerde skifte. Armeringen skal være rustfast.

Afstanden fra hjørnet til de nærmeste dilatationsfuger bør her ikke være større end det halve af den til murværkets kvalitet svarende afstand mellem dilatationsfuger.

Hjørne med dilatationsfuge kan med fordel anvendes, hvor skalmurene ved

hjørnet er udsat for meget forskellige temperaturpåvirkninger, forudsat at der ved fugens placering og udformning tages hensyn til bevægelserne i murene. Eksempelvis bør fugen i et hjørne mellem en sydvendt og en øst- eller vestvendt skalmur placeres i sidstnævnte mur, således at de største bevægelser i den sydvendte og mest opvarmede mur kan foregå så uhindret som muligt. Dilatationsfugens tykkelse skal være tilstrækkelig til at optage udvidelsen i muren, og fugematerialet skal være tilstrækkelig elastisk til at tåle de største bevægelser i begge mure.

Skalmurens hjørne kan også udføres med reces, som vist i det ene eksempel i figur 13, for derved at skjule de to mures indbyrdes bevægelser.

Ved skalmuring af større bygninger vil hjørner med dilatationsfuge – uanset murenes temperaturforhold – ofte være at foretrække til både udadgående og indadgående hjørner.

## Fugtisolering

Fejl og mangler ved fugtisoleringen af skalmure resulterer ofte i alvorlige fugtskader, der kan være vanskelige at lokalisere og bekostelige at reparere. Især er kraftig og langvarig slagregn en væsentlig årsag til, at der gennem selv vel udførte skalmure trænger vand, som kan medføre skader i bygningerne.

Indtrængende vand skal derfor opfanges, hvor det er nødvendigt, og udledes effektivt, hvorfor vandstandsende murpapindlæg og drænhuller i murene må planlægges og udføres omhyggeligt.

Mineraluldsplader er imprægneret og så vandafvisende, at de ikke leder vand til bagmurene. Derimod vil mørtel i samlinger mellem isoleringsplader danne broer, der leder vand gennem isoleringen med alvorlige fugtgennemslag i vægge til følge. Mørtelbroer i isoleringen må derfor ikke forekomme.

Isoleringen og mellemrummet mellem skalmure og isolering bør ikke have forbindelse med husets tagrum. Hvis der er en sådan forbindelse, vil et undertryk i tagrummet også skabe undertryk bag skalmurene og medføre en forøgelse af de vandmængder, der trænger gennem dem.

Luft, der indefra strømmer gennem utætheder i bagmurene, kan føre skadelige fugtmængder ud i varmeisoleringen. Utætheder ved vinduer og døre og i fuger og samlinger mellem eventuelle vægelementer skal derfor tætnes effektivt inden isoleringen og skalmurene udføres. Diffusion gennem vel udførte bagmure vil normalt kun føre små og uskadelige fugtmængder fra bygningen ud i isoleringen. Diffusion gennem ydervægge af organiske materialer skal hindres med en korrekt placeret dampspærre.

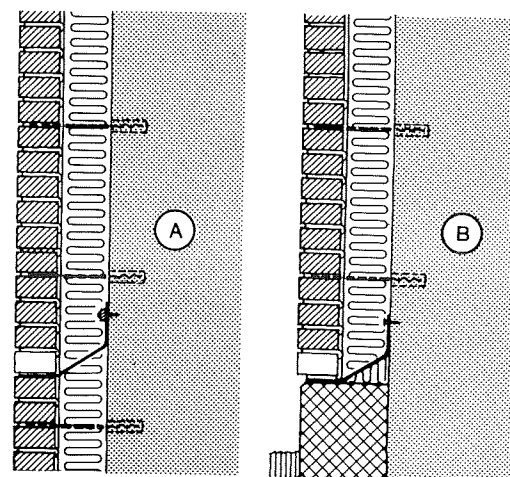
Skalmure bør normalt ikke overfladebehandles, da maling eller imprægnering vil forøge deres diffusionsmodstand, hvorved fugt og vand kan ophobes i murene og medføre frostska-

## Murpapindlæg

Murpap anbringes over muråbninger og på sokler for at opfange og udlede regnvand, der trænger gennem utætheder i sten og fuger og løber ned ad murenes bagsider.

Pappen fastgøres på bagmurene og føres herfra med fald gennem varmeisoleringen frem til skalmurenes yderside til indmuring i fuger, som vist i figur 14. Ved indmuringen udføres drænhuller i skiftet oven på pappen til udledning af det opfangede vand.

Den nøjagtige placering af papindlæg i forhold til skiftegangen i skalmur bør altid fastlægges, før den endelige placering af binderne bestemmes, idet murpappen ikke må gennembrydes af bindere og ikke kan indmures tilfredsstillende i fuger, hvori der også indmures bindere. Desuden skal pappen an-



Figur 14. Murpapindlæg i skalmure. Lodrette snit i mål 1:20.

- A. Murpap fastgjort på bagmur og indmuret i skalmur til forsiden af fugen.
- B. Murpap fastgjort på bagmur og indmuret på sokkelbjælke eller fundament for skalmur til forsiden af fugen.

Murpappen fastgøres på bagmur med påskruede lister af glasfiberarmeret plastic eller med klæbeasfalt og søm.

Drænhuller til udledning af vand, opfanget af papindlæg, udføres ved at lade en eller to studs-fuger per meter være åbne i skiftet over pappen.

Mineraluldspladerne tilpasses papindlæggenes skrå del ved tilskæring af pladerne eller med kiler.

Papindlæg og bindere kan ikke indmures i de samme fuger, og pappen må ikke gennembrydes af bindere. Placeringen af murpap og bindere skal derfor være samordnet.

bringes i nøjagtig højde på væggen, således at den påregnede banebredde i færdigbukket form netop vil dække skalmuren helt til ydersiden, når den indmures.

Hvor der skal være papindlæg, må bindernes placering således tilpasses papindlæggenes givne placering. For at undgå fejl kan det være praktisk at anbringe murpappen forud for eller i takt med, at der bores huller for bindere.

Ved forskudt udførelse af arbejdet vil den korrekte anbringelse af papindlæg og bindere i samme arbejdsgang være betinget af, at alle placeringsmål er beregnet og afsat meget nøjagtigt i forhold til skalmurens skiftegang, således at den efterfølgende indmuring i skalmure af både pap og bindere kan ske uden problemer. Ved forskudt udførelse kan det i øvrigt være nødvendigt at sikre den anbragte, ubeskyttede pap mod beskadigelse fra kraftig vindpåvirkning, til indmuringen sker.

Ved sideløbende udførelse kan placeringen af papindlæg som regel umiddelbart samordnes med bindernes placering og med skalmurens skiftegang, ligesom pappen vil blive indmuret og beskyttet samtidig med anbringelsen eller hurtigt derefter.

Ved udførelse af varmeisoleringen skal isoleringspladerne – for at modvirke kuldebroer – sluttes tæt til pappen, enten og bedst ved at pladerne tildannes med samme smig som papindlæggenes skrå del, se figur 14, eller ved omhyggelig eftertætning med mineraluldskiler eller -strimler, der anbringes ved opmuringen af skalmuren.

Papindlæg kan forsynes med endebunde for at hindre, at opfanget vand løber ud ved enderne af pappen i stedet for at løbe ud af drænhullerne. En endebund udføres på enkel måde ved – ud for en studsfuge i skiftet over papindlægget – at bukke en overlængde af pappen på ca. 70 mm op i fugen. Den ydre del af opbukningen indmures i fugen, den indre del følger pappens skrå del og skæres op i isoleringen. Vandtæthed sikres med et ekstra paplag påklæbet opbukningen, som vist i figur 15.

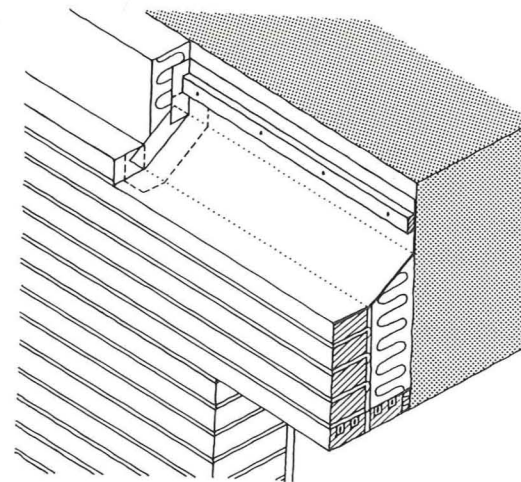
Det pointeres, at papindlæg ikke må gennembrydes af kabler og rør, der undertiden anbringes på ydervægge i forbindelse med efterisoleringsarbejder.

### Papindlæg over muråbninger

Over muråbninger udføres papindlæg for at hindre, at nedsivende vand fra skalmurenes bagside ophobes i overliggere over åbninger og derfra trænger ind i bagmure, vinduer eller døre med fugtskader til følge.

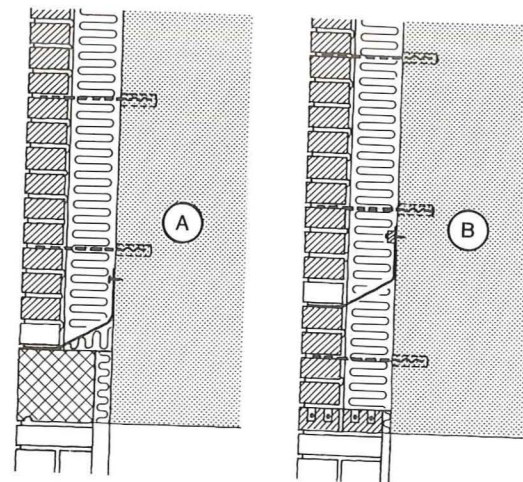
Pappen anbringes og indmures i fuger som vist for en betonoverligger og en muret bjælke i figur 16.

En muret bjælke består af en tegloverligger med et tilhørende antal murskifter. Pappen må følgelig ikke indmures i disse skifter, men skal indmures i



Figur 15. Murpapindlæg med endebunde til anvendelse over brede åbninger i skalmure. Isometri i mål 1:20.

Endebunde udføres ved – ud for en studsfuge i skiftet over papindlægget – at bukke en overlængde af pappen ca. 70 mm op i fugen. Den ydre del af opbukningen indmures i studsfugen, den indre del følger pappens skrå del og skæres op i isoleringen. Vandtæthed sikres med et ekstra paplag påklæbet opbukningen, som vist punkteret.



Figur 16. Overdækning af åbninger i skalmure. Lodrette snit i mål 1:20.

- A. Betonoverligger med murpapindlæg på overligger og tilsluttet væg med polystyren- eller mineraluldspade.
- B. Muret bjælke med murpapindlæg på overside af bjælke og tilsluttet væg med tegloverligger og polystyrenplade. Bindere kan eventuelt indmures i bjælken, som vist punkteret.



den første fuger over bjælken eller i den følgende fuger, hvis der skal indmures bindere i den første fuger.

Over muråbninger, der er mindre end ca. 2 m brede, føres papindlæggene mindst 250 mm ud over de lodrette murfalse og afsluttes uden endebunde, således at det opsamlede vand løber ned bag skalmuren ved siden af åbningerne og udledes over soklen. Der udføres ikke drænhuller over disse åbninger, da slagregn kan trænge ind gennem hullerne og derved øge den vandmængde, som skal bortledes.

Over bredere muråbninger udføres papindlæg med endebunde, og det opsamlede vand udledes gennem drænhuller umiddelbart over pappen. Over åbninger adskilt af smalle murpiller skal pappen være gennemgående over åbninger og piller og ligeledes udføres med endebunde og drænhuller.

### *Papindlæg på sokkelbjælker og fundamenter*

På sokkelbjælker eller fundamenter for skalmure udføres papindlæg, som vist i figur 14, og det opfangede vand udledes gennem drænhuller over pappen. Udføres sokkelbjælker som murede bjælker med tegloverliggere, indmures pappen i den første fuger over bjælkerne, som vist i figur 16. Ved lodrette sokkelspring skal papindlæggene følge springene og udføres med vandtætte ombukninger.

Hvor sokler afbrydes af muråbninger for kældervinduer og -døre, skal papindlæg afsluttes med endebunde, således at det opsamlede vand ikke løber ud i åbningernes murfalse, men udledes fra drænhullerne over pappen.

### *Drænhuller*

Drænhuller i skalmure skal lede vand, der er opfanget af murpapindlæg ud til det fri. Desuden kan hullerne bidrage til at udligne eventuelle undertryk på bagsiden af skalmurene og derved reducere indtrængningen af vand gennem utætheder i sten og fuger. Drænhullerne har ikke til formål at ventilere vægkonstruktionen.

Drænhullerne udføres ved at udelade mørtel i en eller to studs-fuger for hver meter i skiftet på murpappen. Udkradsning af hullerne efter opmuringen må ikke ske, da pappen kan ødelægges herved.

### *Materialer*

Et egnet materiale til murpapindlæg er asfaltpap, type PF 2000, en polyester-filtarmeret pap, der vejer 2 kg/m<sup>2</sup>. Alternativt kan for eksempel anvendes asfaltpap, type GF 2000, en glasfiltarmeret pap, ligeledes med en vægt på 2

kg/m<sup>2</sup>. Førstnævnte paptype har langt den største rivestyrke og brudforlængelse og bør foretrækkes frem for den anden, billigere type. Pappen anvendes i op til 500 mm brede baner, afpasset efter skalmurens og varmeisoleringens samlede tykkelse og pappens opbukning.

Samlinger i pappen skal udføres vandtætte med 150 mm overlæg, der klæbes i fuld flade med kold klæbeasfalt.

Til fastgørelse af murpap på vægge kan anvendes lister af glasfiberarmeret plastic, der påskrues med rustfaste stålskruer i indborede dybler per 200 mm. Murpappen kan også fastgøres med kold klæbeasfalt og søm, hvor nedglidning er udelukket, eksempelvis på sokler.

### **Tilslutning ved muråbninger**

Ved muråbninger tilsluttes skalmure til bagmure med murede sidevanger ved åbningernes sidefalse, som vist i figur 9, og med beton- eller tegloverliggere ved overfalse, som vist i figur 16, samt med sålbænke under åbninger, som vist i figur 17.

I fugerne mellem bagmure og tilslutninger anbringes strimler af mineraluld eller polystyren, der bør være vandafvisende. Fugerne kan ved side- og overfalse beskyttes mod indtrængning af vand ved tætning med fugemasse eller bedre – både teknisk og æstetisk – med udvendige karmtilsætninger til vinduer og døre.

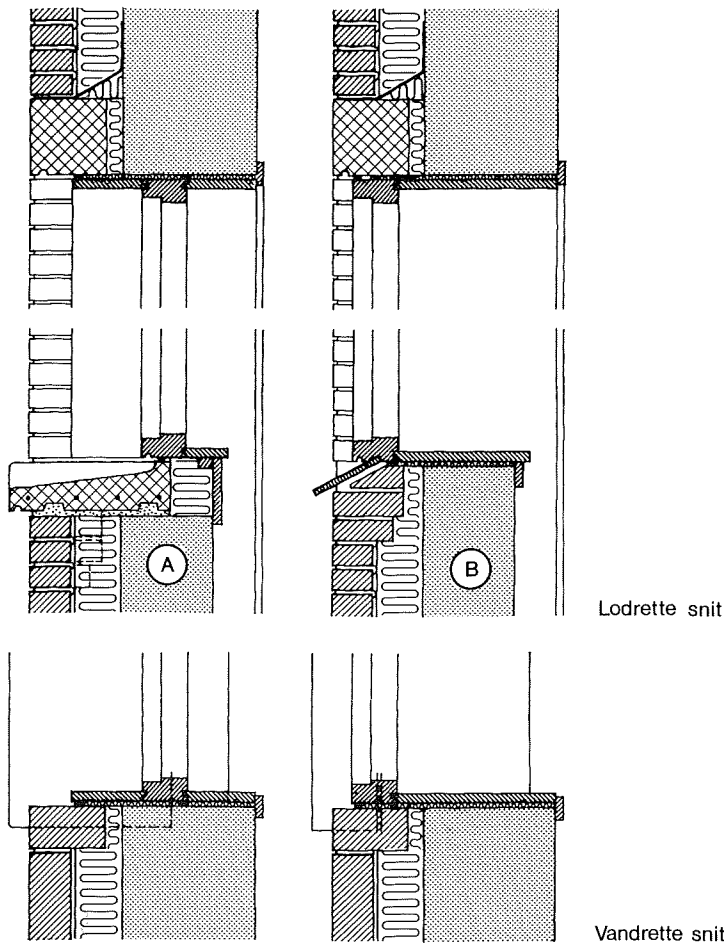
### *Karmtilsætninger*

Udvendige karmtilsætninger kan udføres af træ, eventuelt imprægneret, eller af overfladebehandlede plader af aluminium eller stål. Tilsætningerne fastgøres og sluttet tæt til karme, eksempelvis i noter, der udfræses i karmenes forsider.

Som vist i figur 17 skal tilsætningerne være brede nok til, at der ved deres forkanter kan tætnes effektivt mod sidevanger og overliggere i skalmurene. Er den bestående tætning af karmfuger i ydervæggene defekt eller utilstrækkelig, bør den fjernes, før tilsætningerne anbringes. Resultatet bør være en korrekt udført totrins tætning ved karme og bag ved tilsætninger (se SBI-anvisning 108, »Fugemasser og facadefuger«, og SBI-anvisning 139, »Bygningers fugtisolering«).

### *Sålbænke*

Under vinduer må de gamle sålbænke erstattes med bredere nye, for eksempel af metal- eller skiferplade eller af armeret beton, som vist i figur 17. Sålbæn-



Figur 17. Eksempler på placering af vinduer i forhold til skalmure. Snit i mål 1:20.

- A. Vindue placeret i ydervæg. Skalmurens tilslutninger til væggen ved muråbningens overfals og sidefals er dækket med udvendige karmtilsætninger af træ. Bag ved tilsætninger er tætnet med fugemateriale. Under vinduet en bred betonsålbænk. Under sålbænken er udkravningen af skalmurens sidevanger ved åbningens sidefals vist punkteret. Karmtilsætninger kan også udføres af andet end træ, eksempelvis af overfladebehandlede plader af aluminium eller stål.
- B. Vindue placeret i skalmur. Karmen er fastgjort i skalmurens sidevanger med skruer i dybler, indboret i vangerne. Skalmurens tilslutninger til væggen er dækket med indvendige lysningspaneler og vinduesplade.

Ved detailudformningen bør man være opmærksom på skalmurens bevægelser (se figur 8) og sikre tilstrækkelig bevægelsesfrihed for de udvendige tilsætninger og sålbænken i eksempel A og for de indvendige paneler i eksempel B.

kene bør springe 40–50 mm frem for yderside af skalmur og skal udføres med drypkant eller vandnæse fortil og med endebunde eller opkanter, således at opfanget vand ikke kan trænge ind i skalmur, isolering og bagmur.

### Indsætning af nye vinduer og døre

Når vinduer og udvendige døre eller glaspartier udskiftes i forbindelse med efterisoleringsarbejde, kan de nye karme indsættes på de gamle karmes plads, eller de kan indsættes i skalmurene, som vist i figur 17.

Med den fremrykkede placering i skalmure undgås den syns- og lysmæssige virkning af dybtliggende vinduer og glaspartier i facaderne. Samtidig opnås en noget bedre varmeisolering af bagmurene omkring muråbninger, og udgifterne til udvendige karmtilsætninger og brede sålbænke spares. Der må så i stedet udføres de nødvendige udvidelser eller fornyelser af indvendige lysningspaneler og vinduesplader.

Mindre vinduer og døre kan fastgøres i skalmurenes sidevanger og vil her ved følge med murene under temperatur- og fugtbevægelser. Samtidig overføres vindlasten fra døre og vinduer til skalmurene og herfra til bagmurene gennem bindere, der anbringes som vist i figur 9. Karmene kan fastgøres i sidevangerne på traditionel vis ved propning og sømning i fuger, men i de ret sårbare vanger er det bedre at bruge skruer i dybler indboret i sten.

Store og tunge vinduer og glaspartier kan ikke altid fastgøres tilfredsstillende i skalmurenes sidevanger og må da fastgøres i kraftige beslag, der indstøbes eller fastboltes i sidefalsene i bagmurenes muråbninger.

Forbindelsen mellem karme og bagmure kan enten udføres kraftoverførende for både vindlast og egenlast fra vinduer og glaspartier eller således, at kun vindlasten overføres til bagmurene, mens egenlasten optages af skalmurene ved opklodsning af karme på murene. Afhængigt af forbindelsesmåden vil de lodrette og vandrette karmfuger blive påvirket mere eller mindre af lodrette og vandrette bevægelser i skalmurene. Karmfugerne skal derfor udformes og tætnes således, at de kan tåle bevægelserne og være varigt tætte, som beskrevet for dilatationsfuger.

### Sokkelbjælker

Skalmure, der udføres som facadebeklædning ved udvendig efterisolering, kan opmures på sokkelbjælker, ophængt i ydervæggens sokler eller fundamenter eller – hvor der er kælder – i kælderydervæggene.

Anvendelsen af ophængte sokkelbjælker er betinget af, at de bygningsdele, der skal bære bjælkerne, har den nødvendige styrke og fundering til at optage tillægslasten fra skalmure og bjælker. Er dette ikke tilfældet, eller viser det

sig, at sokkelbjælkernes ophængning vil blive for kompliceret og kostbar, må skalmurene opføres på fundamenter, placeret umiddelbart op ad og eventuelt forbundet med ydervæggens fundamenter eller kældervæggene.

Skalmure udføres som regel med bibeholdelse af ydervæggens sokkelhøjder og eventuelle sokkelspring, medmindre der af æstetiske eller tekniske grunde ønskes ændringer, for eksempel i forbindelse med ændring af terrænhøjder. Det vil da ofte være muligt at anbringe sokkelbjælker eller at udføre skalmursfundamenter i de ønskede højder, forudsat at der samtidig sikres den nødvendige fugt- og varmeisolering af de pågældende dele af ydervæggene.

### Udformning

Sokkelbjælker ophænges i gennemgående flugter fra murhjørne til murhjørne, hvor der ikke er muråbninger og spring i sokler, og i modsat fald med afbrydelser for åbninger og med forsætninger ved sokkelspring.

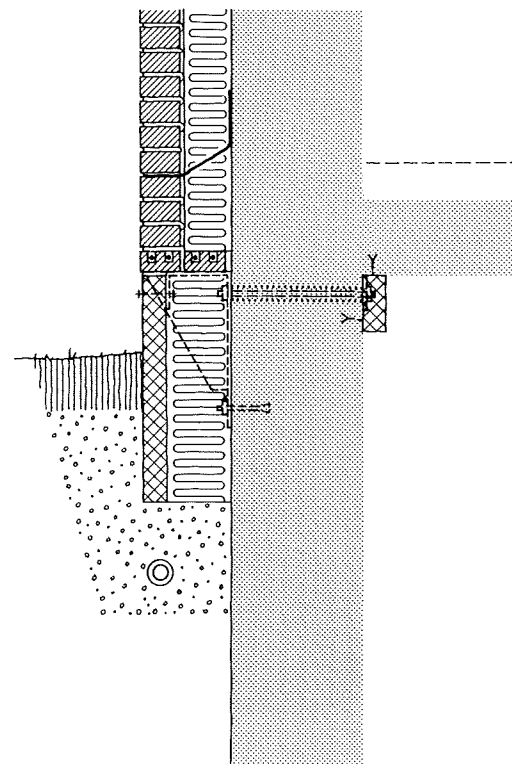
Sokkelbjælker kan udføres som kontinuerlige bjælker eller som bjælker sammensat af elementer. Bjælkerne kan udformes og ophænges på flere måder som angivet med følgende eksempler:

*Murede bjælker med tegloverliggerne*, der oplægges på stålkonsoller, fastgjort med bolte til ydervægsfundament eller kælderydervæg, som vist i figur 18. Tegloverliggerne leveres i murmål i afpassede længder og samles over konsoller.

*Betonbjælker*, der støbes på stedet mod fundament eller kældervæg, hvori der forud er indstøbt ankerbolte til bæring og fastholdelse af bjælker, som vist i figur 19. Sammenstøbningsflader skal være rensset, eventuelt ved behugning eller sandblæsning.

*Betonbjælker udført af elementer*, der enten oplægges på stålkonsoller, fastgjort med bolte til fundament eller kældervæg, som vist i figur 20, eller er forsynet med indstøbte ophængningsbøjler af fladstål, der ligeledes fastgøres med bolte, som vist i figur 21. Ophænges elementerne i bøjler, skal der udstøbes beton mellem elementer og fundamenter eller kældervæg. Elementerne stødes normalt ikke tæt sammen, men deres længde afpasses således, at der mellem dem bliver plads til justeringsfuger, som eventuelt lukkes med elastisk fugemasse. Elementer, der oplægges på konsoller, kan samles over eller mellem konsollerne.

Hvor der skal udføres dilatationsfuger i skalmure, bør det i hvert enkelt tilfælde afgøres, om fugerne bør føres ned gennem sokkelbjælker, specielt gennem bjælker placeret over terræn. Almindeligvis kan det dog antages, at de indbyrdes bevægelser mellem skalmure og sokkelbjælker kan foregå, uden at mure eller bjælker skades herved.



Figur 18. Eksempel på sokkelbjælke for skalmur. Lodret snit i mål 1:20.

*Muret bjælke med tegloverliggerne, oplagt på stålkonsoller, der er forankret til ydervægsfundament eller kælderydervæg med gennemgående, indstøbte bolte.*

*Alle ophængningsbeslag med tilbehør samt tegloverliggerens armering skal være af rustfast stål.*

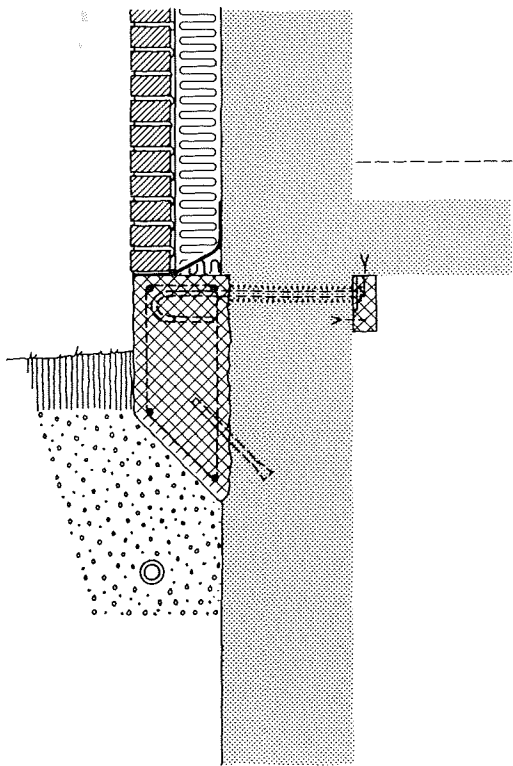
*Fra bjælkens underside til et stykke under terræn er der anbragt hårde mineraluldsplader, beskyttet med et armeret pudslag eller, som vist her, med betonfliser eller -elementer, der er fastholdt med bolte til sideflige, påsvejst konsoller.*

*Der udføres dræn i nødvendigt omfang.*

### Placering af bjælker

For at undgå frost- og tørsaltskader i murværket, bør murede sokkelbjælker altid anbringes med tegloverliggerne hævet over terræn, som vist i figur 18.

Betonbjælker kan ligeledes anbringes over terræn, men placeres ofte med kun en del af bjælkehøjden synlig over terræn, som vist i figur 19 og 20. Skalmurene anlægges og opmures direkte på bjælkerne med de nødvendige mur-



Figur 19. Eksempel på sokkelbjælke for skalmur. Lodret snit i mål 1:20.

Betonbjælke, støbt på stedet mod ydervægsfundament eller kælderydervæg og forankret hertil med gennemgående, indstøbte bolte.

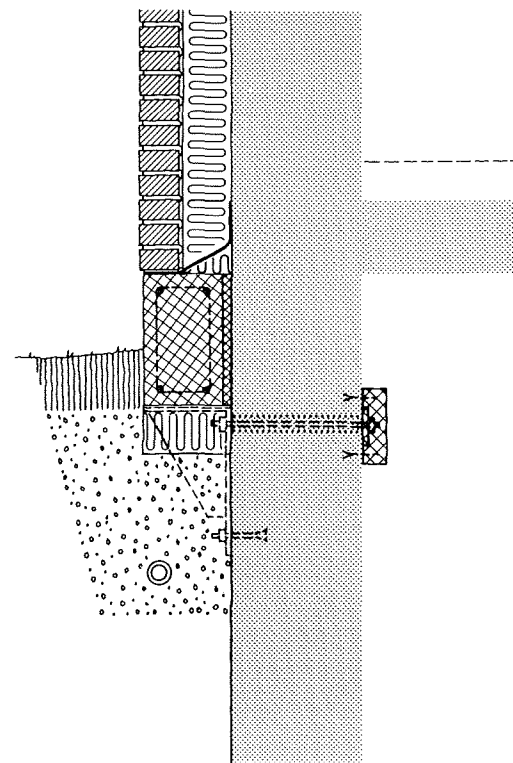
Forankringsbolte med tilbehør skal være af rustfast stål, og bjælkens armering bør være rustfast.

Bjælken bør, som vist, udføres med skrå underside mod frosthævning, og der bør som regel drænes.

Bjælken kan eventuelt placeres i frostfri dybde, som vist i figur 21.

papindlæg. Udaligningslag på bjælkerne bør undgås, men bør i givet fald udføres med cementmørtel.

Betonbjælker kan også anbringes helt under terrænhøjde, hvor en forsvarlig fastgørelse af bjælkeunderstøtninger gør det nødvendigt, eller hvor bjælkerne ønskes placeret i frostfri dybde som sikkerhed mod frosthævning i fugtigt terræn. Med bjælkerne anbragt under terræn, som vist i figur 21, må der fra bjælkerne og op til skalmurenes anlægshøjde udstøbes med beton eller udmures med blokke af letklinkerbeton, der pudses.



Figur 20. Eksempel på sokkelbjælke for skalmur. Lodret snit i mål 1:20.

Betonbjælke af elementer, oplagt på stålkonsoller, der er forankret til ydervægsfundament eller kælderydervæg med gennemgående, indstøbte bolte.

Elementerne stødes normalt ikke tæt sammen, men stødfugerne kan lukkes med elastisk fugemasse.

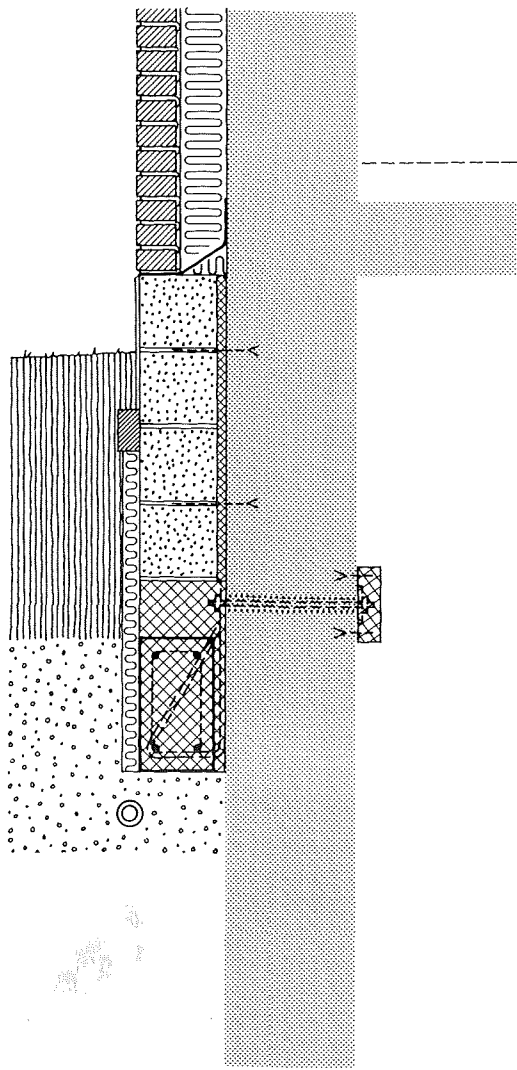
Alle ophængningsbeslag med tilbehør skal være af rustfast stål.

Under bjælken bør der, som vist, anbringes mindst 100 mm mineraluld mod frosthævning, og der bør som regel drænes.

Bjælken kan eventuelt placeres i frostfri dybde, som vist i figur 21.

Anbringes sokkelbjælker helt over terræn, og ønskes afstanden mellem bjælker og terræn lukket af æstetiske grunde eller for at forbedre varmeisoleringen af fundamenter eller kældervægge, kan der fra bjælkernes underside til et passende stykke under terræn udfyldes med hårde mineraluldsplader, der må beskyttes effektivt med et armeret pudslag, eller bedre med fastholdte betonfliser eller -elementer, som vist i figur 18.

Sokkelbjælker, der anbringes med undersiden under terræn, men ikke i frostfri dybde, skal sikres mod frosthævning. Bjælkerne bør derfor udføres



Figur 21. Eksempel på sokkelbjælke for skalmur. Lodret snit i mål 1:20.

Betonbjælke af elementer med indstøbte ophængningsbøjler, der er forankret til ydervægsfundament eller kælderydervæg med gennemgående, indstøbte bolte.

Elementerne stødes normalt ikke tæt sammen, men stødfugerne kan lukkes med elastisk fugemase.

Alle ophængningsbeslag med tilbehør skal være af rustfast stål.

Bjælken er her placeret i frostfri dybde, og der er fra bjælken til skalmurens anlægshøjde udstøbt med beton og udmuret med blokke af letklinkerbeton.

Der udføres drænen i nødvendigt omfang.

med mindst 45° skrå underside, som vist i figur 19, eller der bør under dem anbringes mindst 100 mm mineraluld, som vist i figur 20, og om nødvendigt drænes.

### Placering af ophængningsbeslag

Sokkelbjælkernes dimensioner og armering afhænger dels af lasten, der skal optages fra skalmuren, dels af ophængningsbeslagenes placering og afstand, som må fastlægges under hensyn til, hvor der er muligheder for fastgørelse i fundamenter eller kældervægge.

Ophængningsbeslag må ikke placeres så tæt ved hjørner og false i fundamenter og kældervægge, at der kan opstå revner eller sprængninger ved boring af huller og tilspænding af bolte, hvorfor bjælkerne her må dimensioneres til de nødvendige udkragninger.

Hvor der i kældervægge er åbninger for vinduer og døre i sokkelhøjde eller umiddelbart derunder, og hvor der er udspæringer for installationer eller indstøbte konstruktionsdele, må ophængningsbeslagenes placering afpasses herefter. Er der i skalmurene brede muråbninger og stærkt belastede, smalle murpiller bør der så vidt muligt anbringes ophængningsbeslag under pillerne for herved at opnå den mest hensigtsmæssige lastfordeling på sokkelbjælkerne og dermed de mindst mulige bjælke dimensioner.

Foruden af de her nævnte forhold, der vil være bestemmende for den endelige placering og dermed for antallet af ophængningsbeslag, vil det nødvendige antal beslag også afhænge af fundamenternes eller kældervæggens tilstand og materialekvalitet. Er der tvivl herom, må beslagenes bæreevne og maksimale afstand bestemmes ved prøvebelastning.

### Fastgørelse af ophængningsbeslag

Huller for beslagenes bære- og fastgørelsesbolte skal afsættes og bores med den størst mulige nøjagtighed.

Bolte for konsoller og ophængningsbøjler for stærkt belastede sokkelbjælker bør være gennemgående i fundamenter og kældervægge og med de nødvendige trykplader for boltens tilspænding. For svagere belastede bjælker, eksempelvis i en- og toetages bygninger, vil ekspansionsbolte eller specielle klæbeankre som regel være tilstrækkelige.

Bolte bør så vidt muligt kun anbringes i bygningsdele af beton, og betonen skal være tæt og af god kvalitet. Overflader, der skal danne underlag for ophængningsbeslag og trykplader, skal være plane og uden puds.

Gennemgående bolte skal omstøbes for at sikre fuld kontakt mellem bolte og vægge. Hertil kan anvendes perforerede, slidsede rør, der fyldt med

cementmørtel skubbes ind i hullerne, hvorefter boltene presses på plads i rørene.

Efter den nødvendige hærdnetid for betonen anbringes ophængningsbeslag – eller sokkelbjælker med indstøbte beslag – og boltene tilspændes. De indvendige ender af bolte med trykplader og møtrikker skal brandbeskyttes ved indstøbning i beton.

Gennemgående ankerbolte for sokkelbjælker støbt på stedet bør også omstøbes med anvendelse af perforerede rør og ligeledes brandbeskyttes.

### Materialer

Beton til sokkelbjælker skal være frostfast og med den nødvendige trykstyrke i henhold til »Norm for betonkonstruktioner«, DS 411. Ved færdselsarealer skal bjælkerne være modstandsdygtige over for påvirkninger fra tørsaltning.

Armering i tegloverligger skal være af rustfast stål, og armering i betonbjælker bør være rustfast.

Ophængningsbeslag med bolte, plader og møtrikker skal udføres af rustfast stål, eksempelvis af kvalitet Svensk Standard, SS 142332, eller bedre af syre- og rustfast stål af kvalitet SS 142343.

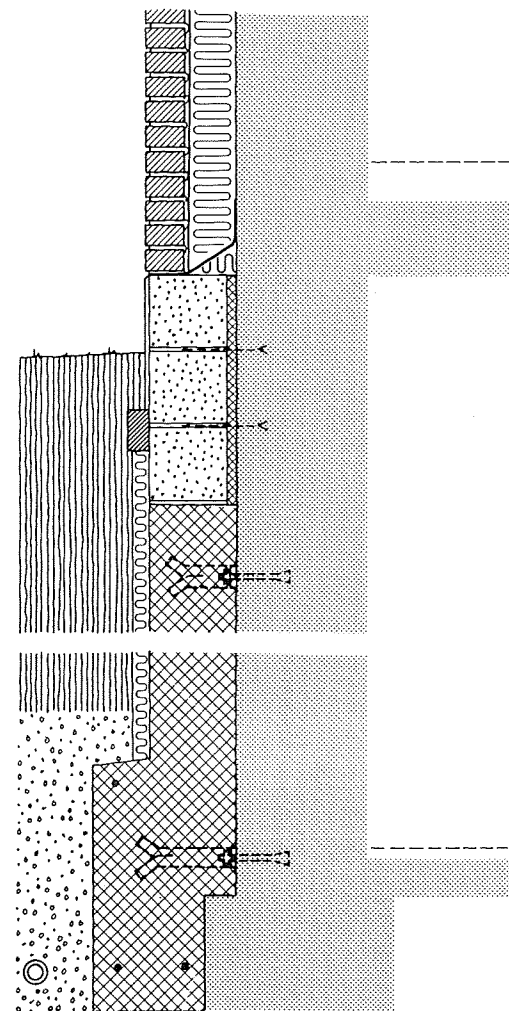
### Fundamenter

Fundamenter for skalmure kan efter forholdene være billigere at udføre end sokkelbjælker, eller nødvendige hvor ydervægsfundamenter eller kældervægge er for svage til at optage yderligere belastning. Fundamenter kan også være nødvendige, hvor der ikke er kælder eller kryberum, der gør det muligt at anvende gennemgående bolte til fastgørelse af ophængningsbeslag for sokkelbjælker.

### Udførelse

Skalmursfundamenter udføres umiddelbart op ad ydervægsfundamenter eller kældervægge og til samme dybde som disse bygningsdele, som vist i figur 22.

Når der graves ud for nye fundamenter langs med gamle fundamenter, formindskes de gamle fundamenteres bæreevne. Reduktionen er normalt ret lille for fundamenter på ler, men kan være betydelig for fundamenter på sand. Det skal derfor ved beregning påvises, at de gamle fundamenteres bæreevne vil være tilstrækkelig i denne situation. Viser bæreevnen sig at være for ringe, må de nye fundamenter udføres ved successiv udgravning og støbning som normalt ved fundamentsforstærkning.



Figur 22. Eksempel på fundament for skalmur. Lodret snit i mål 1:20.

Fundament støbt af beton til frostfri dybde og fast bund og med sokkel opmuret af blokke af letklinkerbeton, der er pudset.

Hvor det bestående fundament ønskes forstærket i forbindelse med udførelsen af skalmursfundamentet, kan fundamenterne forbindes kraftoverførende med indstøbte ankre og bolte, som vist punkteret.

Skalmursfundamenter skal føres ned til frosthfri dybde og til fast bund. Er de bestående bygningsdele ikke i fuld udstrækning funderet tilsvarende dybt, må den nødvendige udgravning og understøbning udføres successivt og samtidig med, at skalmursfundamenterne udføres.

Fundamenterne udføres af beton af mindst styrke 10, men afhængigt af skalmurslasten kan den øverste del af fundamenter, som vist i figur 22, opmures af letklinkerbetonblokke, der pudses. Der opnås herved en udvendig varmeisolering af ydervægsfundamenter eller kældervægge.

Skalmursfundamenter ved kældervægge bør isoleres mod fugt udefra, og om nødvendigt bør der drænes.

Afhængigt af jordbundsforhold og ulemper ved sætninger i skalmursfundamenter i forhold til ydervægsfundamenter, kan der udføres fast forbindelse mellem fundamenterne, for eksempel med indstøbte ankre, ekspansionsbolte eller gennemgående bolte.

### Dimensionering

Fundamenter for skalmure dimensioneres på grundlag af »Norm for fundering«, DS 415. Ved beregningen af fundamenternes bæreevne må der skelnes mellem, om skalmursfundamenterne udføres uden eller med kraftoverførende forbindelse til bestående fundamenter:

*Skalmursfundamenter uden forbindelse med bestående fundamenter.* Lodrette kræfter kan ikke overføres mellem fundamenterne, og skalmursfundamenterne vil, afhængigt af jordart, sætte sig mere eller mindre i forhold til bestående fundamenter. Ved fundering på ler har de bestående fundamenter ingen synderlig indflydelse på skalmursfundamenternes brudbæreevne, hvorimod indflydelsen er gunstig ved fundering på sand.

Det er derfor tilladeligt at beregne skalmursfundamenternes brudbæreevne for begge jordarter på traditionel vis, det vil sige uden at tage hensyn til virkningen af de bestående fundamenter.

*Skalmursfundamenter i fast forbindelse med bestående fundamenter.* Lodrette kræfter kan overføres mellem fundamenterne, og skalmursfundamenterne kan ikke sætte sig i forhold til bestående fundamenter. Under de således samlede fundamenter vil der ikke være jævnt fordelte tryk, idet de bestående fundamenter allerede er belastede, mens skalmursfundamenterne først belastes, efterhånden som skalmurene opføres.

Uanset dette er det tilladeligt at beregne brudbæreevnen for de samlede fundamenter under ét og på traditionel vis, det vil sige uden at tage hensyn til den faktiske ujævne trykfordeling under fundamenterne i den endelige belastningssituation.

## Litteratur

Bygningers fugtisolering. Nils Erik Andersen, Georg Christensen og Fleming Nielsen. SBI-anvisning 139. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm. 1984.

Bygningers varmeisolering. 2. udgave. Nils Erik Andersen, Georg Christensen og Fleming Nielsen. SBI-anvisning 111. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm. 1986.

Dansk Ingeniørforenings norm for betonkonstruktioner. Dansk Standard DS 411. 3. udgave. Teknisk Forlag. København. 1984.

Dansk Ingeniørforenings norm for fundering. Dansk Standard DS 415. 3. udgave. Teknisk Forlag. København. 1984.

Dansk Ingeniørforenings norm for murværkskonstruktioner. Dansk Standard DS 414. 3. udgave. Teknisk Forlag. København. 1984.

Fugemasser og facadefuger. 2. udgave. Anthon Brandt og Alice Kjær. SBI-anvisning 108. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm. 1983.

Mørtel, muring, pudning. 2. udgave. Henry Dührkop et al. SBI-anvisning 64. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm. 1981.

Skalmuring af eksisterende bygninger. COWIconsult. Virum. 1983.

Skalmuring i forbindelse med udvendig efterisolering af boligblokke. Erik Kjær og Hans Olsen. Tegl nr. 2, 1983, s. 76-81.

Tillægsisolering og skalmuring med tegl. Kalk- og Teglinformation. Hasselager. 1983.

Trådbindere til forankring af skalmure og hule mure. Henry H. Knutsson. SBI-anvisning 157. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm. Udkommer 1988.

Vejledning vedrørende skalmuring i forbindelse med udvendig tillægsisolering. Murerfagets byggeblade nr. 28. Murerfagets Oplysningsråd. København. 1983.

Skalmure er velegnede som facadebeklædning ved udvendig efterisolering, eller når utætte og fugtige ydervægge skal beskyttes mod vejrliget. I denne SBI-anvisning beskrives arbejdsmetoder for skalmuring samt de mange byggetekniske forhold, der skal samordnes, når ældre eller nyere bygninger ønskes beklædt med skalmure. Anvisningen er rettet til byggeriets teknikere, entreprenører og myndigheder til brug ved planlægning, udførelse og kontrol af udvendig efterisolering og skalmuring af fleretages bygninger.

