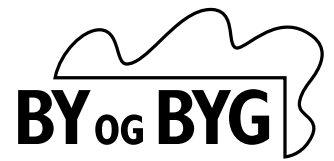
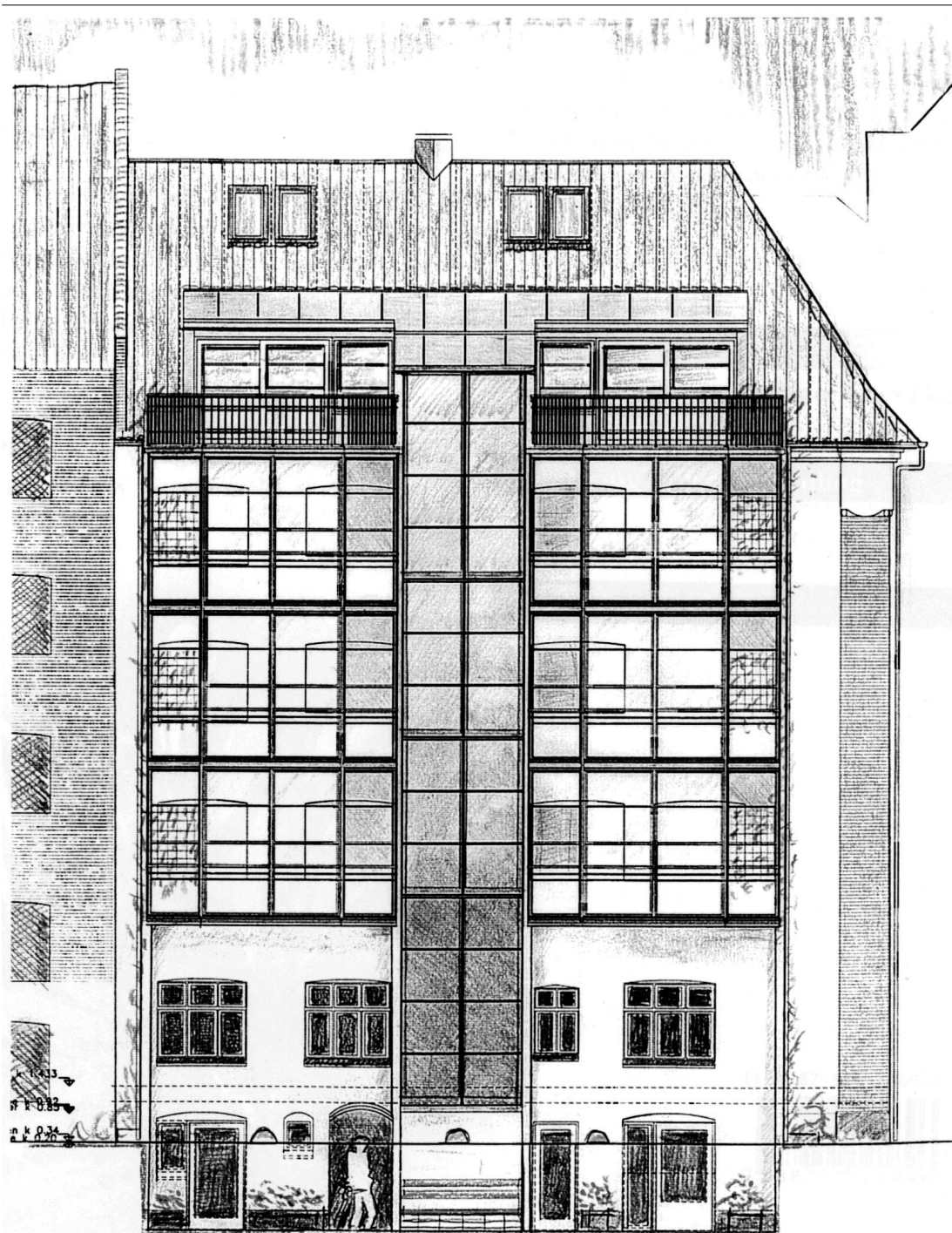


# Facaderenovering med glas

Resultater



Statens Byggeforskningsinstitut  
Danish Building and Urban Research



# Facaderenovering med glas

Resultater

Kim B. Wittchen

Titel	Facaderenovering med glas
Undertitel	Resultater
Serietitel	By og Byg Resultater 005
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2001
Forfattere	Kim B. Wittchen
Sprog	Dansk
Sidetæl	19
Litteratur- henvisninger	Side 19
English summary	Side 17-18
Emneord	Bygningsfornyelse, energibesparelse, glasfacader, uderum, solvægge, altaner, luftskifte, etageejendomme, facaderenovering
ISBN	87-563-1073-0
ISSN	1600-8049
Pris	Kr. 62,50 inkl. 25 pct. moms
Tegninger	Byens Tegneste ApS og Ove Nesdam
Fotos	Michael Varming og Kim B. Wittchen
Forside	Byens Tegneste ApS
Tryk	J. H. Schultz Grafisk A/S
Udgiver	By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut, P.O. Box 119, DK-2970 Hørsholm E-post <a href="mailto:by-og-byg@by-og-byg.dk">by-og-byg@by-og-byg.dk</a> <a href="http://www.by-og-byg.dk">www.by-og-byg.dk</a>

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *By og Byg Resultater 005: Facaderenovering med glas. Resultater. (2001)*

# Indhold

Forord .....	4
Indledning .....	5
Sammenfatning og konklusioner .....	6
Forsøgsbyggeriet .....	7
Uderum .....	8
Solvæg .....	8
Projektets hypoteser .....	9
Fremgangsmåde .....	11
Resultater .....	12
Arkitektonisk vurdering .....	12
Beboerundersøgelse .....	12
"Inde" klima .....	12
Energiforbrug .....	13
Beregnet energibesparelse .....	13
Registreret energiforbrug .....	14
Ventilation .....	14
Dagslysforhold .....	15
Summary .....	17
Referencer .....	19

# Forord

Projektet er en del af et samlet, flerårigt forskningsforløb, der begyndte med et EFP-projekt (Energiministeriets Forsknings Program), hvor ni eksempler på nye glasfacader i renoveringen af ældre etageboligbyggeri er analyseret. Analysen viser en lang række fordele ved glasinddækkede uderum, men udpeger også væsentlige fejl og mangler, som bør undgås ved fremtidige glas-tilbygninger. Resultaterne af EFP-projektet er rapporteret i SBI-rapport 286 "Nye glasfacader i ældre etageboligbyggeri".

Forsøgsprojektets formål var at vise, hvordan der kan opnås forøget komfort og højere brugsværdi af uderummene samtidig med, at energigevinsten optimeres eller sikres. Forsøgsprojektet er gennemført i tre faser: 1. Projektering og konceptudvikling, 2. Opførelse samt 3. Målinger og evaluering. De to første faser er rapporteret i: "Facaderenovering med glas - et forsøgsbyggeri i ældre etageboligbyggeri, Projekt Renovering, Projekt 189". Nærværende publikation beskriver resultaterne fra målingerne.

Målinger af ventilationsforholdene er gennemført af Niels C. Bergsøe, og dagslysforholdene af Jens Christoffersen, begge fra Statens Byggeforskningsinstitut.

Forsøgsprojektet er gennemført i et samarbejde mellem Statens Byggeforskningsinstitut og Byens Tegnastue ApS. Den byggetekniske projektering af renoveringen er udført af Byens Tegnastue ApS samt Kærsgaard & Andersen A/S. Solvæggen er projekteret af Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S.

Bygge- og Boligstyrelsen har, inden for rammerne af Projekt Renovering, ydet økonomisk støtte til forsøget, herunder projektering og opførelse af glasinddækkede uderum og solvæg samt målinger og afrapportering.

By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut  
Afdelingen for Energi og Indeklima  
Januar 2001

*Erik Christophersen*  
Forskningschef

# Indledning

I et tidligere EFP-projekt har Statens Byggeforskningsinstitut analyseret ni ældre etageboligbyggerier, som har gennemgået en renovering og fået tilføjet nye glasinddækkede uderum (Svensson & Wittchen, 1997) og (Wittchen & Svensson, 1999). Projektets formål var - ud fra en helhedsbetragtning - at redegøre for, hvorledes man ved renovering med nye glasfacader og glastilbygninger i ældre etageboligbyggeri, udover bygningsmæssig forbedring og lave vedligeholdelsesomkostninger, kan opnå energibesparelser. Som noget særligt blev de brugsmæssige forhold og arkitekturen vurderet - disse forhold må antages at have stor betydning ved valget af energibesparende løsninger i renoveringsprojekter. Projektet tog særligt sigte på etageboligbyggeri fra omkring århundredskiftet, som det findes i Københavns brokvarterer og i landets større byer i øvrigt, men resultaterne må betragtes som alment gyldige.

EFP-projektet viste, at der er en lang række fordele ved glasinddækkede uderum i forbindelse med renovering af ældre etageejendomme. Beboernes udsagn om, hvad der er de største fordele ved glasudermene er helt sammenfaldende: Lys, luft og mere plads. I en samlet vurdering er der kun enkelte, der er utilfredse og ganske få, som er ligeglade med deres uderum. Praktisk taget alle beboerne er tilfredse eller endog meget tilfredse med uderummene.

Undersøgelserne i EFP-projektet viste således, at en række løsninger og problemer i forbindelse med glasuderum kræver særlig opmærksomhed.

Disse kan opdeles i 3 kategorier - tekniske, brugsmæssige og arkitektoniske:

- Energibesparelsen lever ikke op til forventningerne. Glasudermene bliver under visse omstændigheder uudholdeligt varme. Ventilationen af de bagvedliggende rum kan være utilstrækkelig
- Det er som regel umuligt for beboerne selv at pudse vinduer, og det er meget vanskeligt og dyrt med professionelle vinduespudsere. Der er i visse tilfælde gener på grund af indkig. Det kan i nogle projekter være vanskeligt at udnytte uderummet optimalt på grund af dets form eller størrelse
- Generelt finder beboerne, at såvel ejendommen som lejligheden er blevet smukkere og bedre ved renoveringen med glasuderum. Et panel af arkitekturanmeldere har imidlertid vurderet de ni projekters arkitektur og har mere differentierede synspunkter herom.

På denne baggrund er der etableret et forsøgsbyggeri i Brandstrupsgade 14 i Aalborg, hvor konklusionerne fra EFP-projektet er blevet inddraget med henblik på at afhjælpe de problematiske forhold.

Denne publikation viderebringer erfaringer og resultater fra forsøgsbyggeriet, med etablering af glasinddækkede uderum og solvæg til forvarmning af ventilationsluft i en ældre etageejendom. Der er udført seks glasinddækkede uderum og tilslutning af solvæg til otte lejligheder. Ejendommen har desuden gennemgået en almindelig bygningsfornyelse med udskiftning af tag, installation af badeværelser og udskiftning af køkkener.

## Sammenfatning og konklusioner

Projektet viste, at det er muligt at imødegå de typiske fejl og mangler, som ofte ses i forbindelse med glasinddækkede uderum, med praktiske løsninger, information til beboerne og omhyggelig projektering. De etablerede uderum er forbedret på en række punkter uden at prisen er øget i forhold til de tidligere, analyserede eksempler (Svensson & Wittchen, 1997) og (Wittchen & Svensson, 1999).

Sommertemperaturene på altanerne kan holdes på et moderat niveau ved at etablere naturlig ventilation og solafskærmning på altanerne samt sikre maksimal vinduesåbning. Temperaturen kan således holdes på et niveau mindre en 5 °C over udetemperaturen i ca. 73 % af de varme dagtimer i en varm sommerperiode. I blot 1 % af de varme dagtimer behøver temperaturen på altanen at være mere end 10 °C over udetemperaturen. Dette må anses for at være meget tilfredsstillende, idet disse temperaturer er opnået i perioder, hvor solen står direkte på uderummene. Beboerne kan hurtigt reducere temperaturen yderligere, når de vender hjem til lejligheden ved at åbne halvdelen af uderummets facade.

Det tyder således på, at målsætningen om, at der skal kunne opretholdes en passende temperaturer i uderummene er opfyldt.

Der er registreret en energibesparelse på 26 % i forhold til det gennemsnitlige forbrug af fjernvarme før renoveringen. Energibesparelsen er opnået ved at opføre glasinddækkede altaner og solvægge på ejendommens sydvendte gårdfacade, ved at udskifte vinduerne og ved at opsætte energialarmer på altanerne.

Modelberegninger viste en besparelse på 36 % af opvarmningsbehovet (ekskl. varmt vand) for en midterlejlighed. Sammenholdes dette med den registrerede besparelse på 26 % af det samlede forbrug af fjernvarme (inkl. varmt vand), må det konkluderes, at målet for energibesparelsen er rigeligt opfyldt.

Det er ikke muligt at vurdere om energibesparelsen vil holde sig på sit nuværende niveau fremover, men det må forventes, at kombinationen af oplysning til beboerne og energialarm kan bidrage til dette.

Luftskiftet i lejlighederne er sikret ved at etablere mekanisk udsugning fra de nyetablerede badeværelser. Erstatningsluften hentes i første omgang fra den øvrige lejlighed. De etablerede åbninger mellem lejligheden og solvæggen henholdsvis uderummet sikrer, at en stor del af den friske erstatningsluft hentes herfra som forvarmet luft. Denne konstruktion er med til at sikre et lavt energiforbrug.

Størrelsen af luftskiftet i lejlighederne er øget som følge af, at der i forbindelse med renoveringen er etableret mekanisk udsugning fra de nye baderum. Målet om ikke at reducere luftskiftet ved renoveringen må således anses for at være opfyldt.

Dagslysforholdene er som forventet reduceret ved at etablere altanerne på gårdfacaden. I lejlighederne til venstre kompenserer den nye glasdør til dels for den reducerede dagslysmængde. Døren er etableret i gavlen imod Mølle Plads for at give adgang til de nye åbne altaner.

Dagslysniveauet i køkken/alrum er reduceret med ca. 75 % i forhold til forholdene i det tidligere soverum. Dette er forventeligt, idet der dels er tilføjet et udhæng over vinduerne og dels er tilføjet et ekstra glaslag som dagslyset skal passere, inden det når rummene. Med en bevidst brug af persienerne i uderummene er det dog muligt at bringe dagslys helt ind til bagvæggen af rummene, om end dette også medvirker til at reducere det totale dagslysniveau.

## Forsøgsbyggeriet

Brandstrupsgade 14 (matr. nr. 496 Aalborg bygrunde) var en del af den almindelige byfornyelse og er i henhold til tilstandsvurderingen istandsat hvad angår tag, facader, fri gavl, fundamenter og grundmur samt forbedret ved installation af bad og nye køkkener. For at skabe ekstra plads til toilet og bad i de små lejligheder blev den gamle bitrappe sløjfet og hovedtrappen udskiftet med en tidssvarende brandsikker trappe. Gavlen, som vender imod Mølle Plads, var stumpet afskåret på grund af et for længst nedrevet hus langs Rantzausgade. Den stumpe afskæring blev rettet op ved renoveringen, og der blev etableret altaner med trekantet grundplan. Lejlighederne i Brandstrupsgade 14 til venstre har således fået vinduer i flere retninger og udsigt over et af Aalborgs attraktive torve. Ved renoveringen er lejlighedsplanen revideret således, at soverummet er flyttet fra gårdsiden til den rolige gadeside. På øverste etage er der etableret nye lejligheder i halvanden etage og med åbne altaner. Renoveringen af ejendommen er gennemført over sommeren 1998 med ibrugtagning i oktober måned.



Den syd-sydvest vendte gårdfacade på Brandstrupsgade 14, Aalborg, før renoveringen.

Forsøgsprojektet omfattede, ud over den almindelige byfornyelse, glasinddækkede uderum og glasinddækning (solvæg) af den del af gårdfacaden, som ligger mellem uderummene.

For yderligere detaljer om projektet henvises til "Facaderenovering med glas - et forsøgsbyggeri i ældre etageboligbyggeri. Projekt Renovering - projekt 189." (Svensson & Wittchen, 2000).





Gadefacaden og gavlen af Brandstrupsgade 14 set fra Mølle Plads, før renoveringen.

### **Uderum**

Der er opført glasinddækkede altaner, som dækker gårdfacaden på hver side af den gamle bitrappe ud for lejlighederne på 1. til 3. sal. Gårdfacaden vender imod syd-sydvest og er delvist eksponeret mod Rantzausgade, men skærmet af et tæt hegn. På gårdfacaden er der opført fire betonvanger, som bærer de nye glaslukkede altaner. Altandækkene er ligesom vangerne udført i beton. De tunge konstruktioner og den tunge eksisterende gårdfacade medvirker til at reducere temperaturvariationerne i uderummet.

I vangerne er udspærret åbninger umiddelbart over altandækket i den side, som vender væk fra solvæggen. Tilsvarende er der lavet en udsparring i undersiden af altandækket. De to åbninger er dækket af en justerbar tallerkenventil henholdsvis en metalrist og skaber muligheden for naturlig ventilation af uderummet, også når beboerne ikke er hjemme.

I hele uderummets facade er der benyttet det såkaldte Balancevindue, som tillader, at halvdelen af facadens areal kan skydes op eller ned. Ventilationen af uderummene kan således øges markant, når beboerne er hjemme.

I projektet er der medtaget solafskærmning i form af indvendige metalpersienner. Persiennerne kan benyttes til:

- at reducere solindfaldet i varme perioder
- at reflektere dagslys længere ind i rummene
- at hindre indkig.

### **Solvæg**

På facaden af den gamle bitrappe, mellem de to altantårne, er der etableret en solvæg til forvarmning af ventilationsluft. Solvæggen er inddelt i otte celler således, at hver lejlighed har sin egen celle.

Der er et ca. 40 cm dybt hulrum mellem glasset og bagvæggen. Luften kommer ind i solvæggen gennem en gælleplade i bunden af hver celle og passerer herfra ind i lejligheden. Hvor det var konstruktivt muligt, kommer luften fra solvæggen ind i lejlighederne bag radiatoren i køkken/alrummet. Her kan den tilføres en sidste opvarmning og trækgener kan hindres. I de øvrige lejligheder tilføres luften til lejlighederne via en tallerkenventil nær gulvet i køkken/alrummet.



Gårdfacaden på Brandstrupsgade 14, Aalborg, efter at der er opført to tårne med glasinddækkede altaner på hver side af solvæggen.

## Projektets hypoteser

Erfaringer viser, at der kan opnås en meget høj grad af tilfredshed blandt beboerne, når de inddrages aktivt i projekteringen af deres glasinddækkede uderum og i øvrigt er grundigt informeret om, hvordan man benytter dem korrekt. På denne baggrund er første hypotese:

- *En høj brugsværdi kan opnås ved at inddrage beboerne direkte i projektet, informere grundigt og muliggøre individuelle hensyn.*

Erfaringer viser også, at energigevinsten ved passiv solvarmeudnyttelse i glasinddækkede uderum ikke lever helt op til forventningerne. Energiforbruget har en tendens til at falde umiddelbart efter renoveringen for derefter at stige lidt igen og stabiliseres på dette niveau. Den utilstrækkelige energigevinst skyldes dels tekniske forhold og dels, at uderummets energimæssige muligheder ikke udnyttes optimalt. På denne baggrund er den anden hypotese:

- *Energibesparelsen kan optimeres eller sikres på langt sigt ved enkle reguleringsmekanismer, omhyggelig projektering og information til beboerne.*

Hypoteserne er udmøntet i følgende delmål:

1. *at der kan opretholdes en passende temperatur ved selvvirkende foranstaltninger i glasuderummet i og uden for brugstiden.*

Når glasuderummet ikke er i brug, må der i varme perioder påregnes en temperatur, der er noget højere end udetemperaturen. Når beboerne ønsker at benytte uderummet, skal de dog hurtigt kunne nedbringe temperaturen til et acceptabelt niveau ved at åbne glasfacaden. I uderummets facader er der benyttet det såkaldte Balancevindue, som tillader åbning af halvdelen af facadens areal.

I glasuderummets facade er der desuden indbygget justerbare åbninger, som giver mulighed for naturlig ventilation af uderummet, også uden for brugstiden.

*2. at demonstrere, at der kan opnås store energibesparelser og indeklimamæssige forbedringer i forbindelse med renoveringen. Der sigtes imod besparelser på 10 % af opvarmningsbehovet ved glasinddækkede uderum alene og yderligere 5-10 %, hvor der også etableres solvægge på den resterende del af facaden.*

Energibesparelsen er søgt opnået ved at etablere glaslukkede uderum og en solvæg, som tilsammen dækker 80 % af ejendommens gårdfacade og skaber et mildere klima ved denne facade. Der er etableret mekanisk udsugning fra de nye badeværelser som krævet i BR-95. Dette har øget luftskiftet, men der er delvist kompenseret for det forøgede varmetab ved at hente erstatningsluften fra uderummet eller solvæggen.

Energibesparelsen er yderligere søgt sikret ved beboernes aktive deltagelse. En energibevidst brug af uderummene er søgt understøttet hos beboerne ved at opsætte nyudviklede energialarmer og at udarbejde en manual om rigtig brug af uderummet og solvæggen (Herskind, 1999).

Energialarmen bygger på en standardenhed til kontrol af døråbning, som er sammenbygget med en standard Danfoss termostat. Termostaten deaktiverer registreringen af dørstillingen ved en omgivelsestemperatur over sætpunktet. Temperaturføleren i termostaten er monteret under loftet på altanen. Den indbyggede brummer i dørføleren benyttes til at give et akustisk signal, når alarmen sætter ind, men kan om nødvendigt tilsluttes en ekstern klokke eller lignende. Alarmen lyder i 20 sekunder, når døren har stået åben i mere end 2 minutter og temperaturen på altanen er under indstillingen på termostaten.

Størrelsen af energibesparelsen søges eftervist ved at sammenligne fjernvarmeforbruget før og efter renoveringen samt ved simulering med tsbi3-programmet (Johnsen, Grau & Christensen, 1993) og (Wittchen, 1997). Desuden er de målte temperaturer i uderummene og solvæggen sammenholdt med udetemperaturen i tre repræsentative perioder af året.

## Fremgangsmåde

Der er gennemført målinger af temperaturen på de glasinddækkede altaner, i kanalen fra solvæggen til lejlighederne og i lejlighedernes køkken/alrum i to udvalgte perioder i sommeren 1999 (16.6.99 - 8.9.99) og i vinter/forår 1999-2000 (1.12.99 - 21.3.00). Målingerne er foretaget med minidataloggere, som registrerede temperaturen fire gange hver time. Sommermålingerne skulle afdække, om det er lykkedes at reducere overhedningsproblematikken i uderummene ved ventilation og solafskærmning. Vinter-/forårsmålingerne er brugt til at vurdere størrelsen af energibesparelsen på grund af forvarmning af ventilationsluften, dels i solvæggen og dels i uderummet. Desuden er det reducerede varmetab på grund af et "mildere" udeklima ved gårdfacaden bestemt.

Det termiske "inde" klima på de glasinddækkede altaner er analyseret ved brug af de registrerede temperaturer. De målte sommertemperaturer på altanerne er desuden benyttet til at vurdere mulighederne for solafskærmning og effektiv naturlig ventilation på altanerne.

Energiforbruget er registreret som forbruget af fjernvarme. Der foreligger udskrifter fra fjernvarmeselskabet siden fyringssæsonen 1989/90. Registreringerne er normaliseret i forhold til de aktuelle graddage og det opvarmede areal.

Der er gennemført målinger af luftskiftet i alle lejlighederne ved en passiv sporgasteknik (PFT) (Bergsøe, 1992 og 1994) både før og efter renoveringen. Det er således muligt at vurdere, hvilken indflydelse renoveringen har haft på ventilationen og dermed på energiforbruget til rumopvarmning. Side-løbende med sporgasmålingen er der gennemført en separat registrering af temperatur og luftfugtighed i lejlighederne og i udeluften.

Dagslysforholdene er målt før og efter renoveringen og dokumenterer effekten af de glasinddækkede altaner. I de enkelte lejligheder er der målt belyningsstyrker fra dagslyset til bestemmelse af dagslysfaktoren. Dagslysfaktoren er defineret som forholdet mellem den målte belyningsstyrke i et målepunkt i lejligheden og den samtidigt målte belyningsstyrke på en vandret flade i det fri med fri horisont og ved jævnt overskyet himmel. Belysningsstyrken er målt i en linje fra vinduesvæg til bagvæg på et vandret plan 0,85 m over gulvet. En fotocelle er fastgjort til et stativ, der successivt flyttes fra vinduesvæggen ind i rummet. Afstanden mellem målepunkterne er 0,5 m henholdsvis 1,0 m med den største afstand længst inde i rummet, hvor variationen i dagslysniveauet er mindst. Desuden er belysningsstyrken i et lodret plan målt umiddelbart indenfor vinduet og ved glasdøren til uderummet.

Ud over de målbare resultater fra forsøgsprojektet er emner som arkitektur, beboernes tilfredshed med uderummene og deres parathed til selv at betale for udvidelsen undersøgt ved en spørgeskemaundersøgelse.

Et panel, bestående af tre uvildige arkitekturanmeldere, har vurderet den arkitektoniske kvalitet af glasuderummene i særdeleshed og den renoverede ejendom i almindelighed.

# Resultater

Hovedresultaterne fra projektet fremgår af de følgende afsnit. Resultaterne fra arkitekturevalueringen og beboerundersøgelsen er behandlet mere summarisk end de egentlige måleresultater. En mere detaljeret gennemgang af disse resultater findes i "*Facaderenovering med glas - et forsøgsbyggeri i ældre etageboligbyggeri. Projekt renovering - projekt 189*".

## Arkitektonisk vurdering

Blandt de gode arkitektoniske momenter ved de nyopførte glastilbygninger peges på deres spinkle og grålakerede konstruktioner, som kan give sådanne tilbygninger lethed og anonymitet. Arkitekturpanelet finder desuden, at konstruktionen med det såkaldte Balancevindue - der betjenes let, og som åbner uderummet i hele dets bredde - er en elegant løsning. Yderligere er panelet meget positive i deres vurdering af lejlighedernes udvidelse med altaner og lyse, store uderum. Blandt de mere kritiske forhold peges på glastilbygningernes bærende vanger, som slører et ønskeligt indtryk af en enkel facade med glastilbygninger som selvstændige elementer.

## Beboerundersøgelse

I november 1997, forud for forsøgsbyggeriet, besvarede de seks husstande i Brandstrupsgade 14 et omfattende spørgeskema, som bl.a. spurgte, hvor meget de var villige til selv at betale for det glasinddækkede uderum. Fem af husstandene har svaret, at de ville finde en forøgelse af den månedlige boligudgift på kr. 200-300 rimelig, mens én ville finde kr. 400-500 rimelig. Det skal bemærkes, at kr. 200-300 er den beløbsramme, som indgik i beboernes beslutning om fornyelse af ejendommen, og at den på det givne tidspunkt svarer til 50 % af den samlede udgift til uderummet.

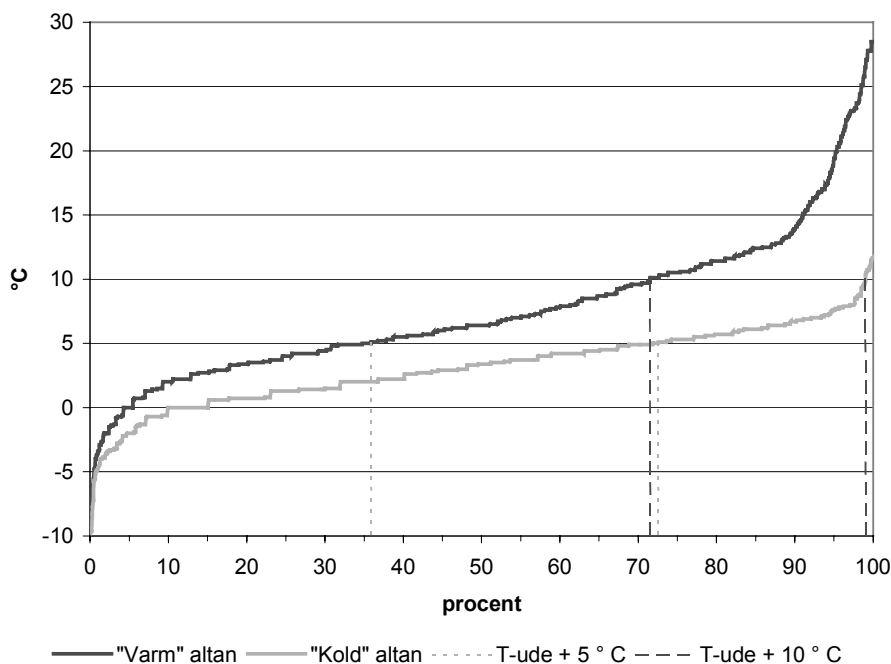
De seks husstande i Brandstrupsgade 14 er et meget lille grundlag for en sådan undersøgelse, og der blev sideløbende iværksat en større undersøgelse med 360 husstande i tilsvarende ejendomme i Aalborg og på Frederiksberg. Resultaterne kan kort sammenfattes som: Mindst 47 % af svarerne i Aalborg og mindst 57 % på Frederiksberg er parate til at betale mindst 200-300 kr. ekstra pr. måned for at få opført glasinddækkede uderum i forbindelse med deres boliger.

Beboernes udsagn om, hvad der er de største fordele ved uderummene, er helt sammenfaldende: Lys, luft, mere plads og nem adgang til det "fri". Glæden ved uderummene er stor og illustreres ved forskellige, men samstemmende udsagn om fordelene ved, at lejligheden midt i byen nu har et uderum, som kan sammenlignes med en have eller en terrasse i et enfamiliehus.

## "Inde" klima

Der er registreret store forskelle mellem temperaturen på de forskellige altaner i ejendommen. Hvilke altaner der er kolde og hvilke der er varme afhænger ikke af altanens placering eller eksterne skyggeforhold, men alene af beboernes udnyttelse af mulighederne for reduktion af temperaturen på altanen. Den varmeste og den koldeste altan befandt sig således ved siden af hinanden på anden sal.

I de varme dagtimer (timer med en udetemperatur på 22 °C eller derover) er altantemperaturen, på de koldeste altaner, mindre end 5 ° over udetemperaturen i hele 73 % af tiden (se figur). På de varmeste altaner er kun 36 % af timerne mindre end 5 ° over udetemperaturen. Ser man i stedet på de varme dagtimer med en altantemperatur mindre end 10 ° over udetemperaturen, er tallene 99 % henholdsvis 72 % af tiden.



Sumkurve for differensen mellem temperaturen på en kold og en varm altan (2. th. og 2. tv.) og udetemperaturen i de varme dagtimer i måleperioden.

Det må anses for meget tilfredsstillende at kunne opnå temperaturer på altanerne, som kun overskrider udetemperaturen med mere end 10 ° i mindre end 1 % af tiden, når uderummene bruges rigtigt.

De høje temperaturer er registreret i perioder, hvor beboerne har været væk hjemmefra og dermed ikke har kunnet medvirke til at reducere temperaturen på altanen.

## Energiforbrug

I den kolde periode lå den gennemsnitlige temperatur på altanerne 8,7 °C over udetemperaturen. I gennemsnit var udetemperaturen i perioden 3,0 °C og temperaturen i køkken/alrum 21,9 °C. Det vil sige, at varmetabet gennem den del af facaden som støder ud til altanen var reduceret med ca. 30 %. Tilsvarende var temperaturen i toppen af solvæggen 12,8 °C. Det giver en middeltemperatur i solvæggen på ca. 7,9 °C, hvilket giver en reduktion i varmetabet gennem denne del af facaden på ca. 25 %.

Varmetabet ved ventilation kan ligeledes forventes reduceret, idet en del af erstatningsluften vil blive hentet fra altanen eller solvæggen i stedet for fra udeluften.

### Beregnet energibesparelse

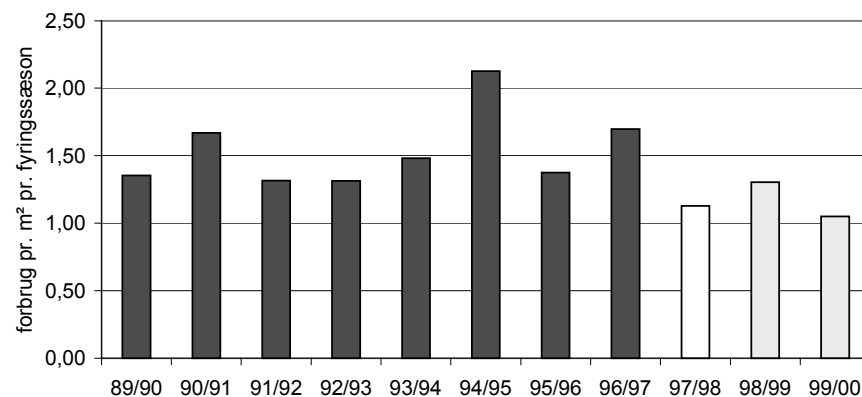
Der er opstillet en model for beregning af energiforbrug og temperaturforhold i en udvalgt lejlighed i edb-programmet tsbi3 (Johnsen et al., 1993) og (Wittchen, 1997). Disse beregninger viser en reduktion i energiforbruget til rumopvarmning på 36 % for denne lejlighed. For ejendommen som helhed vil besparelsen være noget mindre fordi:

- ikke alle lejligheder forsynes med forvarmet ventilationsluft fra en solvæg

- ikke alle lejligheder er udstyret med glasinddækkede uderum
- antallet af lejligheder er forøget med to
- det samlede opvarmede areal er forøget
- der er etableret badeværelser
- der er etableret mekanisk udsugning fra baderummene i henhold til bygningsreglementet.

### Registreret energiforbrug

Energiforbruget i ejendommen er vurderet ud fra forbruget af fjernvarme, og korrigeret for det forøgede beboede areal og de aktuelle klimavariationer. Herudfra ses det, at energiforbruget til opvarmning og varmt brugsvand er reduceret med ca. 23 %. Det har ikke været muligt at skille forbruget af varmt vand fra det samlede fjernvarmeforbrug. Sammenholdt med den beregnede besparelse på opvarmningsbehovet på 36 %, må dette resultat siges at stemme endog særdeles godt med forventningerne, idet modelberegningerne er gennemført for en enkelt lejlighed med naboer til alle sider og er opgjort uden hensyn til forbruget af varmt vand.



Normaliseret fjernvarmeforbrug justeret for opvarmet areal og graddage ( $\text{kWh/m}^3$ ) i Brandstrupsgade 14 i opvarmningssæsonerne fra 1989 til 2000. De røde søjler angiver før, den hvide under og de grønne efter renoveringen.

### Ventilation

I to perioder 10.-19. december 1997 og 18.-28. januar 1999 er der gennemført målinger af ventilationsluftmængden ved anvendelse af passiv sporgas-teknik (PFT) (Bergsøe, 1992 og 1994). I diagrammet ses en sammenligning af de målte ventilationsluftmængder.

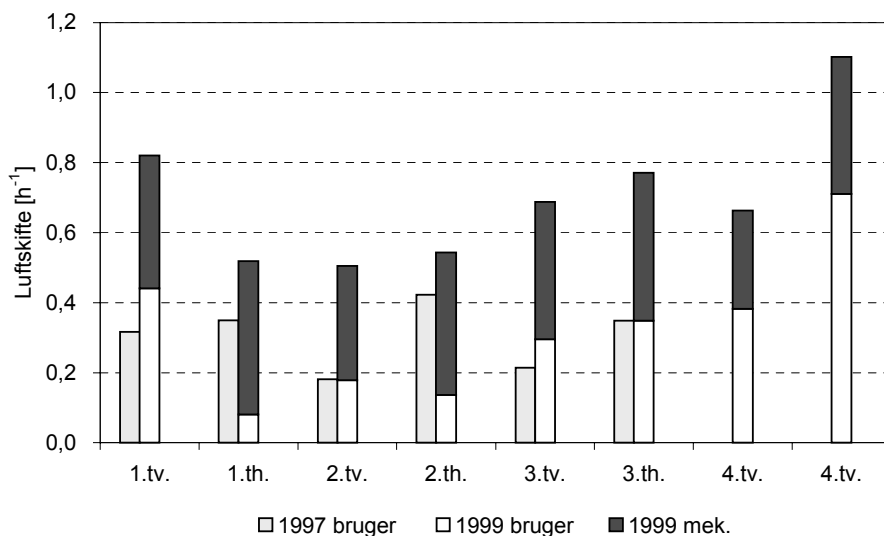
Målingerne efter renoveringen er opdelt i den luftmængde, der fjernes gennem det mekaniske ventilationsanlæg og den luftmængde, som skyldes beboernes brug af lejligheden.

Lejlighederne på fjerde sal er etableret ved renoveringen, men er alligevel medtaget i sammenligningen. Stueetagen er ikke medtaget i sammenligningen, idet den stod tom og uopvarmet i 1997 og er overgået til erhvervsformål i 1999.

Temperaturen i ejendommens lejligheder er i gennemsnit steget  $2,4\text{ }^\circ\text{C}$  og samtidig er middelluftskiftet steget fra ca.  $0,3\text{ h}^{-1}$  til  $0,7\text{ h}^{-1}$  (14 til 28 l/s). Luftmængden, der fjernes ved mekanisk udsugning, svarer til BR-95 kravet på 15 l/s i baderum.

Hvis temperaturforholdene og luftskiftet var holdt konstant og det kan antages, at halvdelen af den luft, som tilføres lejlighederne er ligeligt fordelt fra altanen og fra solvæggen, kan der beregnes en gennemsnitlig energibesparelse på 16 % af varmetabet ved infiltration som følge af forvarmning af ventilationsluften. Den gennemsnitlige indetemperatur i lejlighederne er imidlertid steget med  $2,4\text{ }^\circ\text{C}$  og luftskiftet med 100 % efter renoveringen. Det bety-

der, at der ikke er tale om en besparelse på 16 %, men reelt en forøgelse af varmetabet ved luftudskiftning med en faktor 2.



Ventilationsluftmængder før og efter renoveringen. De to lyse søjler angiver det brugerbetingede luftskifte før hhv. efter renoveringen. De mørke søjler angiver luftskiftet ved mekanisk udsugning fra baderummet.

Resultaterne tyder på, at beboernes vaner med hensyn til udluftning ikke bliver ændret på grund af et øget luftskifte ved mekanisk udsugning. I de lejligheder, som bebos af de samme lejere før og efter renoveringen, er det brugerbetingede luftskifte stort set uforandret. I det tilfælde, hvor den samme beboer er flyttet fra en lejlighed til en anden i forbindelse med renoveringen, er det brugerbetingede luftskifte "flyttet med".

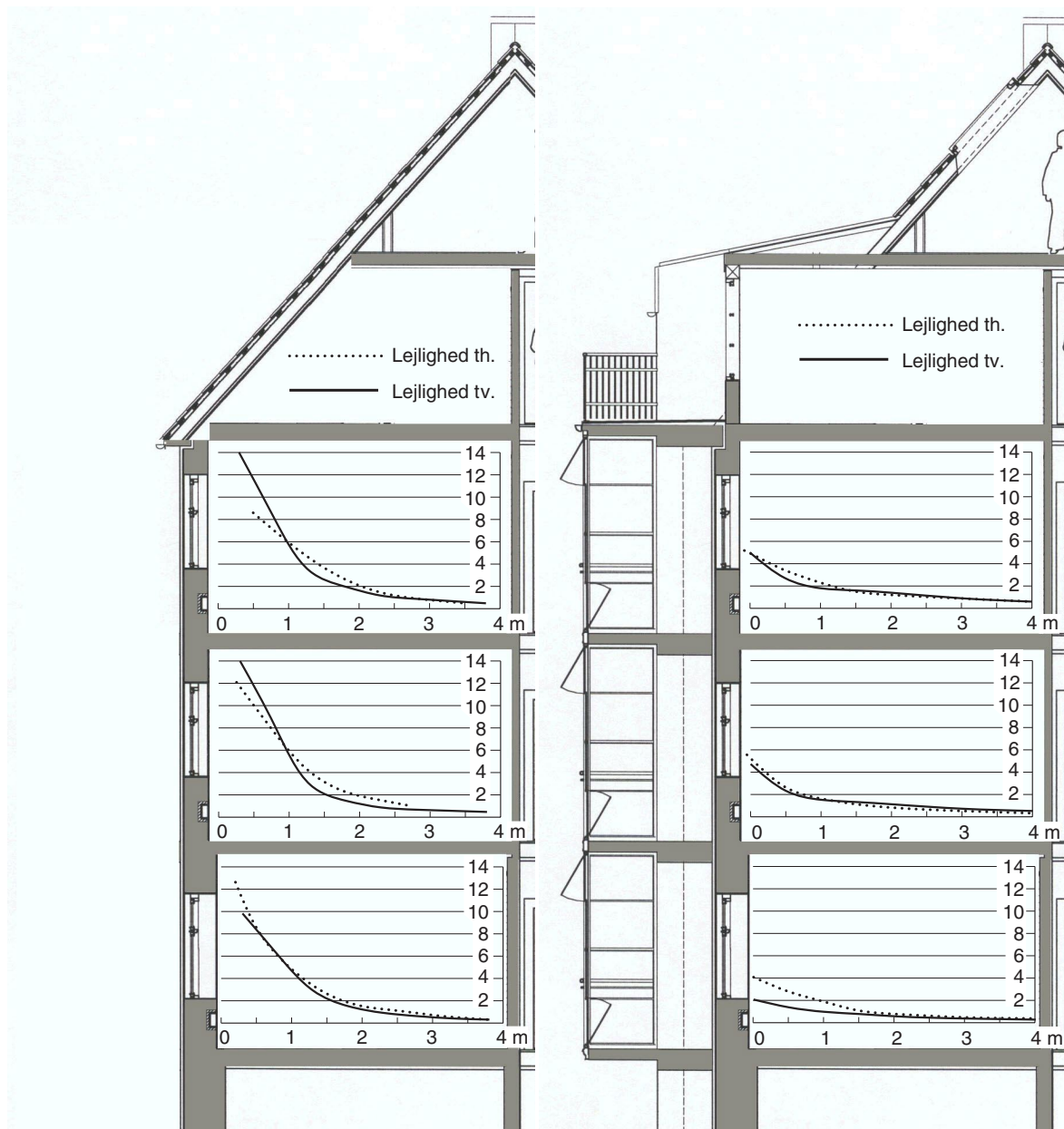
## Dagslysforhold

Enhver inddækning af en facade vil reducere dagslysniveauet i rummet bagved. Forholdet mellem målinger af belysningsstyrken i et lodret plan lige indenfor vinduet før renovering og indenfor altandør efter renovering er ca. 4 til 1. En tilsvarende reduktion findes i de målte dagslysfaktorer i køkken/alrum. På en almindelig overskyet dag vil der typisk være 150-200 lux 1-1,5 m inde i rummet og det vil ofte være nødvendigt at supplere med elektrisk lys i dagtimerne i den resterende del af køkken/alrummet.

Før ombygningen var der stor variation i valg af farver på væggene, mens lofterne ofte var hvide. Gulvet i køkkenerne var typisk lys vinyl eller høvlde, lakerede fyrreplanker. I soveværelserne var der enten mørkt plankegulv eller mørke tæpper. Efter ombygning er overfladerne i køkken/alrum generelt lyse (loft og vægge) og gulvet afhøvlede fyrreplanker. Selvom der er en del variation i reflektansen af overfladerne før og efter ombygningen, er der i databehandlingen ikke taget hensyn til sådanne variationer for de enkelte lejligheder, idet de anses for mindre betydningsfulde.

Lejlighederne opleves ikke som velbelyste, idet en væsentlig del af himmellyset er afskåret af det overliggende uderum. Lejlighederne til venstre er i forbindelse med renoveringen forsynet med et ekstra vindue i gavlen imod Mølle Plads. Kombinationen af lys fra to sider giver en god balance og et roligt reflekslys i rummet. Mulighederne for dobbeltsidet udsyn til det fri er yderligere en kvalitet, der i en vis udstrækning kan kompensere for den reducerede dagslysmængde.





Dagslysforholdene før og efter renoveringen. Tilbygningen reducerer permanent dagslysniveauet mest lige inden for vinduet (ca. 75 %) og mindre bag i rummet (ca. 25 % midt i). De højere dagslysfaktorer i lejlighederne til venstre (efter renovering) skyldes det nye vindue i gavl.

# Summary

## By og Byg Results 005: Glass used for renovating facades

### Results

Renovation of facades in older blocks of flats, using glass often aims at stopping further erosion of the exterior surfaces. When designed and used correctly a new room created in this way can reduce the energy consumption of the flat by utilising passive solar gains. The normally small flats are extended with an outdoor room adding to their utility value.

In an earlier research project, funded by the Danish Energy Agency, Danish Building and Urban Research analysed nine blocks of flats with new glazed-in extensions (Svensson & Wittchen, 1997) and (Wittchen & Svensson, 1999). The purpose of this research project was to describe how a renovation, besides the constructional improvements, can create energy savings by using new glazed-in extensions. As something new, the utility value and the architectural quality of the flats and blocks were investigated as these factors are expected to play an increasingly important role in future renovation projects. The project was focused specially on older blocks of flats from the turn of the 20<sup>th</sup> century. However most of the results must be considered generally relevant.

The current project is a follow-up project, aiming to demonstrate that it is possible – by means of practical solutions, information to the residents and careful design - to overcome the problems and disadvantages discovered in the previous project. The constructed glazed-in outdoor rooms have been improved in a number of different ways, i.e. solar shading is included in the project, the possibility of natural ventilation in the outdoor room when no one is at home, information to the residents about how to use their facilities in a correct way and installation of an energy alarm, warning residents when they lose energy by opening the door to the outdoor room.

The temperature of the outdoor room can be kept at a moderate level by the means used in the project. The temperature can thus be less than 5 °C above the ambient temperature during 73 % of the daytime hours of a hot, sunny period. In only 1 % of the daytime hours, the temperature needs to be more than 10 °C above the ambient temperature. This must be considered very satisfactory as these temperatures were reached when the residents were not at home and there was direct sun on the facade. When the residents returned to their flat, it was possible to reduce the temperature of the outdoor room to the same level as the ambient air by opening 50 % of the facade of the outdoor room.

There was a registered reduction of 26 % in the consumption of district heating of compared with the average of the years before the renovation. The energy saving was achieved by the construction of glazed-in outdoor rooms and a solar wall for preheating ventilation air, covering about 75 % of the south facade.

Computer simulations showed energy savings of 36 % of the heating demand (excluding domestic hot water) of a model flat. Compared with the registered savings of 26 % of the district heating consumption (incl. domestic hot water and system losses), this must be recognised as a good match.

It has not been possible to see if the energy savings will keep the same level in the years to come, but the combination of information to the residents and the installation of an energy alarm will probably help maintaining the level.

The air changes have been measured before and after the renovation by means of a passive tracer gas technique (PFT) (Bergsøe, 1992 and 1994). All flats were equipped with mechanical exhaust ventilation from the new bathrooms. The replacement air comes from the rest of the flat. Openings between the outdoor room and the solar walls ensure that most of the ambient air comes from these sources. This type of construction helps to keep the heat losses due to ventilation as low as possible.

The sizes of the natural air change in the flats have not changed because of the renovation and meet the requirements in the Danish Building Regulations of 1995 (BR-95). The goal of not reducing the air change rate of the flats after adding outdoor rooms to the flats have succeeded.

The daylight levels are, as expected, reduced because of the new glazed-in outdoor rooms. In the flats at the end of the building, this is partly compensated by the addition of a door in the west-facing gable wall opening to a new open balcony. The daylight levels in the kitchen/living-rooms are reduced to about 25 % of the original daylight level. This is to be expected as an overhang (the floor of the outdoor room above) and an additional layer of glass have been added. Conscious use of venetian blinds in the outdoor room will lead the daylight to the back of the rooms, however this will also add to the reduction of the total daylight levels in the flats.

# Referencer

Bergsøe, N. C. (1992). *Passiv sporgasmetode til ventilationsundersøgelser: Beskrivelse af analyse af PFT-metoden* (SBI-rapport 227). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Bergsøe, N. C. (1994). *Ventilationsforhold i nyere, naturligt ventilerede enfamiliehuse* (SBI-rapport 236). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Boligministeriet. (1995). *Bygningsreglement 1995*. København.

Herskind, N. (1999). *Brugermanual til udestuer*. København: Byens Tegnestue ApS.

Johnsen, K., Grau, K., & Christensen, J. E. (1993). *tsbi 3: Edb-program til termisk simulering af bygninger og installationer. Brugervejledning*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Svensson, O., & Wittchen, K. B. (1998). *Nye glastilbygninger i ældre etageboligbyggeri*. (SBI-rapport 286). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Svensson, O., & Wittchen, K. B. (in press). *Facaderenovering med glas: Et forsøgsbyggeri i ældre etageboligbyggeri* (Projekt renovering. Projekt 189). København: By- og Boligministeriet.

Wittchen, K. B. (1997). *Solar walls in tsbi3: User's guide*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Wittchen, K. B., & Svensson, O. (1999). On energy savings, thermal comfort, utility value and architecture of new glazed-in extensions to older blocks of flats. *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*, 1. Lokaliseret 20010119 på: [www.ce.kth.se/bim/leas/voll1/a4/index.htm](http://www.ce.kth.se/bim/leas/voll1/a4/index.htm).

Målinger i et forsøgsbyggeri med glasinddækkede altaner viser, at det er muligt at opnå store energibesparelser. Dette er sikret ved glasinddækkede altaner, luftsolfanger til forvarmning af ventilationsluften, udskiftning af vinduerne og opsætning af energialarmer. Samtidig har det været muligt at undgå mange af de typiske fejl og mangler ved denne type tilbygninger. Fx kan sommertemperaturen på altanerne holdes på et moderat niveau ved at etablere naturlig ventilation og solafskærmning.

ISBN 87-563-1073-0

ISSN 1600-8049

1. udgave, 2001