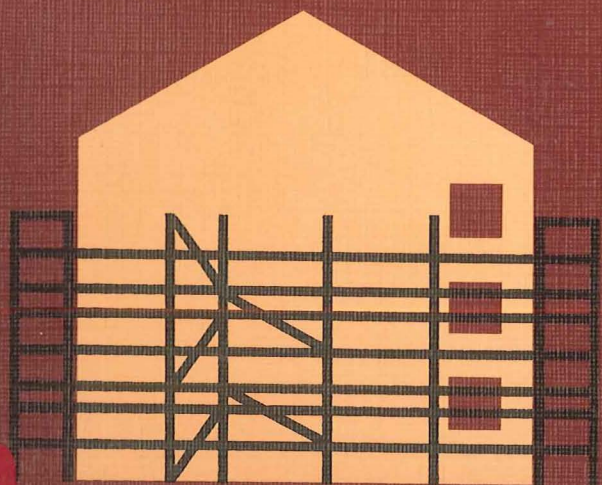


# Bygningsrenovering kombineret med efterisolering



SBI-RAPPORT 162 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1985



---

BYGNINGSRENOVERING  
KOMBINERET MED EFTERISOLERING

---

Mogens Nørregaard  
Asta Nicolajsen

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

EX. 2  
17 SEP. 1992

00171P

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

EX. 2  
26 FEB. 1985



### SBI-rapporter

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

### SBI-publikationer

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

### SBI-abonnement

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

ISBN 87-563-0584-2.

ISSN 0573-9985.

Pris: Kr. 63,75 inkl. 22 pct. moms.

Oplag: 1500.

Tryk: Bjørvig Offset, Hvidovre.

Tegninger: Dominia tegnestue.

Omslag: Henning Holmsted.

Statens Byggeforskningsinstitut:

Postboks 119, 2970 Hørsholm.

Telefon: 02-865533.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

SBI-rapport 162: Bygningsrenovering kombineret med efterisolering. 1985.

### Indhold

Forord .....	4	Krybekælderdek og terrændæk .....	19
		Krybekælderdek af træ .....	19
Sammenfatning .....	5	Terrændæk med trægulv .....	20
Tage .....	7	Beregning af udgifter og besparelser	21
Tage med gitterspær	7	Tage .....	21
Tage med hanebåndsspær .....	8	Ydervægge .....	21
Mansardtage .....	9	Vinduer .....	22
Tage af bjælkespær med lav hældning	10	Krybekælderdek og terrændæk .....	22
Flade tage af træ .....	10		
Flade tage af beton eller letbeton	11	Demonstrationsprojekt .....	23
		Beskrivelse af eksisterende vinduer	24
Ydervægge .....	12	Valg af materiale og komponenter ..	27
Ydervægge af teglsten .....	12	Arbejdets udførelse .....	30
Ydervægge af letbeton .....	13	Praktiske erfaringer .....	31
Ydervægge af beton-sandwich-		Økonomi .....	32
komponenter .....	13	Fugtmålinger .....	35
Lette ydervægge .....	14		
Kælderydervægge .....	14	Litteratur .....	38
Vinduer .....	16	Summary .....	39
Vinduer med enkeltglas .....	16		
Vinduer med koblede rammer .....	17		
Vinduer med isoleringsruder .....	18		

I de kommende år kan der forventes en betydelig indsats med renovering af den bestående bygningsmasse, og samtidig vil der blive investeret store summer i energibesparende foranstaltninger, herunder blandt andet forbedring af bygningernes varmeisolering.

Bygningsrenovering betegner opretning og udskiftning af nedbrudte og mangelfulde bygningsdele. Normalt sigtes der mod at bringe bygningsdelenes kvalitetsniveau op i nærheden af det oprindelige, men i nogle tilfælde kan det dog være ønskeligt at gennemføre forbedringer i forbindelse med istandsættelsen eller fornyelsen.

Renovering af en bygnings begrænsningsflader udadtil, dvs. tage, ydervægge, vinduer og dæk mod krybekælder eller terræn, udføres som følge af begyndende nedbrydning af materialer, utætheder, fugtskader, slid eller tilsmudsning. Erfaringer har vist, at der kan være fordele ved at kombinere udbedringen af disse mangler - bygningsrenoveringen - med efterisolering.

Med midler fra energiministeriets energiforskningsprogram EFP-80 er der gennemført et forskningsprojekt med det formål

at belyse de tekniske muligheder for at kombinere bygningsrenovering med isoleringsarbejder. Hidtil har interessen for en sådan kombination især været koncentreret om den ældste del af boligmassen. Men denne undersøgelse skulle også sigte imod de tilfælde, hvor der er behov for renovering af bygninger opført i det industrialiserede byggeris første periode i årene fra ca. 1960 og frem til midten af 1970'erne.

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem det rådgivende ingeniørfirma A/S Dominia og Statens Byggeforskningsinstitut, der har fungeret som projektleder.

Ved udarbejdelse af rapporten har medvirket:

Fra A/S Dominia:

Akademiingeniør Mogens Nørregaard  
Bygningskonstruktør Lars Damkjær Olesen  
Bygningskonstruktør Niels Kirketerp

Fra SBI:

Civilingeniør Asta Nicolajsen.

Statens Byggeforskningsinstitut,  
december 1984  
Afdelingen for bygningsfysik  
Georg Christensen

I de senere år har det måttet erkendes, at der i den første periode af det industrialiserede byggeri blev begået adskillige fejl ved projektering, udførelse, valg af materialer osv., fejl som har nødvendiggjort fornyelse eller udbedring af fx vinduer, tage og betonkonstruktioner. Dette er baggrunden for, at der ved det gennemførte forskningsprojekt er lagt vægt på at vurdere de praktiske muligheder for kombineret renovering og varmeisolering af disse forholdsvis nye bygninger.

Rapporten er sammensat af to dele, først en analyse af mulighederne for at foretage ekstra varmeisolering i forbindelse med renovering af tage, ydervægge, vinduer eller dæk mod krybekælder og terræn, og derefter en beskrivelse af et demonstrationsprojekt, udført i januar-februar 1983, som eksempel på, hvordan en sådan kombineret indsats kan gennemføres.

#### Analyse af muligheder

I rapportens første del gennemgås en række eksempler på opbygning af de ydre, begrænsende konstruktioner i bygninger. For hvert eksempel omtales årsagerne til almindeligt forekommende behov for renovering, og det beskrives, i hvilken udstrækning efterisolering kan udføres samtidigt med den tiltrængte udskiftning eller reparation af bygningsdelen.

Økonomien bag de forskellige beskrevne muligheder, dvs. en sammenligning mellem udgifter og forventede besparelser ved nedsat energiforbrug, mindre vedligeholdelsesarbejde og forlænget levetid for konstruktionen, har det ikke været muligt at undersøge nærmere inden for rammerne af dette forskningsprojekt.

Generelt kan det dog fastslås, at i forbindelse med renovering af tage og krybekælderdek eller terrændæk med trægulv bør der altid foretages efterisolering. Hvor der er tale om ydervægge og vinduer er det ofte relevant at forbedre varmeisoleringen, men de økonomiske fordele herved er blandt andet stærkt afhængige af, hvor gennemgribende en renovering, der er brug for.

#### Demonstrationsprojekt

I rapportens anden del redegøres for et demonstrationsprojekt, hvor vinduer i en beboelsesejendom, opført i 1970, blev forsynet med karmbeklædning og udvendige forsatsrammer. Formålet hermed var at forlænge vinduernes levetid, reducere vedligeholdelsesudgifterne og samtidig opnå energibesparelse.

Vinduesrenoveringen omfattede indgangsfacaden på en opgang i en 3-etages blok i bebyggelsen "Bjergbakken" i Roskilde. Bebyggelsen er et typisk eksempel på præfabrikeret byggeri fra denne tidsperiode.

Vinduerne på boligblokkens indgangsfacade er udformet som gennemgående vinduesbånd. Uden på vinduerne, som er indadgående, udført af træ og har isoleringsruder, blev der som led i demonstrationsprojektet monteret forsatsrammer af aluminium, og karme samt den øvrige del af vinduesbåndet blev beklædt med aluminiumprofiler med et bagved liggende, ventileret hulrum.

Det anvendte beklædningssystem og de dertil hørende detailudformninger er udarbejdet under medvirken af Dansk Lukningsentreprise A/S, som forestod fremstilling og montage af beklædning og forsatsrammer.

De praktiske erfaringer med arbejdets udførelse og funktionen af de udvendige

forsatsrammer er tilfredsstillende, og målinger af træværkets fugtindhold viser, at beklædningssystemet fungerer efter hensigten.

Med udgangspunkt i demonstrationsprojektets forhold er prisen på det udførte arbejde og de heraf afledte besparelser vurderet. En beregning viser, at investeringen skulle kunne være tjent hjem i løbet af ca. 7 år. Den økonomiske fordel ved denne form for vinduesrenovering og -forbedring afhænger af de oprindelige vinduers tilstand, da det kan være nødvendigt at foretage istandsættelse, inden forsatsrammer og beklædning monteres. Er istandsættelsesarbejdet bekosteligt, vil udskiftning af vinduerne kunne komme på tale.

## Tage

I løbet af de seneste år er der udviklet en del metoder til renovering af nedbrudte og fugtskadede, flade tage. Disse metoder er gode eksempler på, hvorledes efterisolering kan foretages samtidig med renoveringsarbejdet. Ved at kombinere en ny tagbelægning med udvendig isolering forbedres fugtforholdene i den underliggende konstruktion, og desuden spares der megen energi til opvarmning.

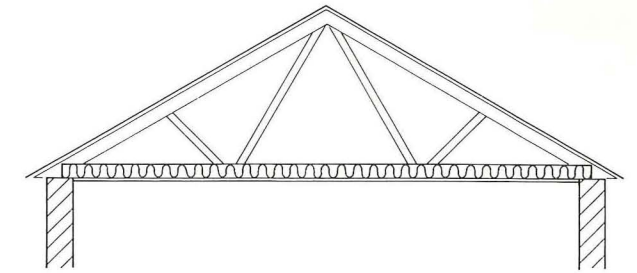
Også for andre typer tagkonstruktioner vil kombinationen af ekstra varmeisolering og renovering ofte kunne indebære væsentlige praktiske og økonomiske fordele. Hvor der fx er tale om bygninger med udnyttede tagetager eller tage uden tilgængelige tagrum, vil den eneste økonomisk forsvarlige mulighed for at isolere ofte være at udføre isoleringen i forbindelse med en renovering af taget.

Ingen tagrenovering bør foretages, før det er undersøgt, om isoleringen samtidig med fordel kan forbedres.

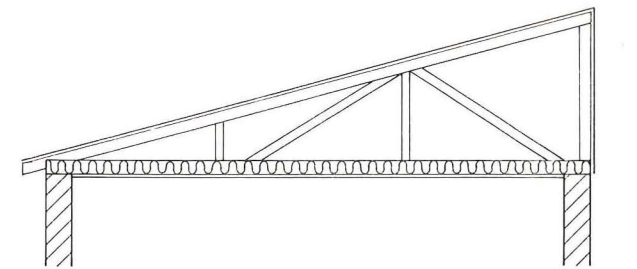
### Tage med gitterspærfag

#### Konstruktion

Gitterspærfag forekommer med ensidigt eller tosidigt fald og med vandret eller skrå spærfod. Isoleringen er placeret ved spærfoden, og tagrummet er ventileret til det fri.



Figur 1. Gitterspærtag med tosidigt fald.



Figur 2. Gitterspærfag med ensidigt fald.

Til tagdækning anvendes:

- tegltagsten
- cementtagsten
- asbestcementskifer
- asbestcementbølgeplader
- brædder med tagpap.

Loftet består normalt af rør og puds eller af plader eller profilbrædder med bagved liggende dampspærre.

#### Årsager til behov for renovering

En nedbrudt tagdækning vil i langt de fleste tilfælde være det væsentligste problem. Fugtskader på trækonstruktionerne kan forekomme, forårsaget af lokale u-

tætheder i tagdækningen; men der vil meget sjældent være tale om behov for en egentlig renovering af træværket.

Inden en eventuel renovering besluttet, bør det overvejes, om en forbedring af de eksisterende forhold bør gennemføres. Her tænkes på inddækninger, øget ventilation af tagrum og lignende.

Vedligeholdelse af understrygning med kalkmørtel på ældre tegltage er ofte besværlig og dyr. Som alternativ hertil er der i de senere år fremkommet forskellige produkter til understrygning på kunststofbasis. Disse produkter kan medføre en alvorlig risiko for problemer af to grunde. For det første vil tagfladen omdannes til én stor sammenhængende skive, der kan knække, når den påvirkes af store vindkræfter. I de linier, hvor tagskiven knækker, vil der være risiko for vandindtrængen. For det andet vil der kunne skabes så stor lufttæthed i tagfladen, at fugt fra de underliggende lokaler ikke mere kan fjernes i fornødent omfang med fugtskader i tagkonstruktionen som resultat.

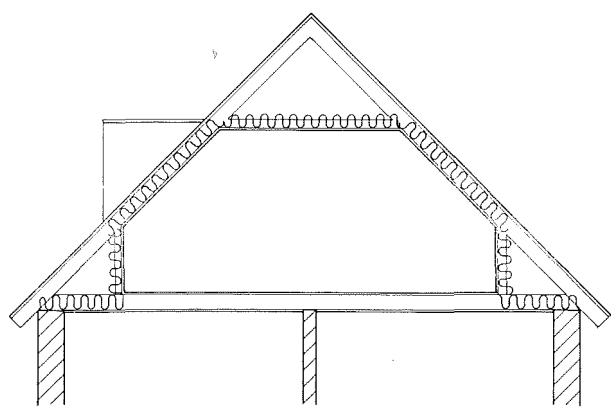
#### Mulighed for renovering og efterisolering

Ved en udskiftning af tagdækningen vil det normalt være vanskeligt at undgå at beskadige den eksisterende isolering. En opretning af den eksisterende isolering er derfor normalt nødvendig, og en samtidig efterisolering vil i reglen være økonomisk fordelagtig. Hvor der er tale om udlægning af ny tagpap oven på et eksisterende tagpaptag, kan dette arbejde naturligvis udføres uden risiko for beskadigelse af isoleringsmaterialet.

#### Tage med hanebåndsspær

##### Konstruktion

Tage med hældning mellem 40° og 60° er som regel udført af hanebåndsspær. Hvor tagrummet er udnyttet til beboelse, er isoleringen anbragt i skunkvægge, skråvægge og hanebånd. Er tagrummet uopvarmet og ubenyttet, eller benyttet til oplagsrum m.v., er isoleringen placeret i etageadskillelsen. Hulrum over isolering er ventileret.



Figur 3. Hanebåndsspær og udnyttet tagetage.

Som tagdækning er benyttet samme materialer som nævnt under tage med gitterspærfag. Hvor der forekommer kviste, er flunkerne som regel beklædt med zink. Loftet er af rør og puds eller af plader eller brædder med bagved liggende dampspærre.

##### Årsager til behov for renovering

Hovedproblemet vil ofte være en nedbrudt tagdækning eller defekt understrygning. Lokale angreb af råd og svamp på grund af utætheder forekommer tiere her end ved tage med gitterspærfag. Det skyldes først

og fremmest den mere komplicerede opbygning med kviste, tagvinduer, skotrender m.m.

##### Mulighed for renovering og efterisolering

Er der beboelse i tagetagen, bør der udføres merisolering af skunkrum, skråvægge og hanebånd samtidig med renoveringen. Da der sjældent vil være plads til mere end 75-100 mm isolering i skråvæggene, kan det overvejes at øge spærhøjden med en lægte, hvis taget alligevel skal åbnes udefra. En indvendig isolering af kviste, der normalt er praktisk taget uisolerede, bør foretages samtidig med renoveringen.

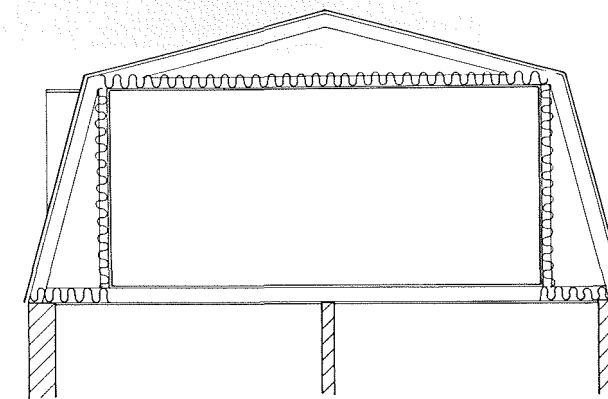
Lofter og vægge beklædt med rør og puds, eventuelt suppleret med tapet, giver tilstrækkelig lufttæthed og vanddamp-tæthed til, at indlægning af dampspærre ikke er nødvendig.

Hvor tagrummet er uudnyttet eller bruges til pulterrum, tørreloft og lignende, må efterisolering af etageadskillelsen anbefales. Denne isolering vil naturligvis kunne udføres uafhængigt af renoveringsarbejdet, men en samtidig udførelse af de to arbejder kan dog reducere udgifterne betydeligt.

#### Mansardtage

##### Konstruktion

Mansardtage er som regel dækket med tegl eller asbestcementskifer på de nedre flader og med brædder og tagpap på de øvre flader. Der er normalt ikke udført særlige ventilationsåbninger, men utætheder i taget giver en vis ventilation. Lofter og



Figur 4. Mansardtag.

vægge i mansarden er normalt beklædt med rør og puds.

##### Årsager til behov for renovering

På de nedre, stejle tagflader kan der, fx på grund af storm, opstå skader i tagdækning og understrygning af teglsten. Utætheder fremkommer desuden let ved inddækninger om kviste, tagvinduer m.m.

##### Mulighed for renovering og efterisolering

Det er normalt vanskeligt at renovere og isolere en sådan tagkonstruktion uden at åbne konstruktionen udefra. Et indgreb vil normalt omfatte udskiftning af tagdækningen og anbringelse af isoleringsmateriale på de lodrette vægflader og oven på loftet. Der skal etableres ventilation af hulrum på ydersiden af isoleringen, og i den forbindelse skal det sikres, at hulrumets bundflade isoleres, og at udeluft ikke kan trænge ind i dækkonstruktionen.

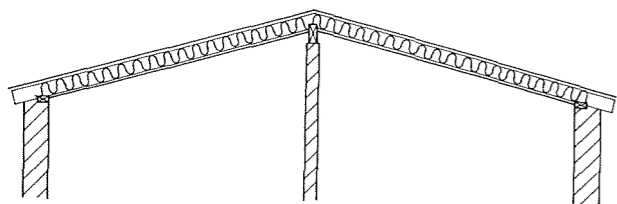
Som nævnt under tage med hanebåndsspær vil det normalt ikke være nødvendigt at anbringe en dampspærre på isoleringens varme side, da forskalling og puds giver den fornødne tæthed.

## Tage af bjælkespær med lav hældning

### Konstruktion

Denne konstruktion findes fortrinsvis i lavt byggeri med taghældning ned til 15°.

Loftet følger spærundersiden og er udført med forskalling og puds eller be-



Figur 5. Bjælkespær med lav hældning.

klædt med plader eller profilbrædder med bagved liggende dampspærre. Isoleringen ligger mellem spærene, og hulrummet over isoleringen ventileres normalt på tværs gennem bygningen.

De mest anvendte tagdækningsmaterialer er asbestcementskifer og asbestcementbølgeplader.

### Årsager til behov for reovering

Ud over en generel nedbrydning af tagdækningen kan der forekomme lokale rådangreb som følge af utætheder i taget og utilstrækkelig ventilation. Specielt ved tage med hældning helt nede omkring 15° og dækket med asbestcementskifer konstateres ofte vandindtrængen ved tagfoden om vinteren. I perioder med let frost dannes der en bræmme af is langs tagets udhæng, og smeltet sne fra taget stemmes herved op, nedbryder kitningen mellem skifrene og trænger gennem taget. Hvis asbestcementskiferne ønskes bibeholdt som tagdækningsmaterialer, kan den nævnte vandind-

trængen undgås ved at udføre et vandtæt undertag lige under skifrene i den nederste del af tagfladen.

### Mulighed for reovering og efterisolering

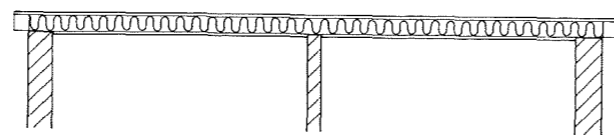
Hvor en tagreovering er nødvendig, bør det tilstræbes, at isoleringstykkelsen samtidig forøges til ca. 200 mm. Det vil ofte kræve, at der sømmes en lægte eller planke oven på spærene for at hæve tagdækningen. Det må sikres, at taget ventileres tilstrækkeligt.

Hvis ikke der er et pudset loft, kan det være nødvendigt at etablere eller udbedre en dampspærre på isoleringens varme side, således at konstruktionen bliver tilstrækkelig lufttæt og vanddamp-tæt.

### Flade tage af træ

#### Konstruktion

De fleste flade tage er projekteret med vandret overflade eller et fald på 1:100 og med tagpapbelægning.



Figur 6. Fladt tag af træ.

Underlaget for tagpapen består af brædder eller krydsfinerplader. Isoleringen er placeret mellem bjælkerne med et ventileret hulrum over isoleringen. Loftbeklædningen består som regel af plader eller profilbrædder med bagved liggende dampspærre.

### Årsager til behov for reovering

Fugtophobningen i konstruktionen som følge af indtrængende luft nede fra den opvarmede bygning er det alvorligste problem. Hertil kommer vandindtrængen ovenfra igennem utætheder i tagpapbelægning og inddækninger. Utætheder kan ofte give anledning til omfattende skader på grund af utilstrækkeligt fald på tagfladen.

### Mulighed for reovering og efterisolering

Såfremt der er sikkerhed for, at fugtproblemerne alene skyldes utætheder i tagoverfladen, vil en reovering af tagpapen alene kunne forsvares. Fordelene ved at kombinere reoveringen med en udvendig isolering er imidlertid åbenlyse: Trækonstruktionens fugtforhold forbedres; der kan etableres det nødvendige fald på mindst 1:40, hvorved der sikres en længere levetid af tagpapen og inddækningerne, og der kan opnås en væsentlig energibesparelse.

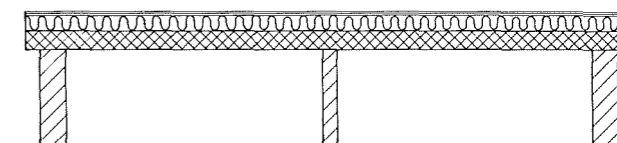
Den mest anvendte fremgangsmåde ved reovering af flade tage er opbygning af et lag kileskåret isolering oven på den eksisterende tagpap, for herved at opnå et fald på mindst 1:40. Oven på isoleringen udføres en ny tagpapbelægning.

I nogle tilfælde anvendes armerede duger af forskelligt materiale oven på isoleringen. Dugene fastholdes af et stenlag. En anden fremgangsmåde består i retablering af den eksisterende tagpap og udlægning af isoleringsmateriale her oven på uden beskyttelse mod nedbør - et såkaldt "omvendt tag".

### Flade tage af beton eller letbeton

#### Konstruktion

Den bærende konstruktion kan være udført af jernbeton, normalt huldækkomponenter, eller letbetonkomponenter. Komponenterne er isoleret på oversiden, dækket med tag-



Figur 7. Fladt tag af beton eller letbeton.

pap og forsynet med trykudligningshætter. Der er normalt tale om helt vandrette tage eller tage med hældninger på 1:100.

### Årsager til behov for reovering

Nedbrudt tagdækning og lokale mangler ved inddækninger og render er hyppigst forekommende problemer. Utilstrækkeligt fald på overfladen kan forstærke problemerne. Endvidere kan der være dampbuler i tagpapen og revner på grund af bevægelser i underlaget som følge af svind eller fugtvariationer.

### Mulighed for reovering og efterisolering

Fremgangsmåderne ved reovering vil stort set være de samme som beskrevet for flade tage af træ. Hvilken løsning, der i givet fald skal anvendes, må blandt andet bero på, om den eksisterende tagpap og inddækningerne kan benyttes som dampspærre i en efterisoleret konstruktion.

Behovet for reovering af ydervægge opført i blank mur er normalt beskedent, selv om nedbrudte fuger og mursten i nogle tilfælde kan give anledning til fugtgennemslag ved slagregn. Er ydervæggene pudsede, og måske endda overfladebehandlede, er der ofte større behov for regelmæssig vedligeholdelse og reovering. Det samme gælder for letbetonydervægge.

Erfaringer fra de seneste år viser, at det største behov for reovering af ydervægge findes i betonbyggeri, ikke mindst i bygninger, der er opført i 1960'erne.

En nærliggende mulighed for at standse en begyndende nedbrydning er at gennemføre en udvendig facadeisolering. Herved kan udgifter til senere, mere omfattende arbejde, undgås. Det må imidlertid kraftigt understreges, at det i hvert enkelt tilfælde må overvejes, om en så væsentlig ændring af bygningens udseende kan accepteres.

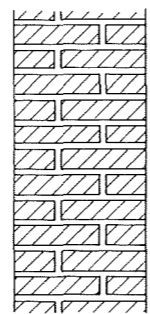
Ydervægge af teglsten

Konstruktion

Ydervæggene kan være i blank mur eller have pudset overflade, de kan være massive i en tykkelse af 24 cm eller mere, eller de kan være hulmure i tykkelserne 30 cm og 36 cm. Bagmur af isoleringssten kan forekomme.

Årsager til behov for reovering

Det mest udtalte behov for reovering forekommer de steder, hvor murværket på grund af nedbrudte fuger, sprængte sten eller revner i murværk ikke yder tilstrækkelig tæthed mod slagregn. Også ydervægge med løstsiddende eller delvis afskallet facadepuds kan skabe behov for reovering.



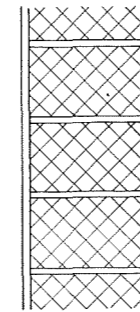
Figur 8. Massiv ydervæg af teglsten.

Mulighed for reovering og efterisolering

Mindre skader i ydervægge af blank mur vil normalt kunne udbedres ved omfugning og udskiftning af enkelte sten. I tilfælde, hvor der er tale om mere omfattende skader, vil udvendig efterisolering være en bedre løsning, idet man hermed på én gang fjerner årsagen til fugtproblemerne og opnår en væsentlig energibesparelse. Også en pudset facade med stadigt tilbagevendende behov for reparationer vil med fordel kunne reoveres ved, at der udføres udvendig efterisolering.

Konstruktion

Ydervæggene kan have pudset overflade, malet overflade eller eventuelt være ubehandlede. Tykkelsen er på 20, 24 eller 30 cm. I fleretages byggeri er letbetonblokke ofte blevet anvendt til udfyldningsmurværk.



Figur 9. Massiv ydervæg af letbeton.

Årsager til behov for reovering

Maling eller puds kan give for stor diffusionstæthed i den udvendige overflade og bevirke fugtophobning i væggen ydre del, hvilket medfører, at malingen eller pudslaget skaller af. På væggen inderside kan der optræde mørke skjolder (støvfigurer) ud for mørtelfuger.

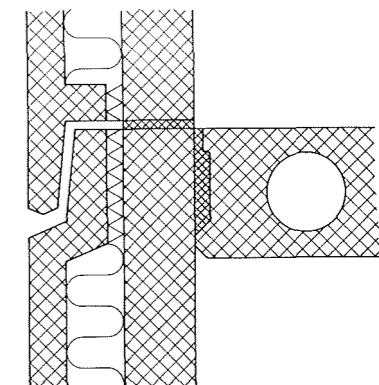
Ved udfyldningsmurværk vil der desuden forekomme kuldebroer ved dæk og lejlig-hedsskel. Disse vil foruden misfarvninger på væggen inderside også medføre et ekstra varmetab.

Mulighed for reovering og efterisolering

En udvendig efterisolering vil fjerne behovet for stadige reparationsarbejder samtidig med, at fugt- og temperaturforholdene i konstruktionen forbedres, og udgifterne til opvarmning reduceres.

Konstruktion

Komponentens forstøbning og isolering er ophængt i stritter og ankre i den indvendige bærende del. Lodrette fuger er forsynet med Neoprenbånd (evt. fugemasse), medens vandrette fuger beskyttes af en overlappende tå. I mindre omfang forekommer også ydervægge af komponenter med kun to lag, idet en forstøbning er sammenstøbt med et isoleringslag af letbeton.



Figur 10. Ydervæg af beton-sandwichkomponenter.

Årsager til behov for reovering

Ud over en generel nedbrydning af betonoverfladen med afskalling af dæklag over armeringsjern ses problemer med fastholdelse af forstøbningen på grund af korrosion og temperaturbevægelser. Fugtindtrængen gennem utætte fuger og kondensproblemer ved kuldebroer er andre karakteristiske problemer.

Mulighed for reovering og efterisolering

En udvendig isolering, som fastholdes i komponentens indvendige del, vil kunne

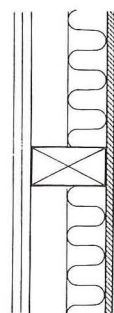


forhindre en yderligere skadeudvikling. Det må i hvert enkelt tilfælde vurderes, om den fornødne bæreevne er til stede, så den ekstra belastning fra isoleringen kan overføres til de bærende konstruktioner.

#### Lette ydervægge

##### Konstruktion

Lette ydervægge består sædvanligvis af et træskelet med isolering mellem stolperne, indvendig beklædt med plader eller brædder på en bagved liggende dampspærre eller eventuelt med forskalling og puds, og udvendig beklædt med plader eller brædder.



Figur 11. Let ydervæg med træskelet og pladebeklædning.

##### Årsager til behov for reovering

Nedbrudt udvendig beklædning og overfladebehandling, trækgener, mangelfuld isolering og i værste tilfælde råd- og svampeskader er de mest almindelige årsager til, at lette ydervægge må reoveres.

##### Mulighed for reovering og efterisolering

Hvis den eksisterende isolering ikke er tilstrækkelig, kan den udvendige beklædning aftages og isoleringstykkelsen forøges, ligesom samlinger kan tættes.

Bemærk at der skal være et mindst 20-30 mm ventileret hulrum bag den udvendige beklædning. Da træskelettet ofte kun har plads til højst 100 mm isolering, må vægtykkelsen forøges fx ved at påsømme vandrette lægter.

Når væggen er åbnet, bør det kontrolleres, om fugtspærren på isoleringens varme side er intakt.

Det bør overvejes, om fx inddækningen af fuger mellem beklædningsplader skal ændres, således at fugtbelastning fra slagregn reduceres, og den udvendige overfladebeklædnings levetid forlænges.

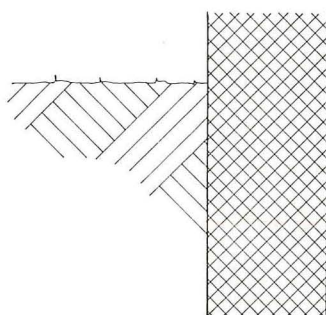
#### Kælderydervægge

##### Konstruktion

De fleste kælderydervægge er udført af beton, letbetonblokke eller mursten. Ydersiden er i en del tilfælde fugtbeskyttet med udvendig asfaltering og med omfangsdræn. Indvendig isolering kan forekomme.

##### Årsager til behov for reovering

Indtrængende fugt udefra, forårsaget af overfladevand eller grundvand, er det mest almindelige problem. Såfremt kælderen helt eller delvis anvendes til akti-



Figur 12. Kælderydervæg af beton.

viteter, der kræver opvarmning, vil der foruden fugtbeskyttelse også være behov for forbedret varmeisolering for at forhindre et unødigt varmetab.

##### Mulighed for reovering og efterisolering

Fugtisolering kan forbedres ved asfaltering eller ved opstilling af drænplader

på væggenes yderside i kombination med et omfangsdræn.

Såfremt kælderen er helt eller delvis opvarmet, vil fugtbeskyttelsen med fordel kunne kombineres med opsætning af et varmeisoleringsmateriale på kælderydervægens yderside. Eventuelt kan isoleringen føres op over terræn som sokkelisolering, hvorved kuldebroer ved dæk undgås.

En meget stor del af de midler, der inden for de seneste år er anvendt til energibesparende foranstaltninger, er investeret i vinduesrenoveringer eller vinduesudskiftninger. Baggrunden for denne indsats har naturligvis primært været behovet for at spare energi, men samtidig har også ønsket om at opnå en bedre vinduesfunktion, et bedre indeklima og mindre vedligeholdelse haft stor betydning.

I en række tilfælde er der konstateret alvorlige råd- og svampeangreb i trævinduer med isoleringsruder, især i byggeri fra 1960'erne og et stykke ind i 1970'erne. Skaderne kan bl.a. henføres til uhenigtsmæssige udformninger af de konstruktive detaljer.

I modsætning til tage og ydervægge kræver de fleste vinduer til stadighed ret store udgifter til vedligehold. Hertil kommer ofte behov for en bedre støjisolering. Renoveringsløsninger, der kan afhjælpe disse problemer, vil derfor have stor interesse for alle vinduestyper.

For alle vinduestyper gælder, at montering af skodder vil nedsætte energiforbruget. Skodder kan udføres på flere måder, og en oversigt er angivet i SBI-rapport 138: "Varmeisolerende vinduesskodder" (1). Hvis man vælger udvendige skodder, vil omkostningerne til malingsvedligeholdelse af vinduerne nedbringes og deres levetid forlænges. Skodeløsninger er

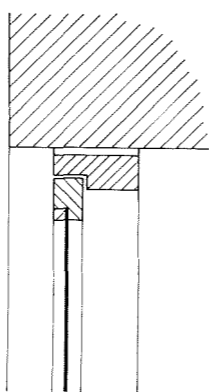
relativt dyre, og det må i hvert enkelt tilfælde overvejes, om den deraf følgende ændring af husets udseende kan accepteres.

Undertiden ønskes altaner lukket med glas for at udvide den periode af året, hvor de kan benyttes. Herved opnås en forbedret varmeisolering af det bagvedliggende rum. En sådan foranstaltning vil naturligvis betyde ændring af husets udseende, og det skal undersøges, om brandredningsmulighederne stadig er tilstrækkelige.

#### Vinduer med enkeltglas

##### Konstruktion

Vinduerne er udført af træ og har i almindelighed udadgående rammer, enkelte partier har fast glas. Fugning imellem



Figur 13. Vindue med enkeltglas.

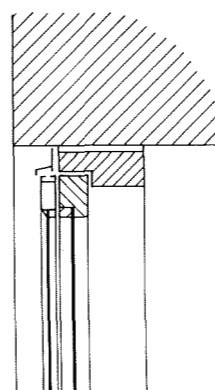
vinduer og omgivende vægge er udført med mørtel efter stopning med værk.

##### Årsager til behov for renovering

Nedbrudt overfladebehandling, skadet træværk, utætte fuger, utilstrækkelig varmeisolering med heraf følgende kondens og ringe støjisolering er karakteristiske mangler ved vinduer med enkeltglas.

##### Mulighed for renovering og efterisolering

Den i almindelighed valgte renovering omfatter en udbedring af beslag, fuger og skadet træværk, malingsstandsættelse samt opsætning af påkoblede eller selvstændige forsatsrammer med et eller to ekstra lag glas. Hermed er konstruktionen genoprettet og forbedret, men behovet for vedligeholdelse vil stadig være stort.



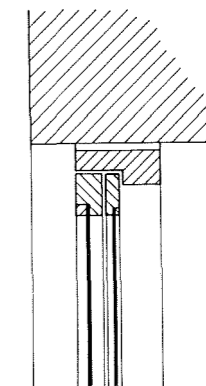
Figur 14. Vindue med enkeltglas, udvendig forsatsramme og inddækningsprofil.

Et alternativ til denne traditionelle løsning er at etablere en skærm af glas og stort set vedligeholdelsesfri materialer uden på vinduerne, fx udvendige påkoblede forsatsrammer og inddækning af karme med aluminium.

#### Vinduer med koblede rammer

##### Konstruktion

Vinduerne er udført af træ. Rammerne er enten sidehængte (udadgående eller indadgående), vipperammer eller drejerammer. Fugning omkring vinduerne er udført med mørtel efter stopning med værk.



Figur 15. Vindue med udadgående koblede rammer.

##### Årsager til behov for renovering

Nedbrudt overfladebehandling, skadet træværk og utætte fuger er de mest almindelige mangler. Utæthed mellem rammer og karm kan være årsag til kondens mellem de to lag glas.

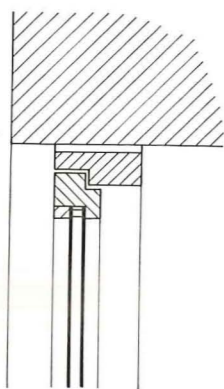
##### Mulighed for renovering og efterisolering

Det vil i reglen være meget svært at gennemføre en forbedring af koblede vinduers varmeisolering i forbindelse med en renovering af vinduerne. En renovering kan omfatte udbedring af beslag, fuger, skadet træværk samt overfladebehandling. Forbedring af varmeisoleringen kan i visse tilfælde opnås ved udskiftning af tætningslister.

## Vinduer med isoleringsruder

### Konstruktion

Vinduerne er udført af træ. Rammerne er enten sidehængte (udadgående eller indadgående), vipperammer eller drejerammer. Fugning omkring vinduerne er oftest udført med mørtel efter stopning med værk.



Figur 16. Vindue med isoleringsrude.

### Årsager til behov for reovering

Nedbrudt overfladebehandling, utætte fuger og skadet træværk er de almindeligste mangler. Der kan også forekomme punkterede isoleringsruder, bl.a. på grund af forkert montering af ruderne.

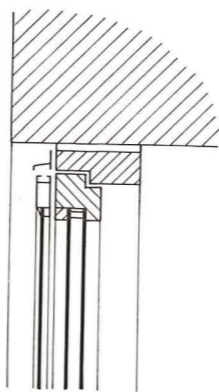
### Mulighed for reovering og efterisolering

Udbedring af beslag, overfladebehandling og skadet træværk vil som regel indgå i

en reovering. Reparation af fugerne, eventuelt omfugning, kan medføre energibesparelse. Udskiftning af bundglaslister kan forlænge rudernes og vinduernes levetid. Punkterede isoleringsruder må udskiftes på grund af dug og saltudbløstninger mellem glassene. Reparation af isoleringsruderne ved udskylning af urenheder og salte er dog også mulig.

Såfremt ruderne må udskiftes, skal falsudformning og opklodsning udføres således, at garantien for isoleringsruderne gælder.

En væsentlig forbedring af vinduernes varmeisolering kan opnås ved, at der uvendigt påkøbes forsatsrammer, fx af aluminium, og at karmene beklædes, ligeledes med aluminium. Denne form for reovering forlænger samtidig vinduernes levetid.



Figur 17. Vindue med isoleringsrude, uvendig forsatsramme og inddækningsprofil.

## Krybekælderdek og terrændæk

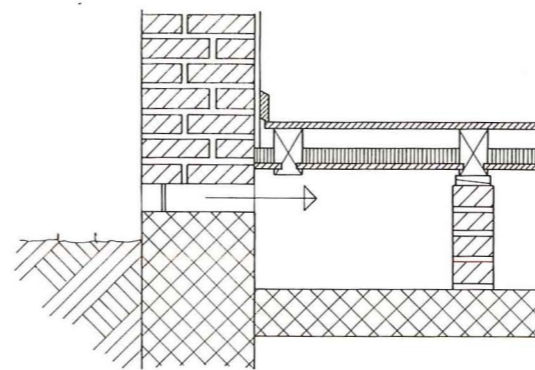
Behov for reovering af dæk over kældre forekommer sjældent, idet kældre normalt er delvis opvarmet af varmerør og lignende, og dækstrukturen er derfor ikke udsat for store fugt- og temperaturvariationer. I konsekvens heraf er almindelige kælderdek ikke taget med i denne gennemgang af bygningskonstruktioner.

I krybekælderdek og terrændæk kan det derimod forekomme, at skiftende påvirkninger af temperatur og fugt har forårsaget skader og dermed nødvendiggjort reovering. I den overvejende del af krybekælderdek og terrændæk i boligbyggeri benyttes gulvbelægning af træ, og i det følgende er kun sådanne dæk behandlet.

### Krybekælderdek af træ

#### Konstruktion

Krybekælderdek er som regel udført af træbjælker med indskudsbrædder, isolering eller ler og gulv af fyrretræsbrædder el-



Figur 18. Krybekælderdek af træ.

ler bølgeparketbrædder. Bjælkerne understøttes af murpiller og vægge. Krybekælderens er ventileret og ofte svært tilgængelig.

### Årsager til behov for reovering

De hyppigste problemer i forbindelse med krybekælderdek er trækgener og fodkulde. Undertiden ses angreb af råd og svamp som følge af utilstrækkelig fugtisolering. I gamle huse kan der forekomme nedslidning af gulve og gulvbelægninger, fx i køkkener.

### Mulighed for reovering og efterisolering

Trækgener vil normalt kunne elimineres ved tætning langs fodpaneler og udlægning af et lufttæt lag (tæppe) på gulvet.

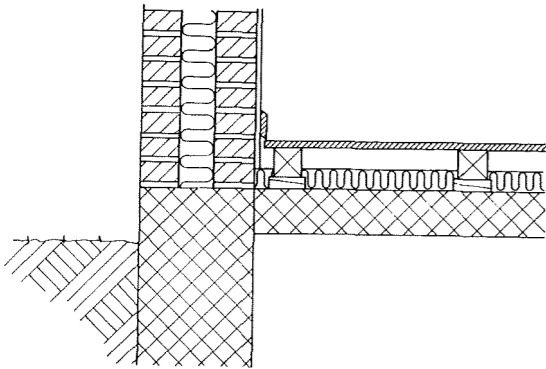
Fodkulde kan fjernes ved en efterisolering, som udføres nedefra, hvis krybekælderens højde tillader det. Det vil sjældent være muligt at tætnes og isolere ved udlægning af et isoleringslag oven på gulvet, da dette giver store problemer ved døre og trapper. Hvis krybekælderens ikke er tilgængelig, kan det derfor blive nødvendigt at tage gulvbrædderne op for at udføre efterisoleringen. En sådan løsning kan blive meget bekostelig.

Fugtproblemer vil i reglen kunne afhjælpes ved etablering af omfangsdræn. Endvidere må det altid undersøges, om ventilationen af krybekælderens er intakt og tilstrækkelig.

## Terrændæk med trægulv

### Konstruktion

Terrændæk med trægulv består oftest af en betonplade, hvorpå der er opklodset strøer til fastgørelse af gulvbrædder. Varmeisoleringen er lagt enten under eller over betonpladen.



Figur 19. Terrændæk med trægulv på strøer.

### Årsager til behov for reovering

Angreb af råd og svamp på grund af fugt fra terræn og ydermure kan forekomme. Skjulte installationer kan give vandskader, og almindelig nedslidning af gulvbelægninger i køkken kan også medføre behov for reovering.

### Mulighed for reovering og efterisolering

En reovering består i, at den eksisterende gulvkonstruktion fjernes, og at der enten lægges et nyt gulv på strøer eller et gulv på et trykfast isoleringsmateriale.

I forbindelse med et sådant indgreb er det meget vigtigt, at der træffes foranstaltninger mod fugtindtrængen. Rør, indbygget i gulvet, bør helst fjernes herfra - eventuelt kan de lægges i kanaler, hvor der etableres mulighed for, at de kan efterses. Hvis fx brud på rør har opfugtet betonpladen, udlægges en plastfolie oven på denne, således at fugt holdes væk fra den nye gulvkonstruktion. Oven på plastfolien kan der anbringes isoleringsmateriale, men hvis isoleringens tykkelse overstiger 50 mm, bør der udføres fundamentisolering, som vil hæve betonpladens temperatur i det ydre randfelt og herved hindre kondensation af rumluft oven på plastfolien.

Fundamentisoleringen vil samtidig bryde den kuldebro, som findes gennem fundament til bagsiden af ydermuren. Fugtproblemer, som stammer fra tilstrømmende overfladevand, kan forhindres ved etablering eller reovering af omfangsdræn.

## Beregning af udgifter og besparelser

De økonomiske forhold vil på grund af de udførte arbejders forskellighed variere meget fra sag til sag, og det er ikke muligt at behandle de økonomiske konsekvenser detaljeret i de enkelte tilfælde i denne rapport.

Stillet overfor en bestemt opgave må udgifterne ved de forskellige udførelsesmuligheder belyses enten ved kalkulationer eller ved prisindhentning hos udførende firmaer. Udgifterne må dernæst vurderes i forhold til den forventede energibesparelse og til de skønnede ændringer i vedligeholdelsesudgifterne og konstruktionens levetid. Finansieringsmulighederne kan være forskellige, alt efter om der udføres forbedringsarbejder eller rene vedligeholdelses- og opretningsarbejder. Disse forskelle kan have afgørende indflydelse på det samlede økonomiske resultat.

### Tage

Efterisolering af tage med gitterspær og hanebåndsspær samt mansardtage i forbindelse med en reovering af tagbelægningen vil normalt kunne udføres med tilbagebetalingstider på under 8 år, idet der forudsættes en eksisterende isolering af en vis tykkelse.

Ved tage af bjælkespær med lav hældning er det ofte nødvendigt at bygge på spærerne for at få plads til ekstra isolering.

Herved fordyres isoleringsarbejdet, og rentabiliteten bliver dårligere.

Da det eksisterende lag isolering imidlertid ofte er lille, vil resultatet næsten altid blive, at foranstaltningen på længere sigt er fordelagtig.

Merisolering og reovering af flade tage er behandlet flere steder, bl.a. i TOR-anvisning 11: "Merisolering af flade tage" (4). Beregningerne her viser, at alene energibesparelsen ved merisolering stort set kan dække renter og afdrag af lån til selve isoleringen. Hertil kommer de tidligere nævnte byggetekniske fordele ved metoden.

### Ydervægge

En udvendig efterisoleringslag af tunge ydervægge vil alt efter bygningens udformning og valg af isoleringsmetode kunne udføres for 450-850 kr./m<sup>2</sup> med en skønnet energibesparelse på 30 kr./m<sup>2</sup> pr. år (1983) (2). Ved en nærmere vurdering af disse tal må der også tages hensyn til eventuelle reducerede vedligeholdelsesudgifter samt den forventede forlængelse af levetiden for konstruktionen og huset.

Ved reovering og efterisolering af lette facadekonstruktioner er problemstillingen normalt meget enklere. Et overslag over den rene isoleringsudgift og den opnåede energibesparelse vil være

tilstrækkeligt beslutningsgrundlag. Noget tilsvarende er tilfældet, hvor der er tale om renovering af kælderydervægge.

### Vinduer

Vinduesrenovering efter traditionel metode omfatter opretning af nedslidte dele, istandsættelse af maling og forbedringer i form af fx ekstra lag glas og tætningslister.

De samlede udgifter for denne type af arbejder kan let beløbe sig til over halvdelen af udgiften til en vinduesudskiftning, selv når der ikke er særlige problemer.

Efter gennemførelsen af arbejderne må der, hvis der er tale om trævinduer, påregnes vedligeholdelse med maling hvert 5. til 6. år, svarende til omkring 250 kr. pr. m<sup>2</sup> vindue, inkl. let stillads og moms for en traditionel 3-etages boligblok. Prisen kan variere en del efter de konkrete forhold.

Ud over vedligeholdelse med maling må der påregnes en mindre udgift til vedligeholdelse af beslag samt udskiftning af

tætningslister. Hvis der er tale om isoleringsruder, må der påregnes en løbende udskiftning af punkterede ruder.

I denne rapport er der som alternativ til den traditionelle metode foreslået montage af udvendige forsatsrammer og inddækning af karme for at spare energi og nedbringe vedligeholdelsesudgifterne. De arkitektoniske og økonomiske konsekvenser ved en sådan metode må undersøges i hvert enkelt tilfælde. Et eksempel på metoden er gennemprøvet i demonstrationsprojektet, som beskrives i den følgende del af rapporten.

### Krybekælderdek og terrændæk

Fordelene ved at kombinere renovering af disse konstruktioner med efterisolering kan bedømmes ud fra kalkulationer af renoverings- og isoleringsudgifter og af påregnede energibesparelser. I tilfælde, hvor det er nødvendigt at forny gulvbrædderne, vil udgiften til merisolering normalt være tjent hjem over en kort årrække.

## Demonstrationsprojekt

Som led i forskningsopgaven er der gennemført et demonstrationsprojekt, som bestod i montering af udvendige forsatsrammer og beklædning af karmtræ på vinduerne i en beboelsejendom fra perioden 1960-1975.

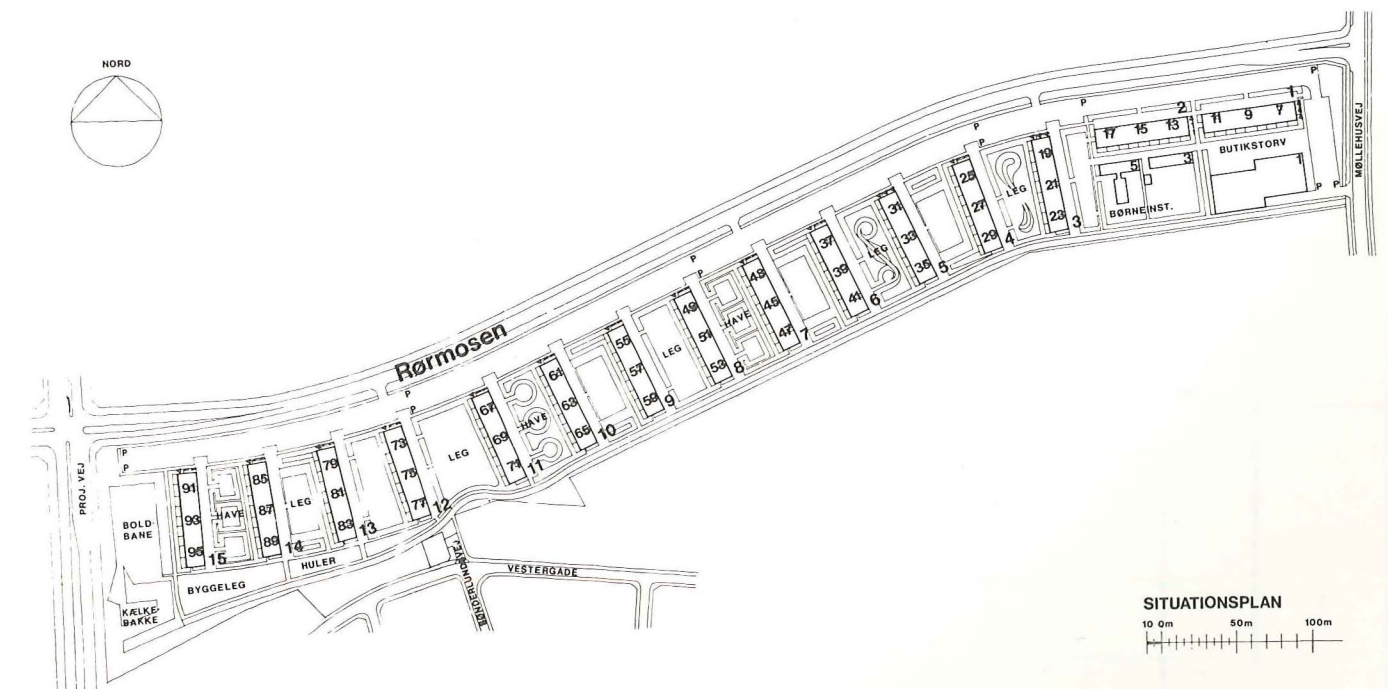
De begrænsede økonomiske midler gjorde det nødvendigt at overveje, hvilken vinduestype projektet skulle udføres på. De indledende skitser viste, at det ville være væsentligt enklere at udføre forsatsrammer og beklædning på vinduer med sidehængte rammer end på dreje- eller vippevinduer. Overvejelserne mandede ud i beslutning om at vælge en ejendom, hvis vinduer havde sidehængte indadgående rammer med isoleringsruder.

### Forsøgsejendommen

Ejendommen er beliggende Rørmosen 79, Roskilde, og indgår i bebyggelsen Bjergbakken, som ejes af Roskilde Boligselskab. Bebyggelsen Bjergbakken er et typisk betonelementbyggeri, opført 1970, og den består af 15 ens 3-etages blokke med i alt 342 lejligheder. Der er anvendt bærende tværvægge og betondæk.

Facaderne består for indgangssidens vedkommende af brystningskomponenter af beton og gennemgående vinduesbånd med trævinduer, hvis indadgående rammer er forsynet med isoleringsruder.

Altanfacaden er udført af lette facadekomponenter. På altanbrystningerne er der monteret skydevinduer med et enkelt lag glas.



Figur 20. Situationsplan af bebyggelsen Bjergbakken, 1:500.



Figur 21. Indgangsfacade.

Bygningerne er forsynet med mekanisk ventilation af bad og køkken. Frisklufttilførslen sker gennem ventilationsklapper i bygningernes indgangsside.

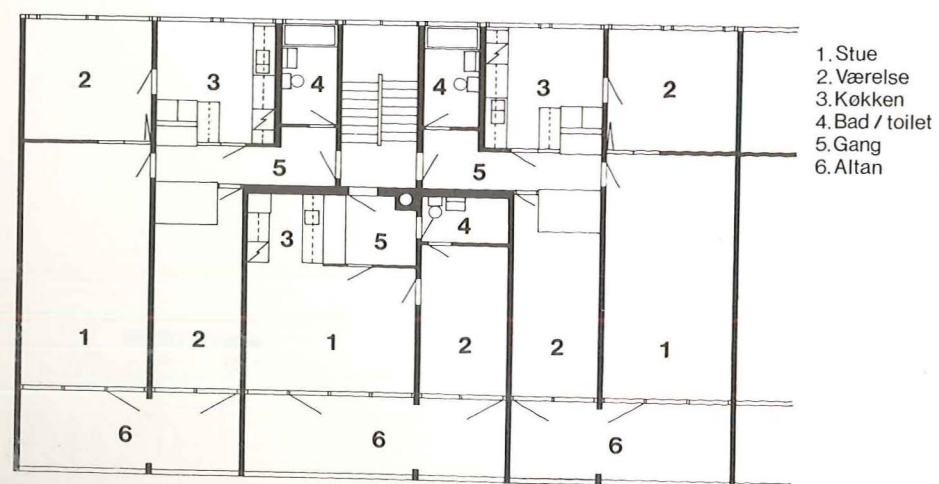
Det bør understreges, at den valgte ejendom ikke havde mindste tegn på råd og svamp i træværket. Vinduernes overfladebehandling må betegnes som god, og antallet af punkterede isoleringsruder var beskedent. I modsat fald ville det have været nødvendigt at udbedre skaderne, inden monteringen af forsatsrammer og inddækningen af karmtræ.

### Beskrivelse af eksisterende vinduer

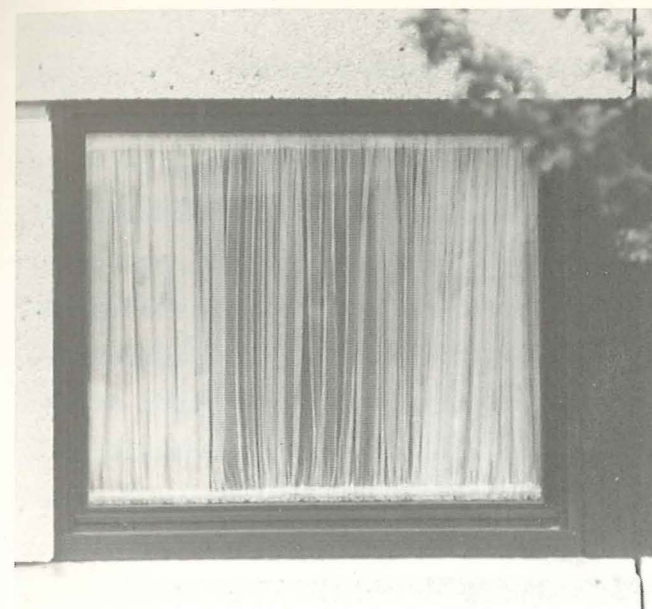
#### Vinduestype og materialer

Vinduesbåndene på bygningens indgangsside har sidehængte indadgående vinduesrammer og sidehængte udadgående ventilationsklapper. Af figur 24 fremgår opdelingen af vinduesbåndet for lejlighederne til venstre. Lejligheder til højre har samme opdeling, men spejlvendt.

Rammer og karme er fremstillet af fyrretræ og malebehandlet fra fabrik med træbeskyttelsesmidlet Pansercol. Malebe-



Figur 22. Etageplan, opgangsmodulet, 1:200.



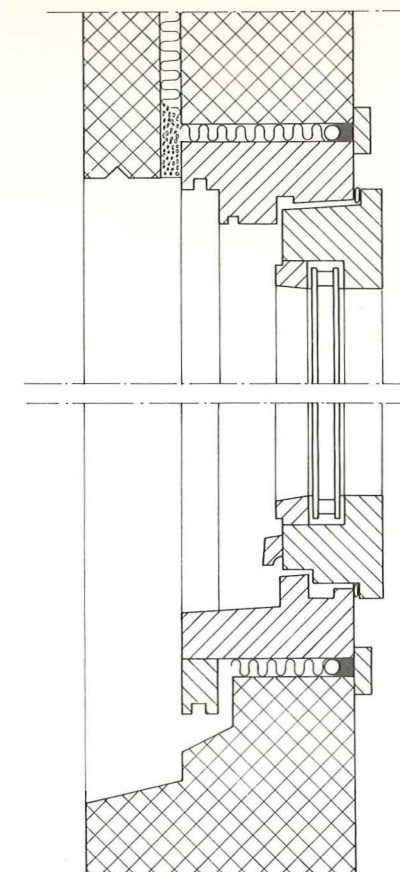
Figur 23. Eksisterende vindue.

handlingen er pænt vedligeholdt og må bedømmes som værende i god stand.

#### Glas og glaslister

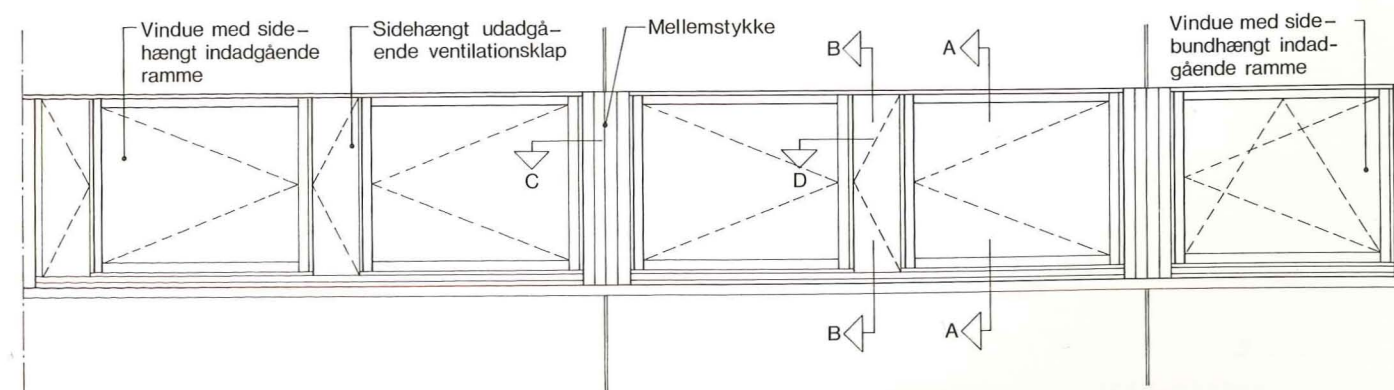
Vinduerne er monteret med isoleringsruder bestående af to lag 4 mm glas med et luftmelletrum på 10 mm. Ruderne er sat i fals med termokit og udvendige glaslister af fyrretræ.

Bundglaslister er i mindre god stand, fordi de i særlig høj grad har været udsat for skiftende opfugtning/udtørring. Termokitten er efterhånden nedbrudt og

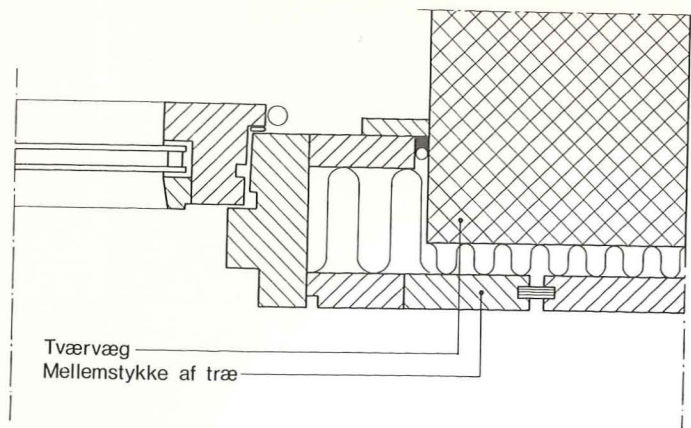


Figur 25. Lodret snit (A-A) i vinduesbånd og samlinger med beton-sandwichkomponenter, 1:5.

gaber mange steder. Dette vil efterhånden medføre fugtophobning i glasfalsen med heraf følgende skader på træ og isoleringsrude. Selv om der ikke umiddelbart har kunnet konstateres skader, må det forventes, at glaslister og termokit på længere sigt vil kunne give anledning til



Figur 24. Opstalt af vinduesbånd, 1:50.

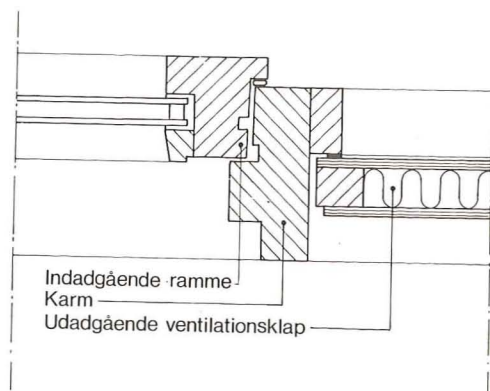


Figur 26. Vandret snit (C) i vinduesbånd og samling ved tværvæg, 1:5.

betydelige vedligeholdelsesarbejder, ikke mindst udskiftning af punkterede isoleringsruder.

#### Fuger

Tætning mellem rammer og karme er udført med gummitætningslister, O-profil. Fuger mellem vinduer og bygningens betonkomponenter er udført som to-trins tætning med



Figur 27. Vandret snit (D) i vindue og ventilationsklap, 1:5.

mineraluldstopning og indvendig fugning med elastisk fugemasse, afsluttet med en dækliste. Den udvendige afdækning varierer, hvilket fremgår af flere af de følgende figurer.

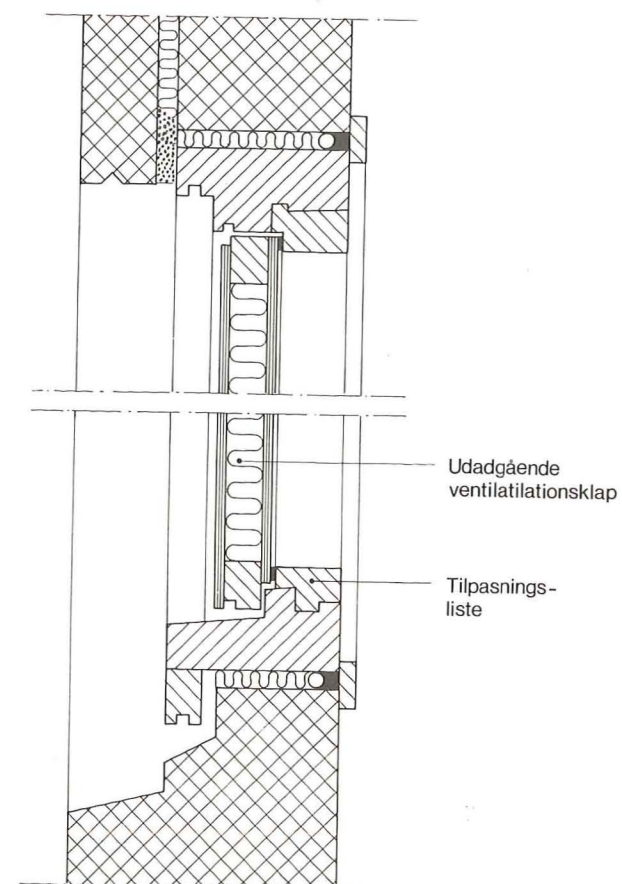
#### Beslåning

De sidehængte vinduer i værelser og køkkener er hængslet i tre punkter, to i top

og et i bund. Hængslerne er forkrøppede og uden justeringsmuligheder. Vinduerne er forsynet med tre lukkepunkter med vinduesklinker og bøjle. Vinduet i toiletet har indadgående ramme med bundhængt ventilationsstilling og sidehængt pudsestilling. Vinduet er forsynet med rullepaskvil med to lukkepunkter. Alle vinduer er forsynet med hjørnebånd. På grund af de sidehængte vinduesrammers usædvanlig store bredde og store vægt er vinduerne vanskelige at betjene. Der er derfor ventilationsklapper i alle rum, så vinduesrammerne kun skal åbnes ved vinduespudsning.

#### Ventilationsklapper

Klapperne er udført af krydsfinerplader på rammer af fyrretræ, beslået med to



Figur 28. Lodret snit (B-B) i ventilationsklap af krydsfiner og karmstykker tilpasset med lister, 1:5.

bladhængsler og to vridere. På karmen er der udvendig monteret en stormkrog.

#### Valg af materiale og komponenter

##### Materiale

Det er en forudsætning for metodens egenhed, at den udvendige afdækning af vinduet kan udføres i materialer med et meget ringe behov for vedligeholdelse. Dertil kommer krav til materialerne vedrørende fornøden styrke og bearbejdelse. Valget stod hermed mellem aluminium, PVC, overfladebehandlet stål og kobber.

Til det aktuelle projekt valgtes aluminium, da dette materiale i stor udstrækning allerede anvendes til netop dette formål. Indvendige forsatsrammer af aluminium findes i flere udformninger, og rammer, der kan monteres udvendig på trærammer, findes ligeledes. Inddækningsprofiler af aluminium til karmtræ er benyttet i forbindelse med vinduesrenoveringen i Brøndby Strand bebyggelsen. Dertil kommer, at nye vinduessystemer af træ med udvendig forsatsramme og beklædning af karmtræ med aluminium allerede markedsføres af flere firmaer.

Disse forhold gjorde det muligt at benytte kendte delkomponenter, detailudformninger og samlingsmetoder til det ønskede system.

##### Forsatsramme

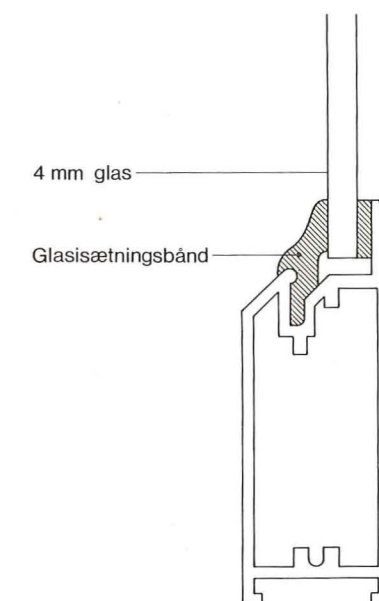
Med udgangspunkt i en registrering og opmåling af de eksisterende forhold, blev der i første omgang udarbejdet et skitseprojekt for indgangsfacade renovering.

Efter udarbejdelse af skitseprojektet kontaktedes Dansk Lukningsentreprise A/S,

og der blev etableret et samarbejde om de endelige detaljer ved udformningen og montagen.

Det praktiske arbejde med fremstillingen af komponenterne og montagen blev senere forestået af samme firma.

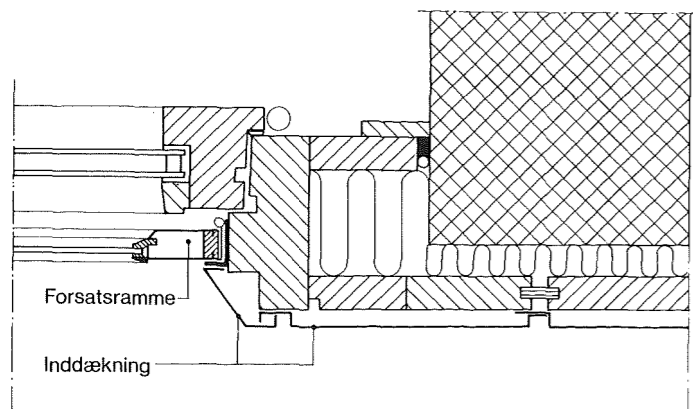
Ved detaljeringen viste det sig muligt at anvende et forsatsrammeprofil, som findes på markedet og normalt anvendes til nye vinduer. Profilet er fremstillet af ekstruderet aluminium og samlet med skjulte hjørnevinkler. Tilhørende glasisætningsbånd, bladhængsler og magnetlås kunne ligeledes benyttes.



Figur 29. Snit i aluminiumprofil til forsatsramme, 1:1.

Da vinduerne på grund af rammens store vægt er vanskelige at betjene, blev det besluttet at montere forsatsrammen på karmen, så den store ramme ikke bliver yderligere belastet.

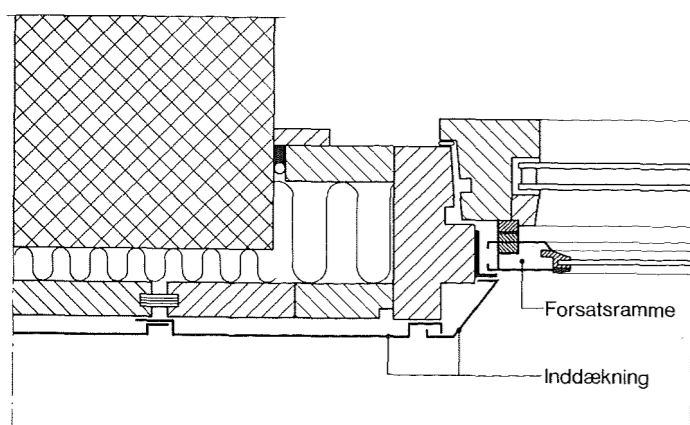
Dette kunne lade sig gøre i køkken og værelse, hvor der er ventilationsklapper, og vinduerne kun skal åbnes ved vinduespudsning.



Figur 30. Vandret snit i vindue med indadgående ramme og forsatsramme hængslet på karm og mellemstykke med aluminiuminddækning, 1:5. Lodret snit, se figur 34.

På grund af den lille afstand mellem rammen og den nye forsatsramme anvendtes meget flade skudrigler til at fastlåse forsatsrammerne med.

For toiletvinduet vedkommende var det nødvendigt at koble forsatsrammen på vinduesrammen, da selve vinduet også skal fungere som ventilationsåbning.

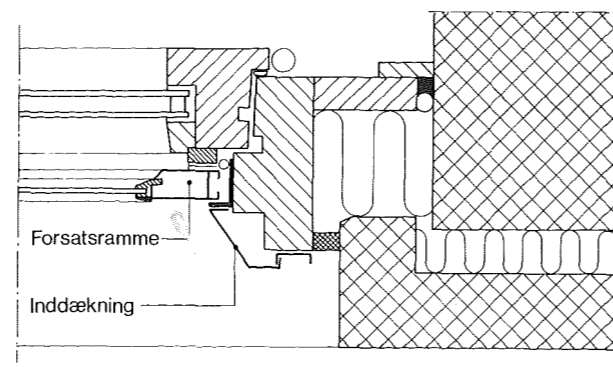


Figur 31. Vandret snit ved tværvæg i toiletvindue med forsatsramme hængslet på vinduesrammen, 1:5.

Den nye forsatsramme fastholdes på den eksisterende ramme med magnetlåse.

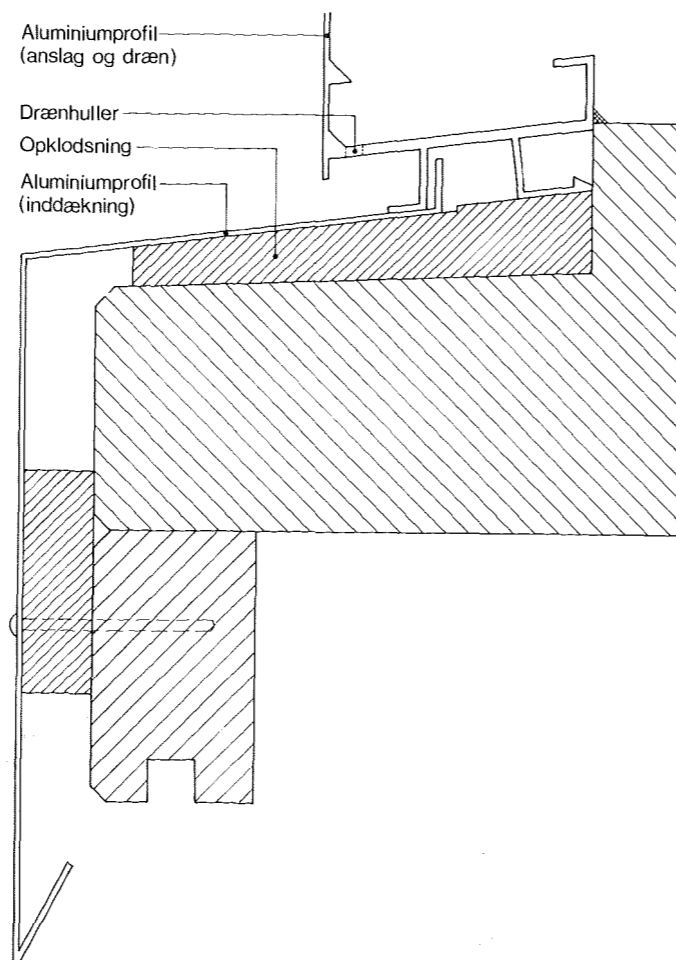
Luftmelle rummet mellem det nye lag glas og isoleringsruden blev ca. 45 mm.

Forsatsrammens anslag tilvejebringes på de lodrette sider og foroven af inddæk-



Figur 32. Vandret snit ved væg mod trappe i toiletvindue med forsatsramme hængslet på vinduesrammen, 1:5.

ningsprofiler. Ved undersiden af rammen suppleres inddækningen med et ekstruderet drænprofil, som normalt anvendes til vinduer med indadgående rammer. Hermed er der sikret en korrekt afledning af regnvand.

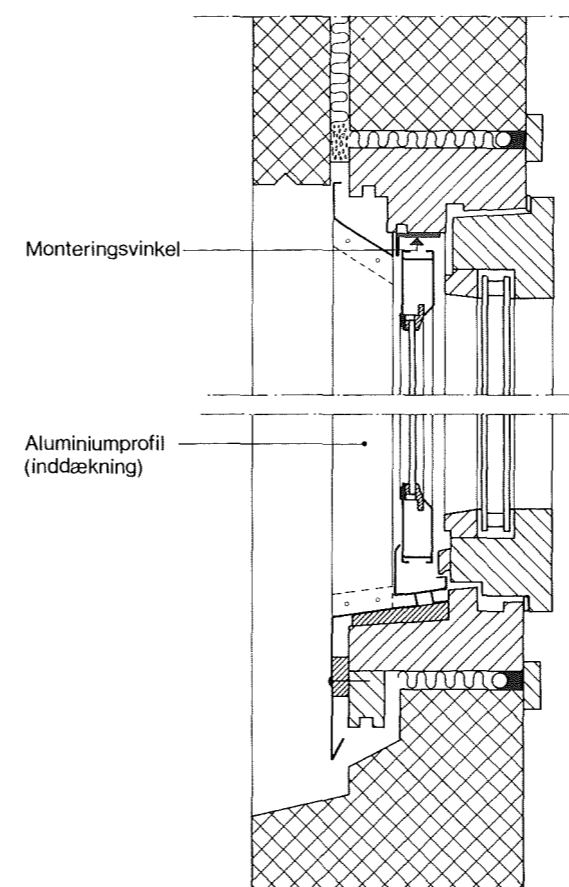


Figur 33. Lodret snit i drænprofil under forsatsrammen, 1:1.

#### Inddækning af karmtræ

Inddækningsprofilerne blev fremstillet af 0,9 mm bukket, lakeret aluminiumplade. På figur 37 og 38 er vist detaljer af karminddækninger. Profilerne, der er ens i siderne og foroven, er udformet, så der er sikret mindst 5-6 mm luft mellem træ og aluminium til bortventilering af fugt.

De bukkede profiler blev samlet med montagevinkler med popnitter.



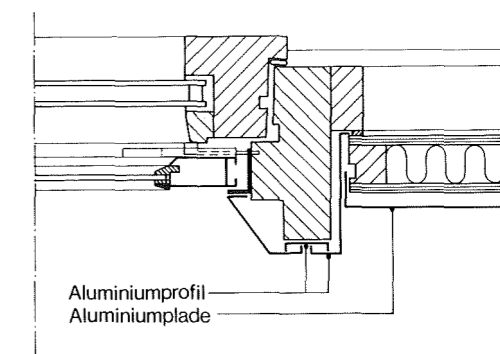
Figur 34. Lodret snit i vindue med forsatsramme hængslet på karm, 1:5. Vandret snit, se figur 30.

At profilerne blev fremstillet som beskrevet og ikke ved ekstrudering, skyldes projektets beskedne størrelse. Selv om værktøj til fremstilling af specialprofiler er relativt billigt, måtte man i dette tilfælde afstå fra at anvende ekstruderede profiler.

Ved større arbejder vil det være økonomisk fordelagtigt at benytte ekstruderede profiler. Produktet bliver væsentligt mere ensartet, og det vil være muligt at udføre samlingerne uden brug af synlige popnitter eller skruer.

#### Beklædning af ventilationsklapper og træpartier

Som det fremgår af figur 27, var der ikke plads til at føre aluminiumbeklædningen ind i falsen, hvorfor det var nødvendigt at formindske klappens dimension.



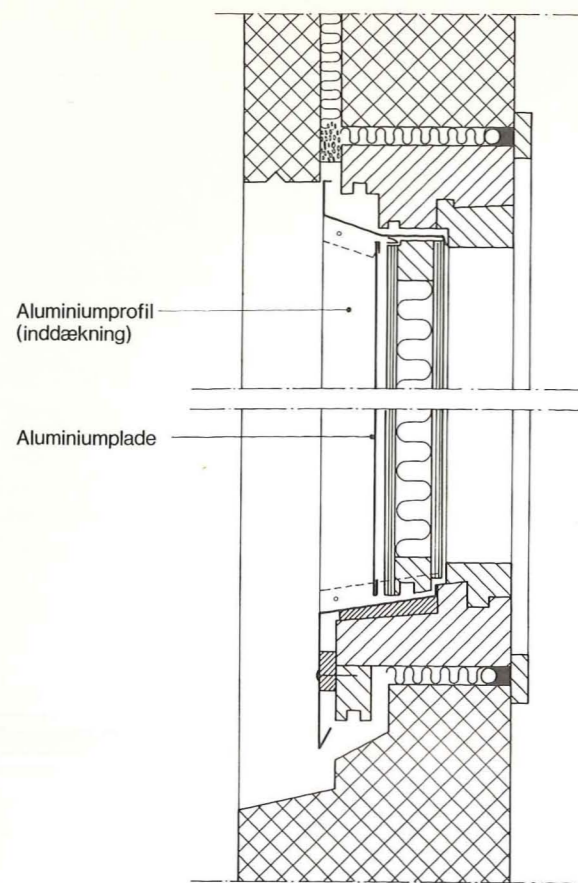
Figur 35. Vandret snit i vindue med forsatsramme og ventilationsklap med pladebeklædning, 1:5.

Samtidig hermed blev der indfræset en vindrille i klappen, og der blev monteret nye tætningslister.

Profilerne omkring ventilationsklappen afviger fra profilerne omkring vinduerne, fordi klappen i modsætning til de indadgående vinduesrammer er udadgående.

Træpartier ud for tværvægge blev beklædt med to panelprofiler, se figur 30 og 31. Alle lodrette samlinger blev foretaget over et U-formet aluminiumprofil, der kunne optage målafvigelser ved montagen og senere beværelser forårsaget af temperaturskift, se også figur 37.





Figur 36. Lodret snit i ventilationsklap med pladebeklædning, 1:5.

#### Arkitektoniske hensyn

Da projektet kun skulle udføres på en enkelt opgang i en blok, blev det besluttet at anvende samme farver som på de eksisterende vinduer og ventilationsklapper. Så vidt det var muligt, blev det også tilstræbt at bevare de synlige glas- og karm mål.

De beklædte vinduesbånd afviger derfor meget lidt fra de øvrige ikke-beklædte vinduesbånd.

#### Arbejdets udførelse

#### Istandsættelse

Inden montagen blev de eksisterende rammer justeret og oprettet bedst muligt. Flere af rammerne hang, og det blev overvejet at foretage en ny glasopklodsning

på toiletvinduet for at stabilisere rammen, der ville få øget vægten væsentligt. Det blev også overvejet at forsyne rammen med en dreje-spærre, så det først og fremmest ville være vippefunktionen, der blev anvendt. Beslagene ville herved blive skånet mest muligt for de store belastninger.

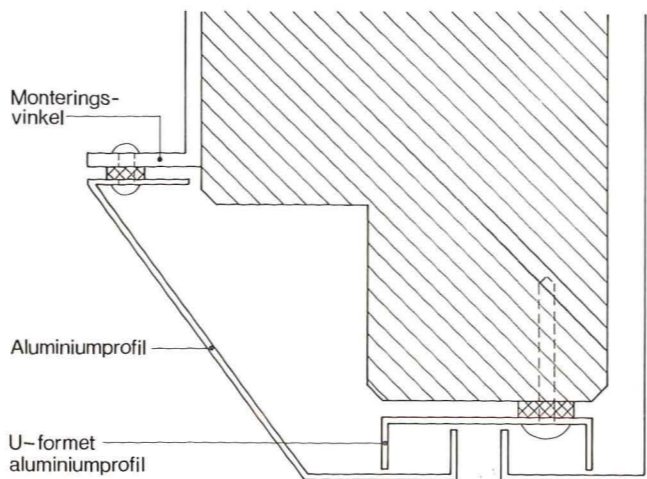
Ingen af disse foranstaltninger blev taget i anvendelse, da det viste sig, at vinduet fungerede tilfredsstillende, efter at der var monteret en glideskinne på karmen og et rullebeslag i underrammen til at løfte rammen på plads ved lukning.

Tætningslisterne på vinduerne blev eftertset og udskiftet i nødvendigt omfang for at forhindre varm rumluft i at trænge ud i hulrummet mellem isoleringsrude og forsatsramme.

Endelig blev fuger mellem vinduer og betonkomponenter kontrolleret efter afmontering af dæklisterne, og de blev fundet at være i god stand.

#### Prøvemontage

Inden alle inddækningsprofiler skulle bukses, blev der udført montage i én lej-

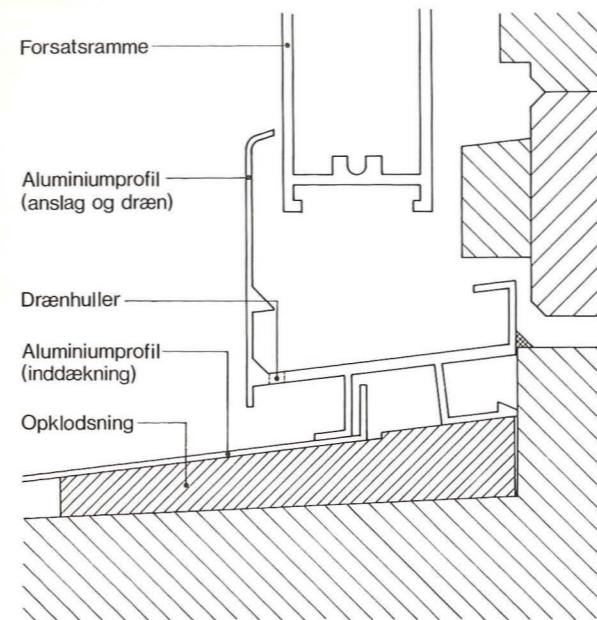


Figur 37. Vandret snit i inddækning af sidekarm, 1:1.

lighed for at afprøve komponenternes og samlingernes anvendelighed.

Det var forudsat, at inddækningsprofilerne skulle samles på fabrik i rammer, der kunne fastgøres til forud monterede vinkelprofiler på karmen. Ved underkarme skulle profilkanten fastholdes usynligt med hafter.

Prøvemontagen viste imidlertid, at arbejdet ikke kunne udføres tilstrækkelig nøjagtigt med den oprindeligt projekterede fremgangsmåde. Det blev derfor besluttet at opgive hafteløsningen og i stedet fastskruer profiler i underkarme med synlige, indfarvede skruer.



Figur 38. Lodret snit i inddækning af underkarm. Aluminiumprofil er fastholdt med synlige skruer, 1:1.

Desuden viste prøvemontagen et mindre hul i hjørnesamlingen forinden ved drænprofilen. Hullet blev lukket med silicofugemasse og blev ellers undgået i den videre udførelse.

#### Montage

Montagen blev foretaget, dels fra et rullestillads, dels indefra.

Vinkelprofilerne til fastgørelse af inddækningsprofilerne blev monteret først sammen med de nederste inddækningsprofiler, der blev opklodset med PVC-kiler på underkarmen. Dernæst blev de lodrette U-samleprofiler og de øvrige vinduesinddækningsprofiler monteret. Til sidst blev forsatsrammen monteret, idet drypnæsen af træ på den eksisterende vinduesramme først blev høvlet 3-5 mm ned.

Ventilationsklapperne, der som nævnt måtte tilpasses, blev afmonteret, og inddækningsarbejdet blev udført på værktøjssted.

Fremgangsmåden ved montagearbejdet som helhed afveg fra det forudsatte, hvor der var regnet med, at inddækningen af vindueskarmen skulle foregå i én operation. Ændringen skyldtes, at bundprofilen, for at kunne tåle større belastninger, måtte understøttes relativt mange steder med PVC-kiler.

Denne opklodsning er vanskelig at foretage, hvis profilerne er samlet i én ramme.

Hvis profilerne ekstruderes og herved får en større godstykkelse, vil det være muligt at undgå denne opklodsning.

På de første vinduer blev skruerne, der fastholder inddækningen til underkarmen, spændt for kraftigt til, og aluminiumpladen blev deformeret. Bortset fra denne detalje forløb montagearbejdet uden problemer af betydning.

#### Praktiske erfaringer

Demonstrationsprojektet omfattede indgangsfacaden på en enkelt opgang, og interessen blandt de berørte beboere var

stor. Efter et orienterende møde med administrationen og beboerrepræsentanterne blev der givet fuld tilslutning til forsløget.

Den positive holdning kan forklares ved flere klager over trækgener fra vinduerne. Ønsket om at spare energi og udgifter til vedligeholdelse var også udtalt.

Arbejdet blev udført i sidste uge af januar og første uge af februar 1983, efter at de berørte beboere var blevet orienteret ved et forudgående møde.

I arbejdsperioden blev der holdt byggemøder med deltagelse af beboerrepræsentanter.

I en enkelt lejlighed på 2. sal blev der indbygget følere (såkaldte fugtmålerondeller) til måling af temperatur og fugtighed i træværket bag aluminiumbeklædningen.

I løbet af den sidste del af vinteren blev der konstateret dug på forsatsrammens glas ved to vinduer. Årsagen hertil må antagelig være mangelfuld tætning mellem eksisterende ramme og karm, så rumluften trænger ind mellem den eksisterende ramme og forsatsrammen og kondenserer på indersiden af forsatsrammen.

Generelt blev der klaget over, at de nye skudrigler var svære at betjene. Problemet blev løst ved at fjerne en fjeder og gøre knoppen lidt større.

#### Økonomi

#### Investering

På grund af arbejdets karakter og demonstrationsprojektets beskedne omfang - vinduesbånd ca. 75 m<sup>2</sup> - blev fremstillingen af komponenterne og montagen overdra-

get til Dansk Lukningsentreprise A/S uden afholdelse af licitation. Prisen for dette arbejde samt de beskrevne forarbejder var 91.500 kr. inkl. moms pr. 1.1.1983, eller ca. 1200 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd. Heri er ikke indregnet teknikerhonorar.

Det vil ikke være helt korrekt at anvende denne enhedspris ved en nærmere vurdering af økonomien i de udførte renoveringsarbejder. Dels er prisen belastet af engangsudgifter til prøvekomponenter og prøvemontage, dels vil et større projekt give en mere rationel fremstilling og montage. For et projekt til flere blokke i den givne bebyggelse skønnes det, at enhedsprisen vil komme ned på 1000 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd. Da det næppe vil være muligt at anvende standardløsninger i et større omfang, bør der regnes med et tillæg for teknikerhonorar på ca. 100 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd, dvs. en samlet investering på 1100 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd.

#### Anslåede besparelser

Det beskrevne arbejde medfører ændring på en række punkter af økonomisk betydning for beboerne:

- varmeudgifterne nedsættes
- vedligeholdelsesudgifterne nedsættes
- isoleringsrudernes levetid forlænges
- træværkets levetid forlænges.

I det følgende søges de nævnte punkter nærmere belyst, hvorefter økonomien bag de to metoder - den traditionelle vedligeholdelse og renovering af vinduerne, og demonstrationsprojektet - sammenlignes.

#### Varmeudgifterne

Varmetabet reduceres ved, at fugetabet nedsættes og k-værdien forbedres.

Fugetabet nedsættes først og fremmest ved justeringen af rammerne og udbedringen af tætningslisterne. Kalfatringsfugeterne var alle intakte.

Energibesparelsen skønnes at svare til en nedsættelse af luftskiftet i lejligheden på 0,05 gange i timen. Med en energipris på ca. 0,40 kr. pr. kWh kan den årlige reduktion af varmeudgifterne pr. lejlighed beregnes til:

$$Q_v = 0,34 \cdot V \cdot n \cdot GD \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot 0,40 \text{ kr.}$$

hvor

$$0,34 = \text{luftens specifikke varmekapacitet} \cdot \text{densiteten (Wh/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C)},$$

$$V = \text{lejlighedens bruttovolumen (m}^3\text{)} \\ = 200 \text{ m}^3,$$

$$n = \text{luftskiftets nedsættelse (h}^{-1}\text{)} \\ = 0,05 \text{ h}^{-1},$$

$$GD = \text{graddagetallet } (\Sigma\Delta t \cdot \text{døgn)} \\ = 3000 \text{ (}^\circ\text{C døgn)},$$

$$24 = \text{antal timer i døgnet (h/døgn), dvs.}$$

$$Q_v = 0,34 \cdot 200 \cdot 0,05 \cdot 3000 \cdot 24 \\ \cdot 0,001 \cdot 0,40 \text{ kr.} = 100 \text{ kr.}$$

Da der er ca. 12 m<sup>2</sup> vinduesbånd pr. lejlighed, bliver besparelsen pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd (vinduer inkl. lemme og mellemstykker) ca. 10 kr. årlig.

Med den beskrevne vinduesform kan k-værdien for vinduerne før og efter monteringen af forsatsrammer anslås til:

$$k_{\text{før}} = 3,0 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$k_{\text{efter}} = 2,0 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta k = 1,0 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Det skønnes, at luftcirkulationen i mellemrummet mellem forsatsramme og vin-

duesramme svarer til den, man finder for traditionelle koblede rammer.

Varmeudgifternes årlige nedsættelse som følge af den forbedrede k-værdi kan på tilsvarende måde beregnes og bliver pr. m<sup>2</sup> vindue:

$$Q = \Delta k \cdot GD \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot 0,40 \text{ kr.} \\ = 1,0 \cdot 3000 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot 0,40 \text{ kr.} \\ = 29 \text{ kr.}$$

Idet vinduesarealet udgør 80 pct. af vinduesbåndets areal, bliver besparelsen pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd: 0,8 · 29 kr. = ca. 25 kr. årlig.

Den samlede årlige nedsættelse af varmeudgifterne udgør hermed ca. 35 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd.

#### Vedligeholdelsesudgifterne

Disse udgifter omfatter for den hidtidige vindueskonstruktion en udvendig overfladebehandling af træværk hvert 5. år, løbende udskiftning af tætningslister og beslag, samt en genopretning af nedbrudt træværk i forbindelse med overfladebehandlingen.

En overfladebehandling omfattende afrensning og to gange strygning med et træbeskyttelsesmiddel er, inkl. let stillads og moms, kalkuleret til 375 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd.

Fordelt over 5-års perioden svarer det til en årlig udgift på ca. 75 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd.

Udgifterne til den løbende vedligeholdelse af beslag, tætningslister m.m. er vanskelige at beregne. Beløbene er antagelig små i forhold til de øvrige poster, og selv om de må påregnes at blive lidt større, når der monteres udvendige for-

satsrammer, er der set bort fra denne forskel i den endelige sammenligning.

Den ved renoveringen anvendte aluminium er ovnlakeret fra fabrik. Erfaringerne tyder på, at denne behandling kan holde uden egentlig vedligeholdelse i ca. 20 år.

Ved demonstrationsprojektet var det ikke nødvendigt at foretage nogen form for genopretning af træværk, inden den udvendige beklædning blev monteret, da alt træ var stærkt og sundt.

Glaslisternes udformning og glasisætningen med termokit rummer imidlertid på længere sigt en risiko for nedbrydning af vinduesrammen, hvis der ikke opsættes beklædning. En udskiftning af glaslister og montering af fugebånd måtte i så fald påregnes inden for en overskuelig årrække.

Udgiften pr. m<sup>2</sup> vindue til dette arbejde er beregnet til 200 kr. inkl. moms. Fordelt over hele vinduesbåndets areal svarer det til  $0,8 \cdot 200 = 160$  kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd. Denne sparede engangsudgift indregnes i sammenligningen som en sparet investering.

#### Isoleringsrudernes levetid

En isoleringsrudes levetid, dvs. indtil det tidspunkt hvor den dugger, er afhængig af en række faktorer, hvis indbyrdes betydning ikke er belyst. Ud over fremstillingsprocessen, der erfaringsmæssigt har vist sig at have stor indflydelse på holdbarheden, har glasisætningsmetoden og temperatur- og fugtpåvirkningerne stor betydning. Sollysets nedbrydning af sammenklæbningen af glaslagene kan også spille en rolle.

Den påmonterede forsatsramme fjerner regnpåvirkningerne fra isoleringsruden og

nedsætter temperaturforskellen imellem rudens to lag glas. Desuden skærmes i et vist omfang mod sollyset. Hvor afgørende betydning disse forbedringer har på isoleringsrudens levetid, kan ikke siges med sikkerhed. I denne beregning er der skønnet en forlængelse af levetiden fra 15 til 20 år.

Udskiftning af isoleringsruder er kalkuleret til 600 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd inkl. moms. Forlængelsen af levetiden betyder en årlig besparelse i vedligeholdelsesudgifterne på  $\frac{600}{15} - \frac{600}{20} = 10$  kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd.

#### Træværkets levetid

Ligesom for isoleringsruderne vil det være vanskeligt at vurdere, hvor meget foranstaltningerne forlænger træværkets levetid. Det er antaget, at forlængelsen i dette tilfælde er forholdsmæssigt større, nemlig fra 40 år til 60 år.

Sættes værdien af vinduespartiet uden glas til 2000 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd inkl. moms, opnås en årlig fordel i afskrivningen på  $\frac{2000}{40} - \frac{2000}{60} = \text{ca. } 15$  kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd.

#### Samlet årlig besparelse

Med udgangspunkt i de opstillede forudsætninger, der, som det fremgår af ovenstående, er behæftet med visse usikkerheder, kan den årlige besparelse ved demonstrationsprojektet opgøres.

Årlig besparelse pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd:

Mindre opvarmning	35 kr.
Mindre vedligeholdelse	75 kr.
Termorudernes længere levetid	10 kr.
Træværkets længere levetid	15 kr.
i alt	135 kr.

Den samlede besparelse pr. år bliver 135 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd.

#### Tilbagebetalingstid

Tilbagebetalingstiden T er den tid, det tager ved hjælp af de opnåede besparelser at tilbagebetale investeringen, uden hensyn til renteomkostninger. Tilbagebetalingstiden giver derfor kun en grov rettesnor for lønsomheden af et efterisoleringsprojekt.

Tilbagebetalingstiden fås ved at dividere nettoinvesteringen med den årlige besparelse. I dette tilfælde er nettoinvesteringen 1100 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd minus det til genopretning af glaslister sparede beløb på 160 kr. pr. m<sup>2</sup> vinduesbånd. Heraf fås:

$$T = \frac{1100 - 160}{135} = 7 \text{ år.}$$

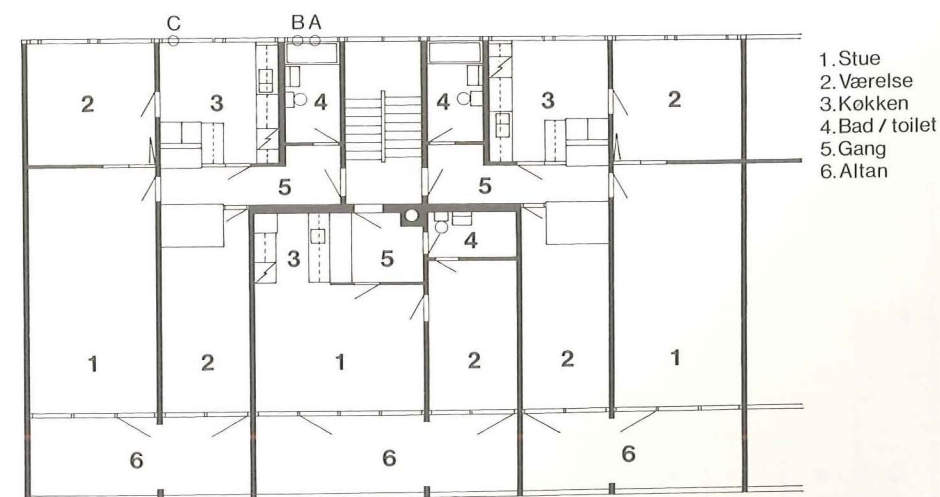
#### Fugtmålinger

Når trævinduer inddækkes med metalprofiler, er der en risiko for opfugtning af træet, hvis hulrummet mellem træ og me-

talprofil ikke er tilstrækkeligt ventileret. Indefra kommende fugt vil kunne kondensere på bagsiden af metalprofilerne, og slagregn vil kunne trænge gennem eventuelle utætheder i metalinddækningens samlinger. Specielt hjørnesamlinger ved vinduets bund er udsatte for vandpåvirkning, og der er derfor her en ekstra risiko for opfugtning af underliggende træ.

For at følge fugtindholdet i trækarmene er der i en enkelt lejlighed boret fugtmålerondeller ind i underkarme tre steder. Den ene rondel sidder i køkkenet (C) (i det ene hjørne af underkarmen), de to andre i toilettet, dels i midten af underkarmen (A), dels i det ene hjørne (B), se figur 39. Fugtmålerondellerne i hjørnerne vil især registrere eventuel opfugtning som følge af slagregn fra syd-øst.

En fugtmålerondel består af en cirkulær krydsfinerskive med en diameter på 50 mm. Den elektriske modstand kan måles imellem to metalstifter, som har deres uisolerede spidser i det midterste lag krydsfiner. Den elektriske modstand i træet mellem metalstifterne afhænger af træets fugt-



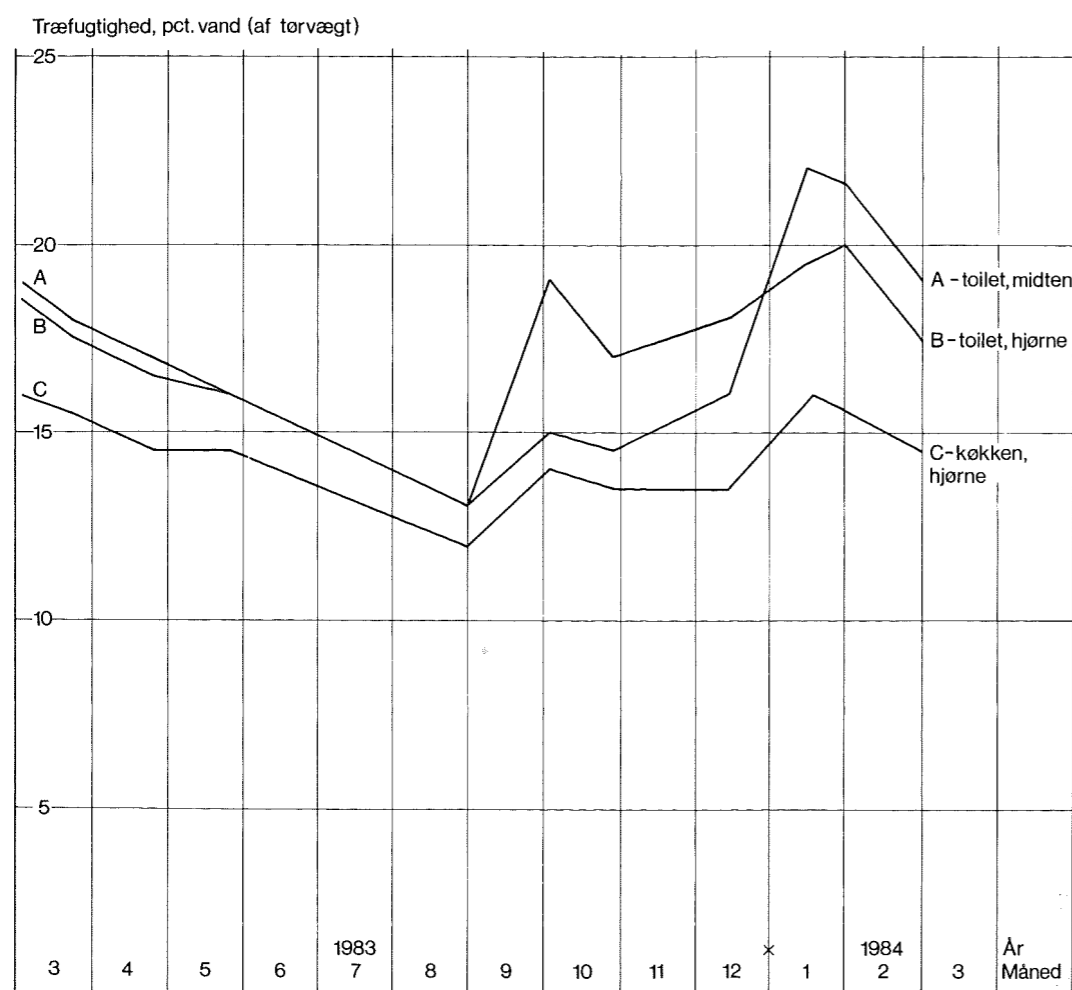
Figur 39. Etageplan med angivelse af placering af fugtmålerondeller til bestemmelse af fugtindholdet i trævinduernes underkarme.

indhold, idet modstanden falder med stigende fugtindhold. Fugtmålerondellerne er kalibreret i laboratoriet, og fugtindholdet i træet kan derfor bestemmes umiddelbart ved måling af modstanden mellem metalstifterne. Da modstanden er noget temperaturafhængig, foretages der en korrektion efter temperaturen på målestedet.

Fugtindholdet i fugtmålerondellerne - og dermed i underkarmen - er målt med jævne mellemrum. Fugtindholdets variation gennem året fremgår af figur 40.

Fugtindholdet i træværket er afhængigt af flere parametre, men vil principielt indstille sig i ligevægt med den relative luftfugtighed ude, og vil derfor være højere om vinteren end om sommeren. Derudover kan som tidligere nævnt slagregn og indefra kommende fugt påvirke fugtindholdet.

Den 30.1.84 blev der foretaget en grundig inspektion og undersøgelse af vinduerne. Fugtindholdet i underkarmen i nr. 79, 2.th. blev målt med de indbyggede



Figur 40. Fugtindhold i vinduernes underkarme målt i køkken (C) og to steder i toilet (A), midt i karmen og (B) i hjørnet.

fugtmålerondeller. I nr. 79, st.tv. blev inddækningen fjernet fra underkarm og sidekarm, og fugtindholdet blev målt med en elektrisk træfugtighedsmåler (Protimeter-Timbermini), hvor man som ved fugtmålerondellerne måler den elektriske modstand i træet mellem to metalstifter. De målte fugtindhold er vist på figur 41. Træværket under inddækningen virkede tørt og pænt, og det målte fugtindhold var også lavt. Der var ikke spor efter vandindtrængen eller kondensdannelser.

Til sammenligning målttes fugtindholdet i et ikke afdækket vindue i toilettet i lejligheden i nr. 81, st.th. og i trappeopgangen i nr. 79 ud for 1. sal. Samtlige resultater er vist på figur 41. Fugtindholdet i træværk i de inddækkede vinduer er klart lavere end fugtindholdet i træværk i vinduer, der ikke er inddækket.

Vinduer	Træfugtighed, pct. vand		
	Underkarm	Sidekarm	Vinduesramme
Med inddækning			
Toilet 79, 2.th.	20-21		
Køkken 79, 2.th.	15		
Køkken 79, st.tv.	13-14	14-15	
Uden inddækning			
Toilet 81, st.th.	26-28	14-15	18-19
Trapperum 79, 1.,	18-28		23-26

Fig. 41. Fugtindhold i træværk i vinduer med og uden inddækning. Fugtindhold i nr. 79, 2.th. er målt med de indbyggede fugtmålerondeller. De øvrige steder er der målt med elektrisk fugtighedsmåler (Protimeter-Timbermini). Målingerne er foretaget d. 30.1.1984.

1. Varmeisolerende vinduesskodder. Torben Esbensen og Christian P. Skjoldborg. SBI-rapport 138. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm. 1982.
2. Komponenter til udvendig facadeisolering. Mogens Nørregaard, Georg Christensen og Johannes Ewald. SBI-rapport 157. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm. 1984.
3. Isoler nu. Nils Erik Andersen et al. 2. rev. udg. SBI-anvisning 100. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm. 1979.
4. Merisolering af flade tage. 4. udg. TOR-anvisning 11. Tagpapbranchens Oplysningsråd. Virum. 1984.

SBI-report 162: Upgrading of buildings combined with post insulation work

In this report is shown how energy saving measures regarding the building envelope often may be combined with renovation work, which should have been done in any case for one reason or the other. The different parts of the building envelope are analyzed and possible measures are described. In order to demonstrate the idea a pilot project has been carried

out. Here a number of windows in a 14 years old block of flats have been furnished with exterior aluminium frames with one layer of glass. In this way the wooden windows have been protected and energy savings have been obtained by increasing the number of window panes from two to three. In the report it has been calculated that the pay-back period in this case will be approximately seven years.

Rapporten belyser muligheder for at kombinere bygningsrenovering og efterisolering. Der bringes en kortfattet analyse af forskellige bygningsdele: tage, ydervægge, vinduer og dæk mod krybekælder eller terræn. Et demonstrationsprojekt viser, hvordan vinduer, der er i god stand, kan forsynes med en beklædning og forsatsrammer, så der opnås længere levetid, mindre vedligeholdelse og nedsat energiforbrug til opvarmning. Rapporten henvender sig især til boligselskaber, husejere og teknikere. Projektet er et led i energiministeriets program for udbygning af dansk energiforskning og -udvikling.