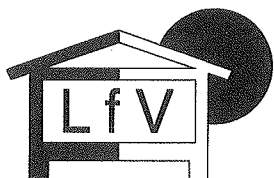


Glastilbygninger

En vurdering af passiv solvarmeudnyttelse

Peter Fritzel



MEDDELELSE NR. 257. JUNI 1994
LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET

ISSN 0905-1511

Glastilbygninger

En vurdering af passiv solvarmeudnyttelse

Peter Fritzel

FORORD

Denne rapport omhandler energibesparelser og termisk komfort i glastilbygninger, projekttitel:
"Glastilbygning med silica aerogel ruder".

Projektet er finansieret af Energiministeriet og er en del af forskningsområdet:
"Energianvendelse i bygninger" under ministeriets forskningsprogram EFP 90. Projektets ENS
journal nummer er 1213/90- 0002.

Projektet er gennemført ved Laboratoriet for Varmeisolering med deltagelse af følgende
medarbejdere:

Peter Fritzel	Akademiingeniør
Svend Svendsen	Civilingeniør, lic.techn.
Peter Cort Jensen	Tømrer
Lars Kæstel Jørgensen	Elektronikmekaniker

INDHOLDSFORTEGNELSE

FORORD

INDHOLDSFORTEGNELSE

RESUMÉ	4
SUMMARY	6
1.0 INDLEDNING	8
2.0 GLASTILBYGNINGER	
2.1 GENERELT	9
2.1.1 Beregningsforudsætninger	10
2.1.2 Acceptabelt indklima	11
2.1.3 Brugsdage	11
3.0 PARCELHUS MED GLASTILBYGNING	
3.1 BESKRIVELSE AF PARCELHUS	12
3.1.1 Energibalance	13
3.1.2 Indeklima i parcelhuset	14
3.2 PARCELHUS MED GLASTILBYGNING	15
3.2.1 Energibalance i parcelhus	16
3.2.2 Indeklima i glastilbygning	18
3.2.3 Indeklima i parcelhus	21
4.0 ÆLDRE ETAGEEJENDOM MED GLASTILBYGNING	
4.1 BESKRIVELSE AF ETAGEJENDOM	22
4.1.1 Energibalance i lejlighed	23
4.1.2 Indeklima i lejlighed	24
4.2 GLASINDDÆKKET ALTANTILBYGNING	25
4.2.1 Energibalance i lejlighed	26
4.2.2 Indeklima i glastilbygning	27
4.2.3 Indeklima i lejlighed	30
5.0 NYERE ETAGEEJENDOM	
5.1 BESKRIVELSE AF LEJLIGHED	31
5.1.1 Energibalance i lejlighed	31
5.1.2 Indeklima i lejlighed	33
5.2 ALTANLUKNING	34
5.2.1 Energibalance i lejlighed	35
5.2.2 Indeklima i altanrum	36
5.2.3 Indeklima i lejlighed	38

6.0 PROFILTYPER	
6.1 GENERELT	39
6.1.1 Træprofiler	39
6.1.2 I-profiler	40
6.1.3 Kasseprofiler	40
6.2 PARAMETERVARIATION	41
7.0 KULDEBROFORSØG	
7.1 GENERELT	43
7.1.1 Forsøgsopstilling	43
7.1.2 Måleresultater	45
8.0 KONKLUSION	47
LITTERATURLISTE	48
APPENDIX	
A: Beskrivelse af tsbi3	49
B: Beregningsforudsætninger	53

RESUMÉ

Glastilbygninger og glasinddækninger af altaner udføres ofte ud fra ønsket om at mindske energiforbruget til opvarmning ved hhv. direkte varmetilskud og nedsættelse af transmissionstab gennem den inddækkede facade, da temperaturen i det glasinddækkede rum i hovedparten af tiden vil være højere end udeluftens.

Formålet med denne rapport er at undersøge energiforbruget til opvarmning og ventilation samt temperaturforhold i en bolig før og efter at der er opført en glastilbygning.

Rapporten indeholder beregnede resultater fra tre forskellige boligtyper. Først et fritliggende parcelhus med en udestue, en ældre etageejendom med en udadvendt altan og til sidst en nyere etageejendom med en indadvendt altan. I glastilbygningernes klimaskærm er der regnet med fire forskellige typer ruder med hhv. et lag glas, to lag glas, lavemissionsglas og aerogel mellem to lag glas.

Beregningerne er foretaget med edb-programmet tsbi3, som er udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut.

Resultatet heraf er, at boligens samlede energiforbrug til opvarmning og ventilation, falder efter tilføjelse af et glasdækket rum. Den bedste energibalance fås ved at sætte aerogelruder i klimaskærmen. I et parcelhus med 9 m² udestue kan der spares 34%, en lejlighed med indadvendt altan gav en besparelse på 35% og en lejlighed med en udadvendt altan blev den bedste med 52%. Solvarmebidraget til det bagved liggende rum bliver mindre som følge af glastilbygningen, men det opvejes af, at transmissionstab gennem den inddækkede flade samtidig mindskes.

De beregnede indetemperaturer i de tre typer glastilbygninger ligger i den varmeste periode om sommeren mellem 25°C og 30°C og enkelte dage derover, når der ikke blev etableret ideelle udluftnings- og afskærmningsforhold.

Beregninger af en glastilbygning hvor profilernes procentvise andel af klimaskærmen øges viser, at energibehovet i det bagved liggende rum stiger. I dette tilfælde bevirker en 10% forøgelse af profilarealet, at energibehovet stiger 5%.

Profilernes forholdsvis høje varmeledningsevne har, via den kuldebro de udgør, negativ indflydelse på U-værdien i lavenergiruder. Virkningen af et koldt profil viser sig som en afkøling langs randen af ruden på den side, der vender ind mod et bagved liggende varmt rum. Det er dette randfelt, der er med til at gøre rudens totale U-værdi højere end dens center U-værdi. Med en afkølet rudekant er der endvidere risiko for kondensdannelse på ruden. For

at få et indtryk af forskellige profiltypers kuldebrovirkning er der foretaget en række forsøg, hvor temperaturer langs to snit i en lavenergirudes randfelt er blevet målt. Udfaldet af denne forsøgsserie placerer aluminiumsprofilet med kuldebroafbrydelse som det bedste, mens aluminiumsprofilet til udvendig fastlimning er det dårligste rent temperaturmæssigt set, hvorved det vil give den største forringelse af en lavenergirudes U-værdi..

Konklusionen er, at glasdækkede rum giver god mulighed for passiv solvarmeudnyttelse og de bedste resultater fås med højisolerende aerogelruder. Energiforbruget i boligen sænkes, og man får et rum, der kan benyttes i længere tid end en almindelig terrasse. Endvidere skal man være opmærksom på, at solindfaldet til bagved liggende rum mindskes, og at en utilstrækkelig solafskærmning og udluftning i glastilbygningen kan give problemer med indetemperaturen. Profilerne der anvendes i en glastilbygningens klimaskærm bør forbedres for at gøre udbyttet af anvendelsen af højisolerende ruder bedst mulig.

SUMMARY

Attached sun spaces and glass coverings of balconies are often made from a wish to reduce the consumption of energy for heating by direct contribution of heat as well as lowering the transmission loss through the covered front as most of the time the temperature in the glass covered room will be higher than the temperature of the open air.

The purpose of this report is to investigate the consumption of energy for heating and temperature conditions in a residence before and after building an attached sun space.

The report contains calculated results from three different types of housing. First a detached single-family house with a sun space, an older block of flats with an out-turned balcony and finally a block of flats of a more recent date with a balcony turned inwards. In the thermal envelope of the attached sun spaces four different types of panes with one layer of glass, two layers of glass, low emission glass and aerogel between two layers of glass respectively are included in the calculations.

The calculations have been made with the computer-program tsbi3, which has been developed by the Danish Building Research Institute.

The result hereof is that the total consumption of energy, for heating and ventilation air, decreases after the addition of a glass covered room. The best contribution of passive solar heating is obtained by putting aerogel panes in the thermal envelope. In a single family house with a 9 m² sun space 34% can be saved, a flat with a balcony turned inwards gave a saving of 35% and a flat with an out-turned balcony came out best with 52%. The contribution of solar heating to the room placed behind becomes smaller as a result of the attached sun space, but it is compensated for by the fact that at the same time the loss of transmission through the covered surface is reduced.

In the warmest period in the summer the calculated indoor temperatures in the three types of attached sun spaces lie between 25°C and 30°C and certain days above that when no ideal airing and screening conditions have been established.

Calculations of an attached sun space where the percentage of the profiles of the thermal envelope increase show that the energy requirement in the room behind increases. In this case a 10% increase of the profile area causes the energy requirement to rise by 5%.

Being a thermal bridge the relatively high thermal conductivity of the profiles has a negative influence on the U-value in low energy panes. The influence of a cold bar appears as a cooling along the edge of the pane on the side facing a warm room lying behind. This edge

section is one of the things that makes the total U-value of the pane higher than its centre U-value. With a cooled edge of a pane there will also be a risk that condensation is generated on the pane. To get an impression of the thermal bridge effect of various types of profiles a number of tests have been made where temperatures along two sections in an edge section of a low energy pane have been measured. The issue of this series of tests places the aluminium profile with cold-conductor breaking as the best, whereas the profile to be glued on outside is the poorest one with regard to the temperature and consequently this will give the greatest deterioration of the U-value of a low energy pane.

The conclusion is that a glass covered room gives a good possibility of utilization of passive solar heating and the best results are obtained with high insulating aerogel panes. The energy requirement in the residence is reduced and you get a room that can be used for a longer time than an ordinary terrace. Further you must be aware of the fact that the solar incidence to rooms that are situated behind is reduced and that an insufficient solar screening and airing in the attached sun space can give problems with the indoor temperature. The profiles that are used in a thermal envelope of an attached sun space should be improved to benefit as much as possible from the use of high insulating panes.

1.0 INDLEDNING

Hovedformålet med denne rapport er at undersøge energiforbruget til opvarmning og ventilation samt temperaturforhold i en bolig før og efter at der er opført en glastilbygning.

Endvidere er der blevet udført en forsøgsrække, hvor kuldebrovirkningen fra forskellige vinduesprofiltyper blev målt, for selv om profiler udgør en procentvis lille andel af en glastilbygnings overfladeareal, så er indflydelsen på dæklagets samlede U-værdi ikke uvæsentlig. Det vil ikke give nogen mening at udvikle og bruge højisolerende ruder, hvis der ikke samtidig blev gjort noget for at forbedre profilerne til at bære dem.

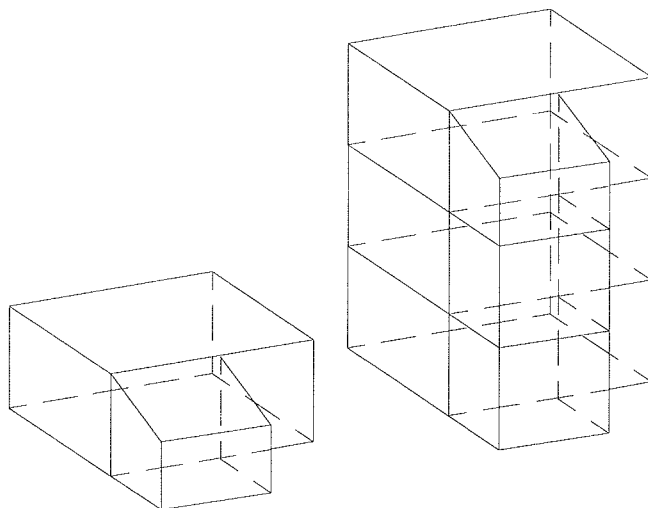
Der er en vis afvigelse fra det oprindelige projektoplæg, idet der ikke er foretaget et fuldska-laforsøg med en glastilbygning med monolitisk silica-aerogel ruder. På ansøgningstidspunktet var der en forventning om, at en kommerciel produktion var nært forestående, hvorved ruderne ville blive lettere tilgængelige i større mængde. Desværre er det ikke lykkedes at få produktionen igang endnu, hvilket har vanskeliggjort opførelsen af en glastilbygning i fuld størrelse.

Som alternativ i tilfælde af, at der ikke kom tilstrækkeligt med ruder på markedet, skulle der fremstilles en enkelt aerogel-rude på LfV. Ruden skulle placeres sammen med andre avancerede rudetyper i en mindre glastilbygningsmodel. Forskellene i termiske egenskaber skulle der kompenseres for ved at tilføre noget ekstra varme fra termostatstyrede elpaneler. Denne løsningsmetode blev ikke fulgt, idet man vurderede, at resultaterne fra et forsøg af den art ikke ville give nogen anvendelig illustration af effekten af at bruge aerogel-ruder.

2.0 GLASTILBYGNINGER

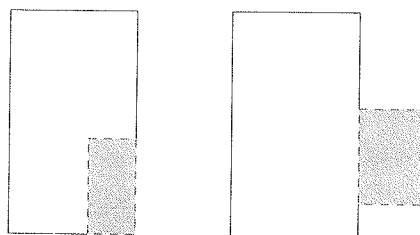
2.1 GENERELT

Ved en glastilbygning, eller et glaslukningssystem /1/, forstås et rum med en klimaskærm i glas med et bærende profilsystem opført i forbindelse med en eksisterende bygning. Det er fortrinsvis boliger dvs. etageejendomme, parcel- og rækkehuse, som på denne måde får dækket et stykke ydermur af, se figur 2.1.1.



Figur 2.1.1 Glastilbygninger på hhv. enfamilies- og etageejendomme.

Når der er tale om parcel- og rækkehuse, er der en vis frihed med hensyn til placering af en tilbygning. Det er omvendt i forbindelse med etageejendomme, hvor glastilbygninger ikke på samme måde kan placeres frit. Her er det de eksisterende altaner, som forsynes med



Figur 2.1.2 Indadvendt hhv. udadvendt altan.

ydervægge, og i enkelte tilfælde opføres der en ny altan til formålet. Altanerne kan enten være udadvendte eller indadvendte, se figur 2.1.2. Sidstnævnte type tages som regel med ind under kategorien glastilbygninger, selv om den ikke lever op til det i ordets egentlige forstand. Fælles for alle typer glastilbygninger er, at de skal placeres så hensigtsfuldt som muligt, så de dels kan bruges til ophold, og dels kan give en energibesparelse.

2.1.1 Beregningsforudsætninger

For at få belyst en glasbygningens energibesparende virkning på en bolig er der gennemført beregninger med modeller af tre forskellige boligtyper. Beregningerne er udført ved hjælp af edb-programmet tsbi3 /2/, som beskrives nærmere i appendix A. Den første model er det parcelhus, der bruges som regneeksempel i DS 418 /3/. Anden model er baseret på forholdene ved en udkraget altan på en etageejendom i Dannebrogsgade på Vesterbro i København. Den tredje model indeholder beskrivelsen af en nyere etageejendom beliggende ved Brøndby Strand, syd for København, den har til forskel fra model nummer 2 en indadvendt altan. Inddata til beregningerne kan ses i appendix B.

Rudetyper i glastilbygningerne

Fælles for de tre modeller er, at der regnes på effekten af vinduer med fire forskellige glastyper i glastilbygningen: et lag, to lag, lavemission og aerogel.

	1 lag glas	2 lag glas	Lavemission	Aerogel
Center U-værdi [W/m ² K]	6,00	3,00	1,60	0,50
Transmittans af solvarme	0,83	0,76	0,59	0,65
Transmittans af lys	0,80	0,80	0,65	0,65

Skema 2.1.1.1 Materialeleværdier for de anvendte rudetyper.

Aerogel er endnu ikke tilgængeligt til anvendelse, så de angivne værdier er fiktive, men de ligger på det niveau, der forventes ved en kommerciel fremstilling.

Personlast

For parcelhuset og den nyere etageejendom er der regnet med en familie på tre personer med normal aktivitet, dvs. 0,072 kW pr. person. Lejligheden i Dannebrogsgade er noget mindre, så derfor er der kun regnet med to beboere i den. Energibidraget fra personer er fordelt jævnt i rummene i den oprindelige bolig, og der er ikke regnet med personvarme i glastilbygningen.

Belysning

Det er i alle modeller antaget, at lyset tændes i perioderne 6-8 og 16-22, hvis det samlede solindfald kommer under 800 W. Belysningen er samtidig reguleret efter indetemperaturen således, at lyset slukkes, når temperaturen bliver højere end 24°C, selvom solindfaldet ikke er over 800 W.

Udstyr

Varmebidrag fra udstyr som f.eks komfur, TV og køleskabe er valgt således, at den årlige belastning svarer til de i SBI 148 /4/ angivne.

Infiltration

Det naturlige luftskifte i boligen er sat til $0,5 \text{ h}^{-1}$. I glastilbygningerne er der for konstruktionerne med et lag glas regnet med et naturligt luftskifte på $0,7 \text{ h}^{-1}$. I de andre glastilbygningstyper er luftskiftet sat til $0,5 \text{ h}^{-1}$. Når der regnes med glastilbygninger er der taget højde for, at infiltrationsbidraget til det bagved liggende rum kommer fra glastilbygningen.

Udluftning

Luftskiftet ved udluftning gennem åbne vinduer er sat til at være $3,5 \text{ h}^{-1}$ som middelniveau. I glastilbygningerne er det sat til 5 h^{-1} , da der her er mulighed for et større åbningsareal. Udluftningen startes, når indetemperaturen overstiger 23°C .

Opvarmning

I alle modeller er der regnet med et varmeanlæg, der opererer med natsenkning, således at der søges opretholdt en dagtemperatur på 20°C og en nattemperatur på 17°C .

Bygningens orientering

Alle modeller orienteres sådan, at glastilbygningen vender mod syd for få et så stort solindfald som muligt.

Vejrdata

Ved beregningerne anvender tsbi3 vejrdato fra det danske referenceår TRY /5/.

2.1.2 Acceptabelt indeklima

Den acceptable indetemperatur er valgt til 23°C , jf. standard for termisk miljø /6/, sådan at temperaturer derover kun bliver accepteret i kortere perioder. I en glastilbygning kan der accepteres en højere temperatur end i selve huset, da det kun er et midlertidigt opholdsrum. Her er den acceptable temperatur sat til 30°C , mens enkelte udsving på op til 35°C tolereres.

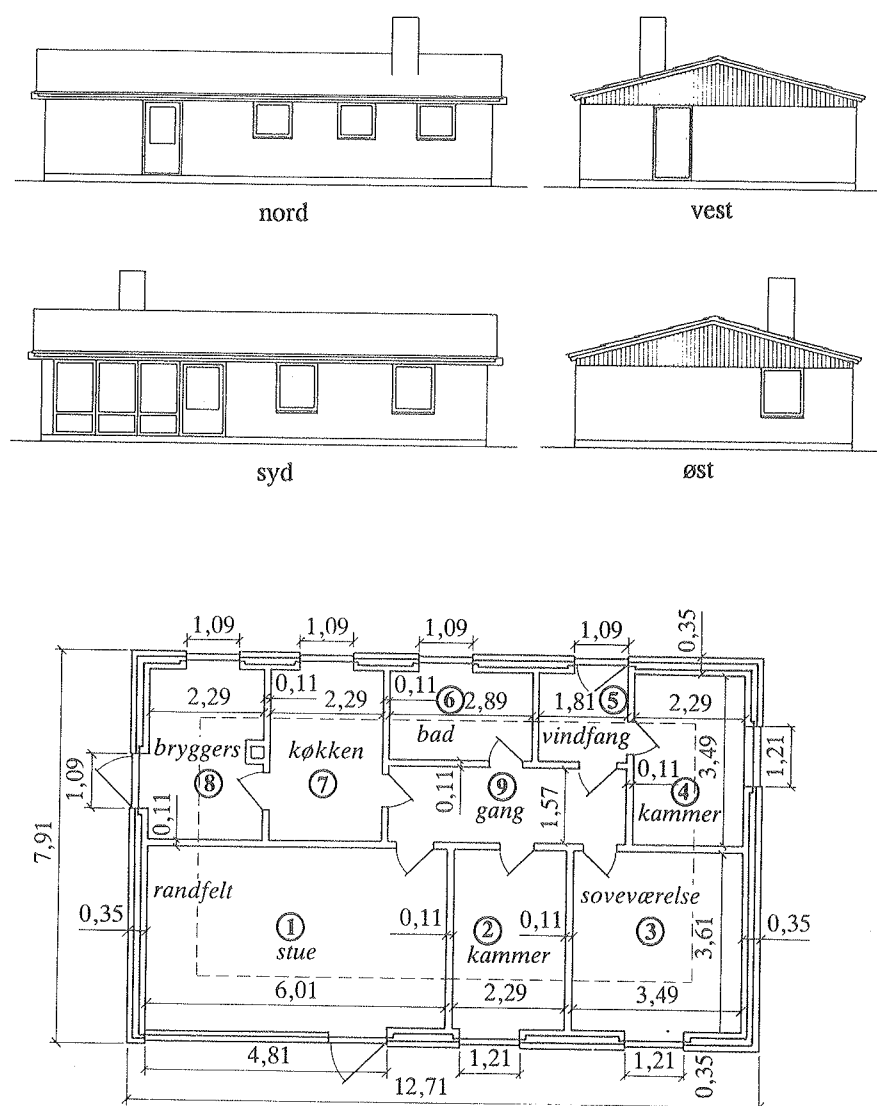
2.1.3 Brugsdage

For at kunne sammenligne glastilbygninger m.h.t. brugstid, som er en væsentlig faktor i forbindelse med glastilbygningers brugsværdi, er der blevet defineret en brugsdag. En brugsdag er en dag, hvor der i glastilbygningen er en periode med mindst 4 sammenhængende timer, hvor temperaturen er 20°C eller højere.

3.0 PARCELHUS MED GLASTILBYGNING

3.1 BESKRIVELSE AF PARCELHUS

Bygningen er et typisk etplanshus med et bruttoareal på 100 m², svarende til eksemplet i DS 418 /3/, se figur 3.1.1. I beregningsmodellen er rum nummer et (stuen) regnet som en zone, mens nummer to til otte ligeledes er slået sammen til en zone, kaldet restrum. Ydervæggene består af en dobbelt teglstensmur med 125 mm isolering. Loftet har 225 mm isolering og tagdækningen er eternitplader. Terrændækket er overalt i huset regnet som et almindeligt betongulv med 50 mm isolering. Vinduesarealet er på 15 m² og vinduerne består af to lag glas i trærammer. I stuen har vinduerne et glasareal på 80% og i resten af huset et glasareal på 70%. Øvrige data for huset fremgår af skema vedlagt i appendix B.

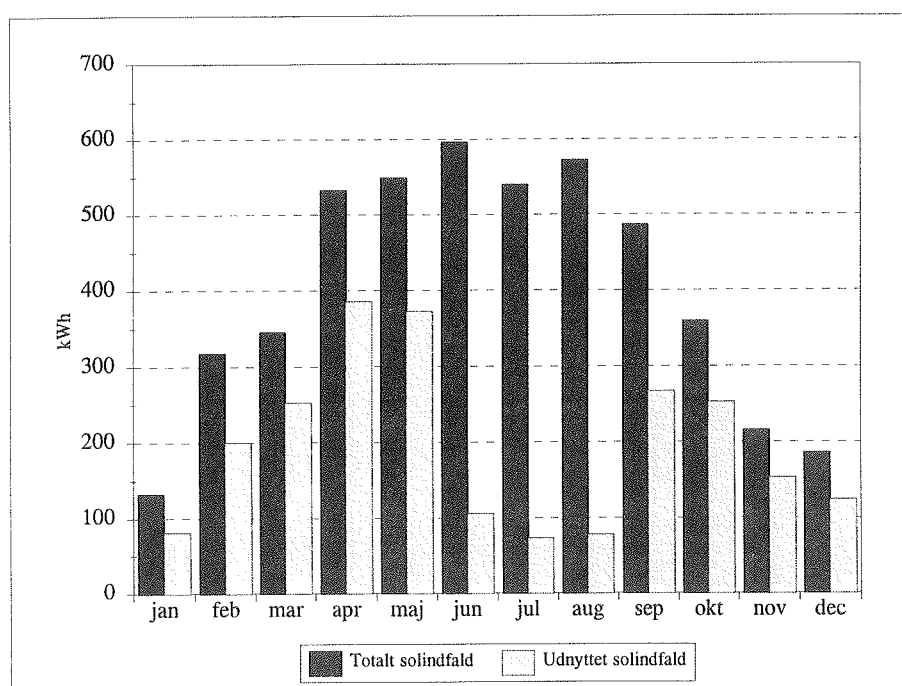


Figur 3.1.1 Facader og plan af parcelhus fra eksemplet i DS 418.

3.1.1 Energibalance

For at vurdere hvor stor en del af husets varmebehov, der dækkes af solindfaldet fra vinduerne, er der foretaget en beregning, hvor vinduernes transmittans er sat til nul samtidig med at U-værdierne er fastholdt.

Ved at opføre en glastilbygning foran et eller flere af husets (ikke nordvendte) vinduer nedsættes solindfaldet i huset, da solstrålerne skal passere flere lag glas. Energimæssigt set skulle dette gerne opvejes af, at temperaturen i glastilbygningen ligger over udetemperaturen i opvarmningssæsonen, og derved mindsker transmissionstabet gennem den inddækkede flade. Figur 3.1.1.1 viser hvor stor en del af solindfaldet over året, der udnyttes til opvarmning af boligen. Solindfaldets bidrag til opvarmning er beregnet som forskellen mellem det totale energiforbrug i huset med og uden solindfald. I sommermånederne er varmebehovet meget lavt, hvilket viser sig ved en lille udnyttelse af solindfaldet.



Figur 3.1.1.1 Solindfald der udnyttes til opvarmning.

Parcelhusets årlige energiforbrug til opvarmning er inklusive solindfaldets bidrag på 7487 kWh. For huset uden solindfald er det årlige energiforbrug beregnet til 9816 kWh, jf. skema 3.1.1, hvilket betyder at solindfaldet på årsbasis bidrager med 2329 kWh til opvarmning af huset, hvilket svarer til 24% af det totale energiforbrug. Dette svarer til, at der bliver udnyttet ca. 49% af det totale solindfald til opvarmning af boligen, mens resten går tabt ved bl.a. transmission, overtemperaturer og ventilation.

Parcelhus		uden solindfald	med solindfald
Q_{opv}	1)	9816	7487
Q_{intern}	2)	4257	4183
Q_{sol}	3)	0	4788
Q_{trans}	4)	-10639	-11942
Q_{inf}	5)	-3437	-3701
Q_{udluft}	6)	0	-815

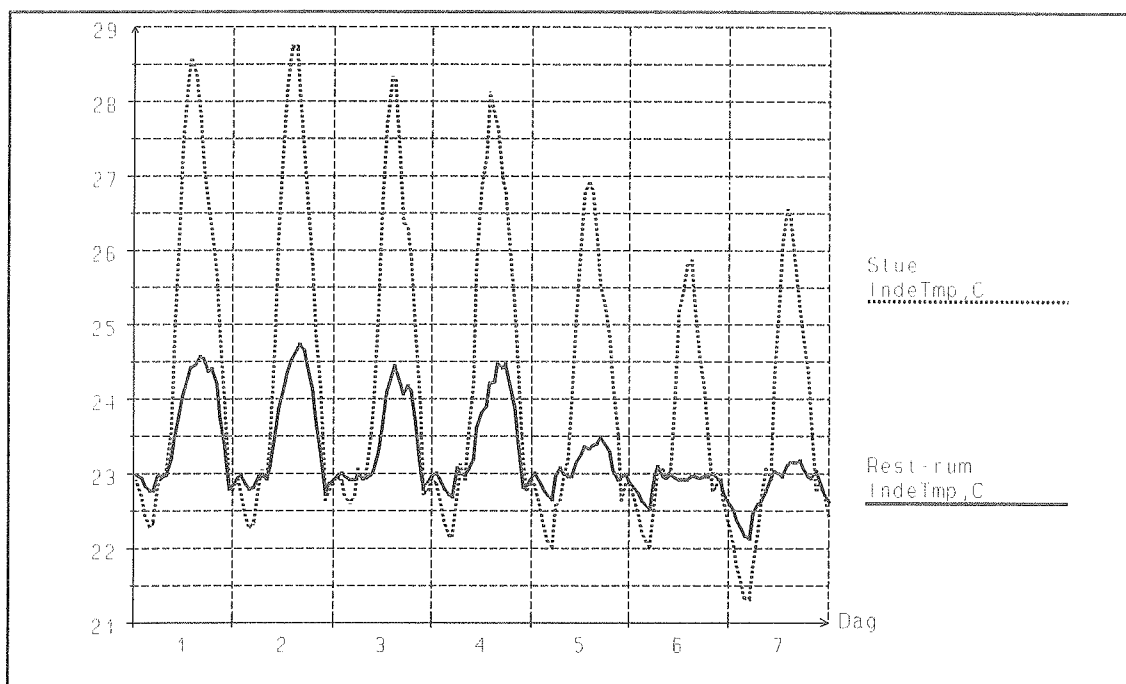
Alle enheder i skemaet er i kWh/år.

Skema 3.1.1 Varmebalance for parcelhus med og uden solindfald.

- 1) Det samlede energibehov til opvarmning af huset.
- 2) Varmetilskud fra personer, belysning og udstyr.
- 3) Totalt solindfald gennem vinduer.
- 4) Varmetab ved transmission, konvektion og stråling.
- 5) Varmetab som følge af infiltration.
- 6) Q_{udluft} refererer til varmetabet ved udluftning

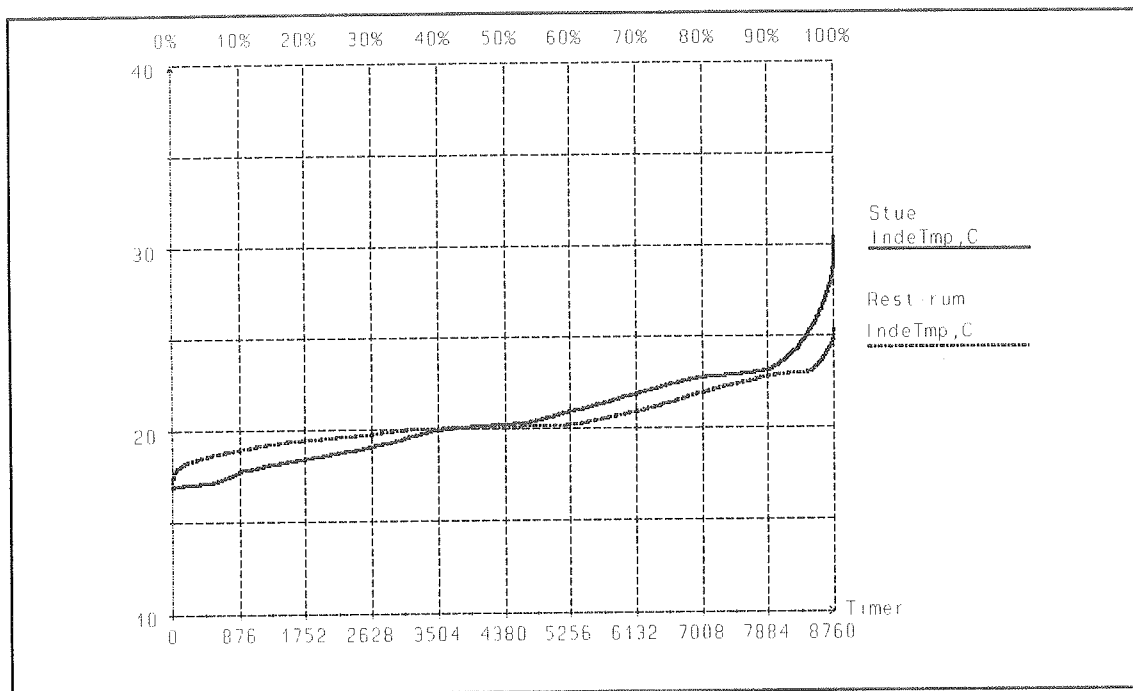
3.1.2 Indeklima i parcelhuset

Figur 3.1.2.1 viser temperaturforløbet i stuen og restrummet i en varm sommeruge. I stuen kommer temperaturen på de varmeste dage op i nærheden af 28°C, hvilket hovedsagligt skyldes det store sydvendte vinduesareal.



Figur 3.1.2.1 Temperaturforløb i stue og restrum i uge 23.

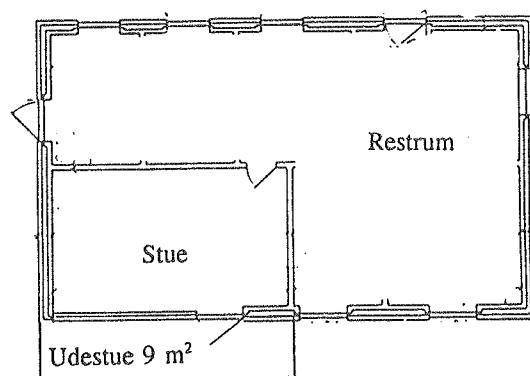
I restrummet ligger temperaturen i sommerperioden omkring 23°C. Af timestatistikken figur 3.1.2.2 ses, at det kun er i ca. 5% af årets timer, temperaturen i stuen ligger mellem 23 og 27°C. Det er som regel i korte perioder, men også enkelte længere om sommeren, der er mulighed for problemer med for høje temperaturer



Figur 3.1.2.2 Timestatistik for hele året i stue og restrum.

3.2 PARCELHUS MED GLASTILBYGNING

Glastilbygningen har et grundareal på 9 m², og er placeret foran det store vinduesparti i stuen, se figur 3.2.1. Der inddækkes 15,4 m² ydervæg, hvoraf de 7,7 m² er vinduer.



Figur 3.2.1 Placering af glastilbygning.

Fladerne, der vender ud mod det fri, er defineret, så glasarealet udgør 90% og profilerne de resterende 10%. Profilsystemet er valgt sådan, at U-værdien svarer til det anvendte glas. Gulvkonstruktionen i udestuen består af klinker, 100 mm beton og 100 mm isolering. Udestuen er beregnet med følgende fire rudetyper i klimaskærmen:

- en simpel konstruktion med et lag glas i aluminiumsramme.
- to lag glas i aluminiumsramme med brudt kuldebro.
- lavemissionsglas i rammekonstruktion med samme U-værdi.
- aerogelruder i rammekonstruktion med samme U-værdi.

Øvrige for glastilbygningen fremgår af oversigt i appendix B. For alle fire glastilbygningstyper er der ikke regnet med personlast eller opvarmning i selve glastilbygningen. Muligheden for at varme udestuen op er selvfølgelig til stede, men etablering af en glastilbygning skal helst medføre en reduktion i husets varmekonsum og ikke det modsatte.

3.2.1 Energibalancel i parcelhus

Vardebabilancen for parcelhuset med udestue fremgår af de to nedenstående skemaer. Da udestuen inddækker hovedparten af stuens overflade mod det fri er infiltrationsluften Q_{inf} til stuen sat til at komme fra glastilbygningen.

	Parcelhus uden glastilbygning.	Parcelhus hvor klimaskærmen i glastilbygningen er med:			
		1 lag glas	2 lag glas	lavemission	aerogel
Q_{opv}	7487	6391	6127	5594	4954
Q_{intern} ¹⁾	4183	4653	4655	4661	4659
Q_{sol}	4788	4056	3903	3467	3628
Q_{trans}	-11942	-10643	-10261	-9869	-9294
Q_{inf} ²⁾	-3701	-3299	-3118	-2941	-2704
Q_{udluft}	-815	-1158	-1306	-1012	-1243

Alle enheder i skemaet er i kWh/år.

Skema 3.2.1.1. Fordeling af energibidrag i parcelhus

1) Bidrag fra personer, belysning og udstyr.

2) Q_{inf} består af infiltrationen fra restummet plus varmesømmen til udestuen, da infiltrationen i stuen sker gennem denne

Parcelhus	Uden glastilbygning		Parcelhus hvor klimaskærmen i glastilbygningen er med:			
	med sol	uden sol	1 lag glas	2 lag glas	lavemission	aerogel
Q_{opv} 1)	7487	9816	6391	6127	5594	4954
ΔQ_{opv} 2)			1096	1360	1893	2533
Q_{sol} i lejl. 3)	4788	0	4056	3903	3567	3628
ΔQ i % 4)			15	18	25	34
Antal brugsdage 5)			192	226	255	308

Enheder for Q i skema [kWh/år].

Skema 3.2.1.2 Opvarmning i parcelhus

- 1) energiforbruget til opvarmning af lejlighed med en uopvarmet glastilbygning.
- 2) energibesparelse for lejlighed når der opføres en uopvarmet glastilbygning.
- 3) samlet solindfald i lejligheden.
- 4) energibesparelse ved uopvarmet glastilbygning i forhold til energiforbruget uden glastilbygning.
- 5) samlet antal brugsdage

Udnyttet solindfald

I nedenstående skema er der for de forskellige udestuer udregnet, hvor meget solindfaldet til rummet bag glastilbygningen (stuen) reduceres når, der opføres en glastilbygning. Der er for stuen opgjort, hvor stor en procentdel af det direkte solindfald, der anvendes til rumopvarmning, både med og uden udestuen.

Parcelhus stue	Uden glastilbygning	Parcelhus hvor klimaskærmen i glastilbygningen er med:			
		1 lag glas	2 lag glas	Lavemission	Aerogel
$Q_{sol, stue}$ 1)	2383	1650	1498	1161	1223
$Q_{opv, stue}$ 2)	2584	1819	1630	982	502
$Q_{opv, st. uden sol}$ 3)	3400	1942	1662	1062	526
$Q_{opv, stue fra sol}$ 4)	816	123	32	80	24
$Q_{sol, udnyttet}$ 5)	34 %	7 %	2 %	7 %	2 %

Alle ubenævnte enheder i skemaet er i kWh/år

Skema 3.2.1.3. Analyse af solindfald

- 1) Solindfald til stue bag glastilbygning.
- 2) Energibehovet til opvarmning af stuen.
- 3) Energibehov til opvarmning af stuen, når der ikke er noget solindfald.
- 4) Solindfald som udnyttes til opvarmning af stuen.
- 5) Udnyttet solindfald i % af total solindfald for stuen.

Solindfaldet til stuen reduceres kraftigt, når der opføres en udestue foran vinduerne. Anvendes der lavemissionsruder i glastilbygningens klimaskærm fås en reduktion på 51%. Med 1 lag glas reduceres solindfaldet i stuen med 31%. Reduktionen af solindfaldet skyldes dels det ekstra lag glas og dels udestuens konstruktionselementer. I beregningerne med glastilbygningerne er der regnet med samme dæklagsmateriale i taget og lodrette flader. I praksis vil man sandsynligvis bruge matterede plastplader i taget, hvilket betyder, at man må forvente en større reduktion af solindfaldet. Størrelsesordenen af en sådan reduktion kan fås ved at se i kapitel 4. Her er reduktionen i solindfaldet bestemt for en glasinddækket facade, hvor lejlighedens glastilbygning har et betondæk som loft. Reduktionen i solindfaldet til rummet bag udestuen ligger her i størrelsesordenen 90%.

I parcelhuset uden udestue udnyttes der 34% af solindfaldet til opvarmning. Opføres en udestue med 1 lag glas udnyttes der 7% af det direkte solindfald til opvarmning. Dette fald opvejes af, at stuens varmetab ved transmission og infiltration samtidig reduceres. For hver gang dæklagets U-værdi gøres bedre, falder udnyttelsesgraden. Forklaringen på dette er, at der med en udestue vil være et større transmissionstab om natten end om dagen. I dagtimerne vil temperaturen i udestuen hurtigt komme op på temperaturer i nærheden af indetemperaturen. Dette betyder, at transmissionstabet og dermed varmebehovet for stuen er lavt i den periode på dagen, hvor der er solindfald til stede. Beregningerne med lavemissionsruder giver en afvigelse i skemaets kolonne for udnyttelsesgrader. Det skyldes, at rudernes transmittans er lav, hvorved solafskærmningen aktiveres anderledes.

3.2.2 Indeklima i glastilbygning

et lag glas

I glastilbygningen har det været nødvendigt at installere en form for solafskærmning for at undgå temperaturer på omkring 70°C i sommermånederne. Der er derfor anvendt en solafskærmning sådan, at 90% af solens stråler holdes ude. Det kan f.eks. ske ved hjælp af udvendige skodder eller persiener. Ved at anvende solafskærmning i glastaget og i de øst- og vestvendte sider sammen med udluftning, er det muligt at holde sommertemperaturen i udestuen under 35°C.

I vinterperioden forekommer der temperaturer ned til -6°C, samtidig med at udetemperaturen ligger på -14°C. Temperaturen i udestuen vil i 25% af årets timer være højere end 20°C. Med 1 lag glas i klimaskærmen vil der være 192 brugsdage om året svarende til 53% af årets dage.

to lag glas

For at opnå et acceptabelt indeklima i udestuen om sommeren, var det for denne udestue nødvendigt med solafskærmning. Der er anvendt samme afskærmning som i beregningerne med et 1 lag glas. I udestuen vil temperaturen være højere end 20°C i 35% af årets timer. Som spidsbelastning kommer temperaturen op på 38°C om sommeren, hvilket er noget over

den acceptable indetemperatur. Temperaturen om vinteren kommer ned på -2°C . Antallet af brugsdage ligger på 226 svarende til 62% af årets dage.

lavemissionsglas

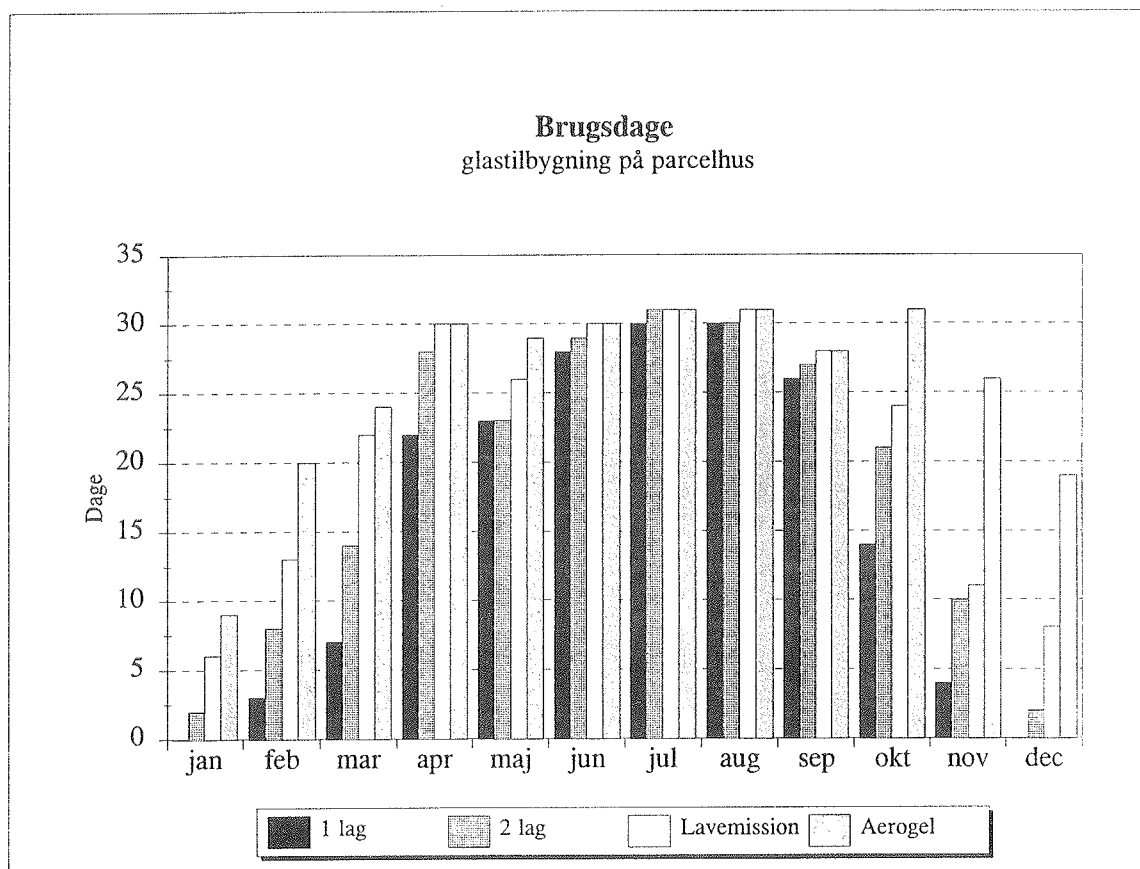
Temperaturen i udestuen kommer i sommerperioden op på 37°C . I vinterperioden vil temperaturen være nede på 2°C . Temperaturen i udestuen vil i 42% af årets timer være højere end 20°C , og der vil være 255 brugsdage om året svarende til 70% af årets dage.

aerogelruder

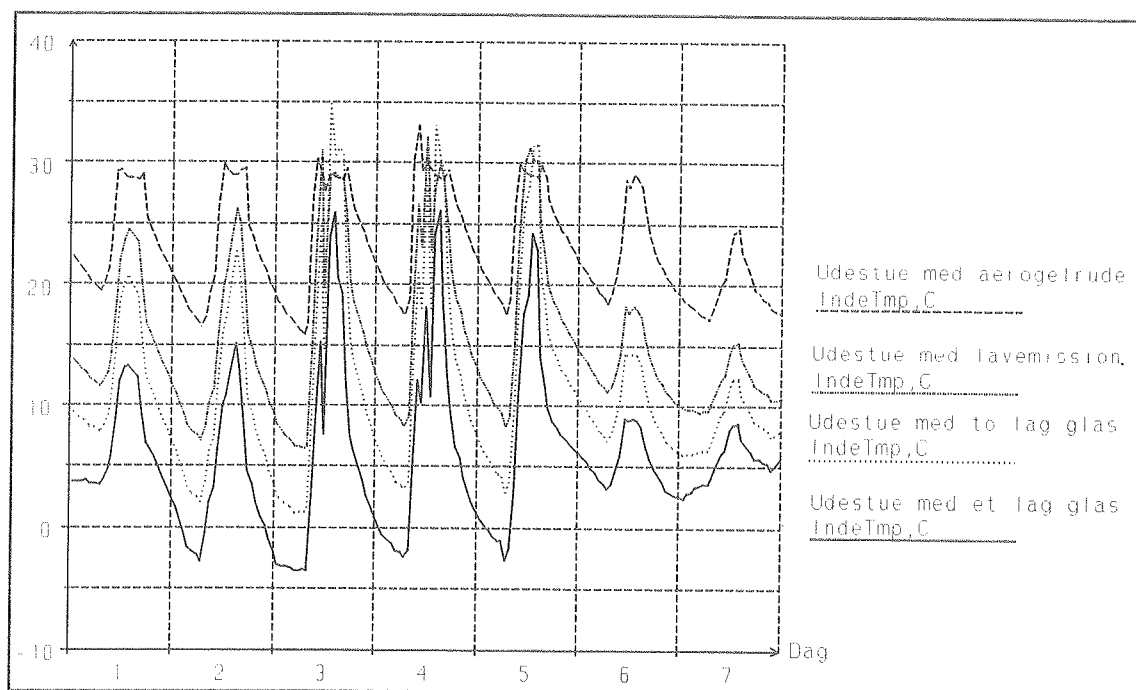
I udestuen vil temperaturen være højere end 20°C i 60% af årets timer. Som spidsbelastning kommer temperaturen op på 40°C om sommeren og ned på 10°C om vinteren. Antallet af brugsdage ligger på 308 svarende til 84% af årets dage.

brugsdage

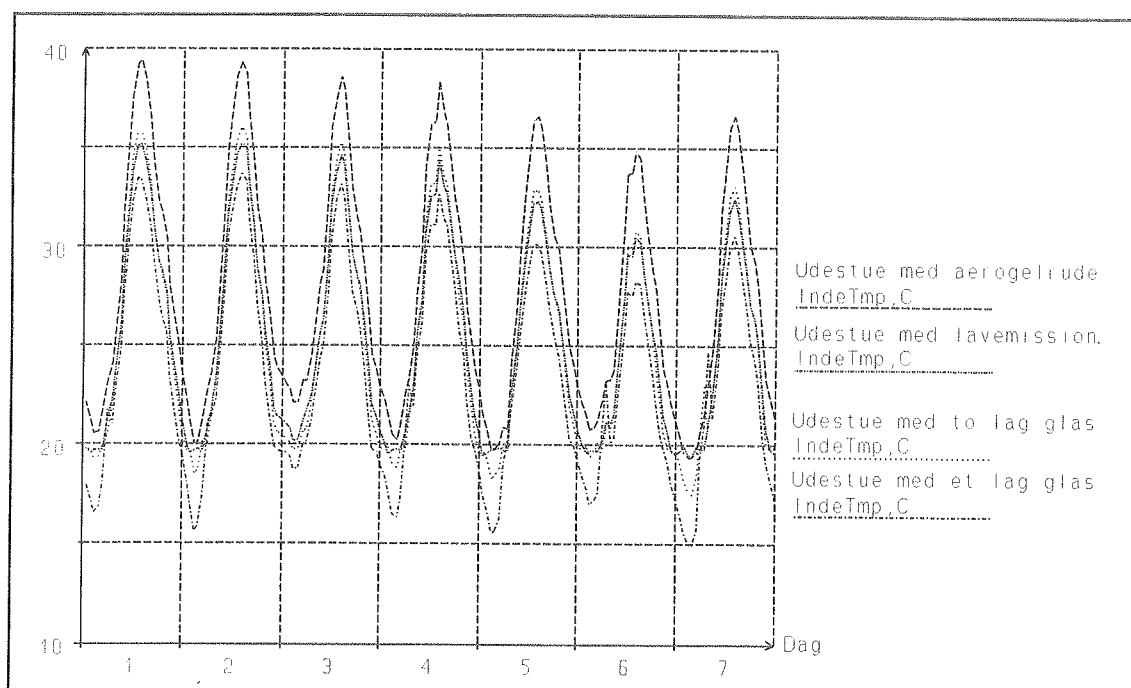
En sammenligning af antallet af brugsdage ved brug af de forskellige glastyper er vist i nedenstående figur og indetemperaturerne for to udvalgte uger i referenceåret /5/ (uge 8 og 23) er vist i figur 3.2.2.2 og 3.2.2.3.



Figur 3.2.3.1 Sammenligning af brugsdage.



Figur 3.2.2.2 Temperaturer i glastilbygning i referenceårets uge 8.



Figur 3.2.2.3 Temperaturer i glastilbygning i referenceårets uge 23.

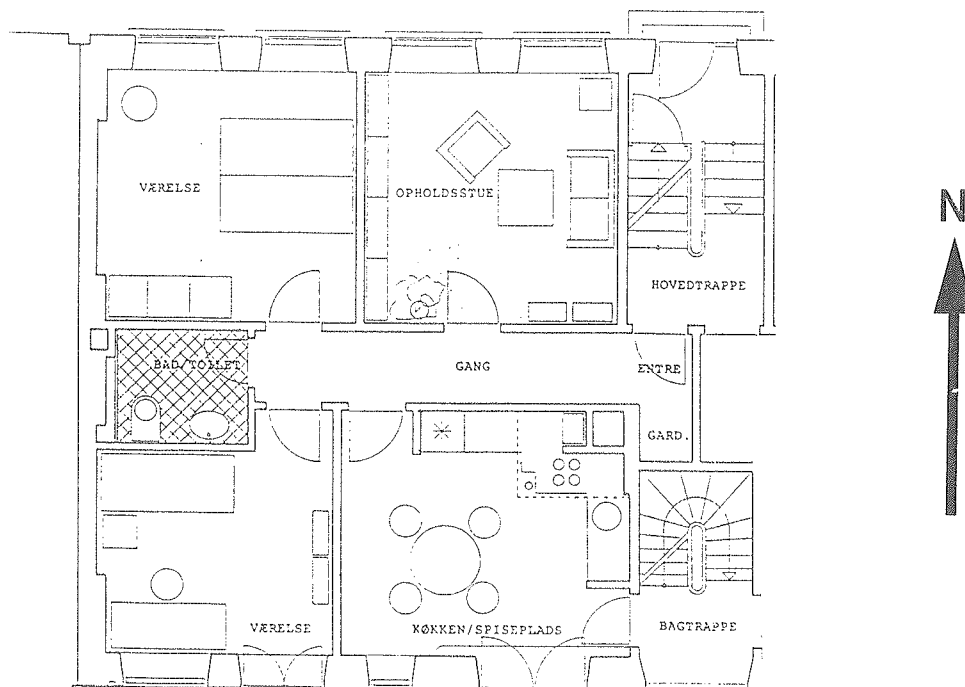
3.2.3 Indeklima i parcelhus

Temperaturen i stuen kommer højest op på 27°C om sommeren uanset hvilken af de fire glastyper, der sidder i glastilbygningens klimaskærm, og der vil i ca. 10% af årets timer være over 23°C, hvilket må siges, at være acceptabelt . At den maksimale temperatur i stuen falder, når der opføres en tilbygning skyldes, at solindfaldet reduceres. Hvis døren fra glastilbygningen ind til stuen står åben, kan temperaturen godt komme væsentlig højere op. Der er i øvrigt ikke regnet med luftudveksling mellem stue og glastilbygning gennem åbne døre i disse beregninger. Det er sket for at opnå så høje temperaturer i glastilbygningen som muligt. I restrummet ligger temperaturen i sommermånederne mellem 23°C og 25°C.

4.0 ÆLDRE ETAGEEJENDOM MED GLASTILBYGNING

4.1 BESKRIVELSE AF ETAGEEJENDOM

Etageejendommen der regnes på, er en uisoleret teglstensbygning fra omkring år 1900 beliggende i Dannebrogsgade 18 på Vesterbro i København. Selve modellen er baseret på tegninger over en lejlighed på 2. sal. Lejligheden har kun to flader mod det fri, idet det er en midterlejlighed samtidig med at ejendommen er en del af en større karré.



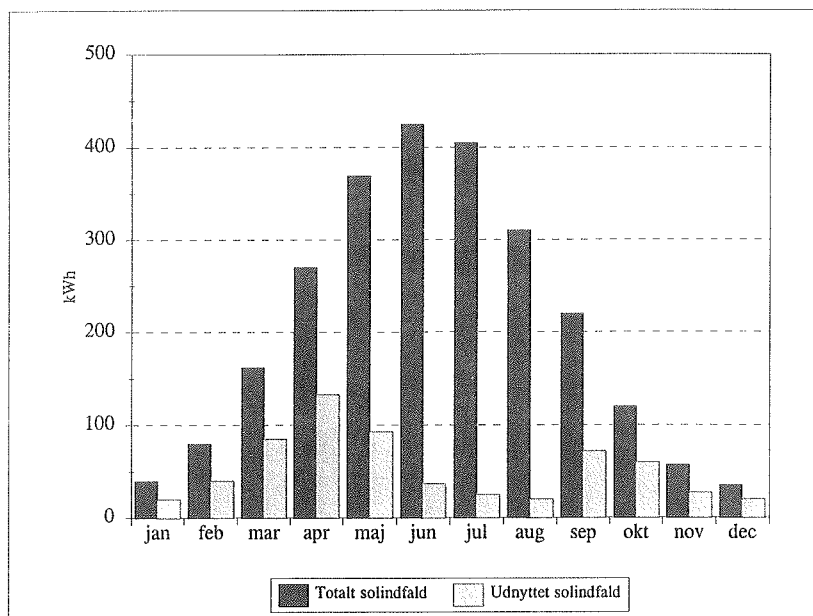
Figur 4.1.1 Plan over lejligheden.

Ejendommen er en typisk etageejendom fra omkring århundredeskifte. Der er 5 etager med 10 lejligheder på hver ca. 60 m². Ydervæggen består af en massiv uisoleret teglstensmur med 2,5 stens bredde i kælderen afsluttende med 1 sten på øverste etage. Etageskellet er et træbjælkelag med plankegulv og lerindskud. Det samlede vinduesareal i en lejlighed er på 16,2 m². Vinduerne er termoruder (2 lag glas i trærammer), og med et glasareal på 75 %. Yderligere data for lejligheden fremgår af skema vedlagt i appendix B. I forbindelse med beregningerne er lejligheden blevet delt i et nordvendt (restrum) og et sydvendt rum (stue).

4.1.1 Energibalance i lejlighed

Solindfaldets bidrag til rumopvarmningen er beregnet ud fra en gennemregning af lejligheden med og uden solindfald på samme måde som ved parcelhuset. Solindfaldets bidrag til rumopvarmningen udgør ca. 14 % af det årlige energibehov til opvarmning, det svarer til en udnyttelse af ca. 50 % af det totale solindfald. Dette svarer iøvrigt til udnyttelsesgraden, der blev

regnet ud i forbindelse med parcelhuset. Fordelingen af udnyttet solenergi er vist i figur 4.1.1.1.



Figur 4.1.1.1 Solindfald der udnyttes til opvarmning.

Varmebalancen for lejligheden med og uden solindfald fremgår af skemaet på næste side. Af denne, ses at det årlige energiforbrug til opvarmning er på 7471 kWh. For lejligheden uden solindfald er energiforbruget 8654 kWh/år.

Lejlighed	uden solindfald	med solindfald
Q_{opv}	8654	7471
Q_{intern}	2941	2938
Q_{sol}	0	2462
Q_{trans}	-8963	-9933
Q_{inf}	-2632	-2840
Q_{udluft}	0	-98

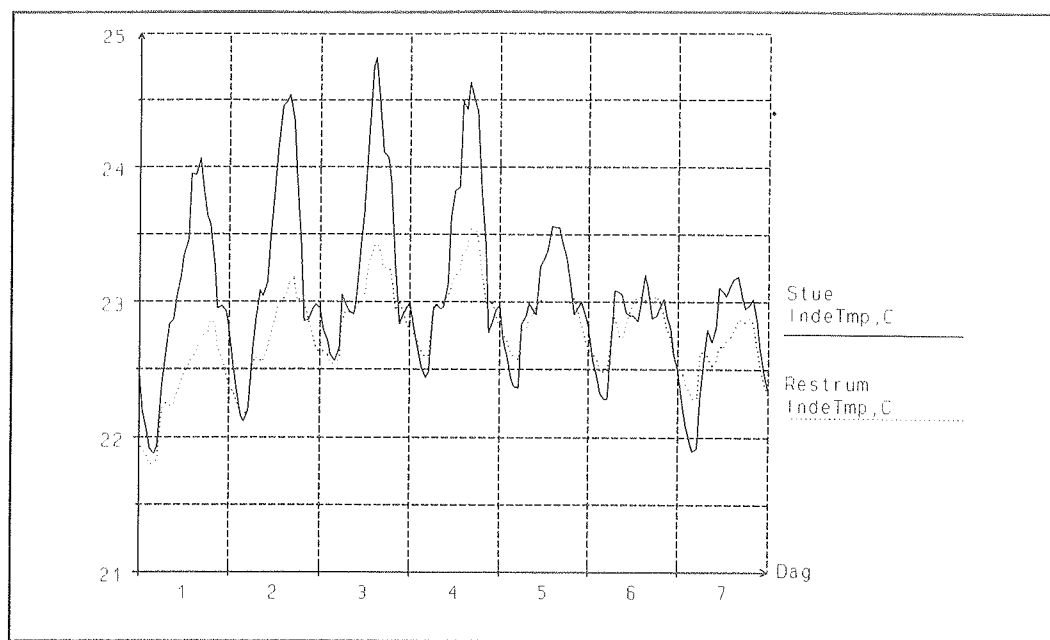
Alle enheder i skemaet er i kWh/år

Skema 4.1.1.1. Varmebalance i lejlighed med og uden solindfald.

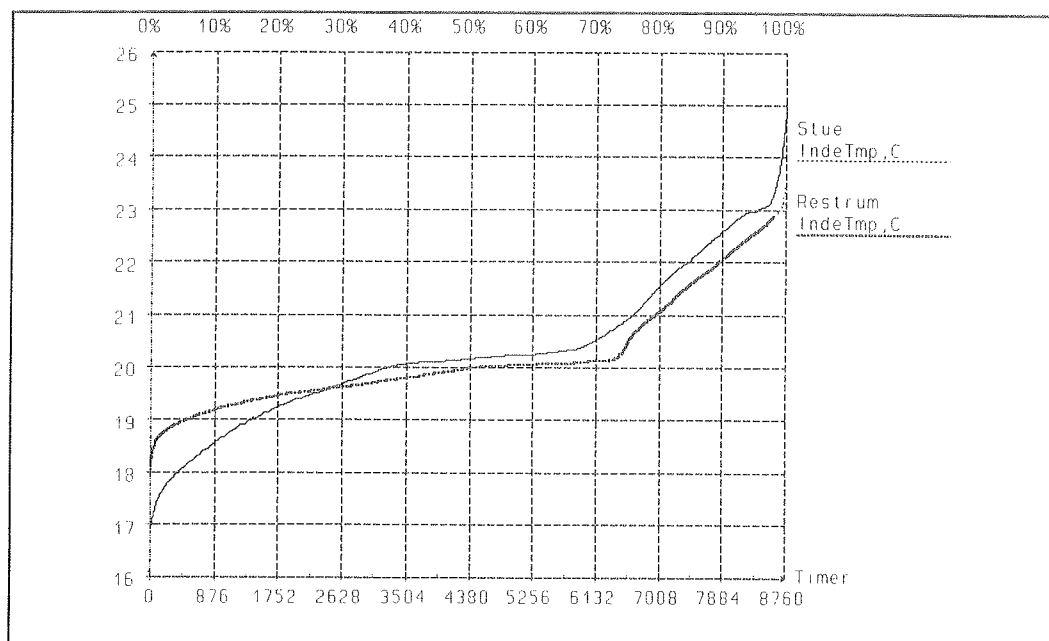
- 1) Det samlede energibehov til opvarmning af huset.
- 2) Varmetilskud fra personer, belysning og udstyr.
- 3) Totalt solindfald gennem vinduer.
- 4) Varmetab ved transmission, konvektion og stråling.
- 5) Varmetab som følge af infiltration.
- 6) Q_{udluft} refererer til varmetabet ved udluftning

4.1.2 Indeklima i lejlighed

Figur 4.1.2.1 viser temperaturforløbet i stuen, restrummet og ude for uge 23, en typisk varm sommeruge. Den maksimale temperatur i stuen kommer op på 25°C, og temperaturen i restrummet ligger i uge 23 konstant omkring 23°C. Af timestatistikken, figur 4.1.2.2, kan det aflæses, at det kun er i ca. 2 % af årets timer temperaturen i stuen kommer over 23°C.



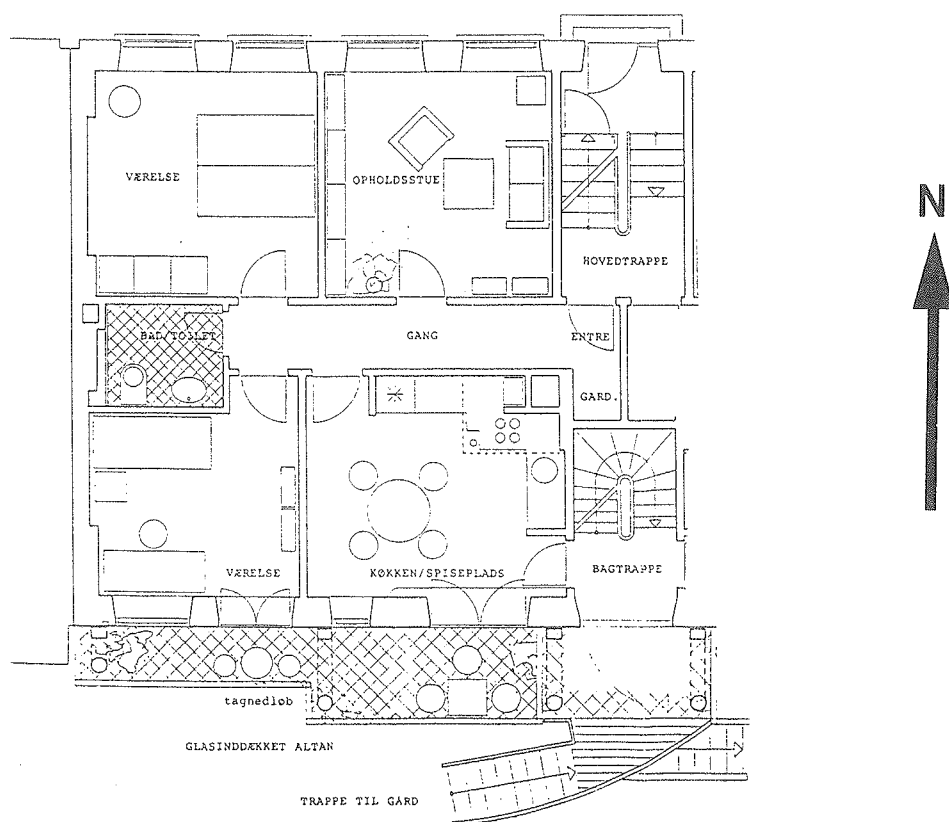
Figur 4.1.2.1 Temperaturforløb i stue og restrum.



Figur 4.1.2.2 Timestatistik.

4.2 GLASINDDÆKKET ALTANTILBYGNING

Den glasinddækkede altantilbygning er opført så, den inddækker hele ejendommens gårdfacade, som i modellen er regnet som sydvendt. Altantilbygningens bærende konstruktion består af præfabrikerede betonelementer. Tilbygningen giver et glasinddækket rum på ca. 10 m² til hver lejlighed.



Figur 4.2.1 Placering af glastilbygning.

Glastilbygningen har én flade, som vender mod en glasinddækket trappeafsats, resten af glasfladerne vender mod det fri. I klimaskærmen er der et glasareal på 90% og profilareal på 10%. Konstruktionen er beregnet for følgende fire rudetyper.

- en simpel konstruktion med et lag glas i aluminiumsramme.
- to lag glas i aluminiumsramme med brudt kuldebro.
- lavemissionsglas i rammekonstruktion med samme U-værdi.
- aerogelruder i rammekonstruktion med samme U- værdi.

Inddata til beregningerne med de forskellige dæklag fremgår af skemaerne vist i appendix B.

4.2.1 Energibalance i lejlighed

Varmebalancen for lejlighed med glastilbygning fremgår af de to nedenstående skemaer.

Ældre lejlighed	lejlighed uden altantilbygning	Tilbygget altan hvor klimaskærmen er med :			
		1 lag glas	2 lag glas	lavemission	aerogel
Q_{opv}	7471	5273	5117	4700	3565
Q_{intern} 1)	2938	2940	2940	2940	2950
Q_{sol}	2462	1335	1323	1298	1302
Q_{trans}	-9933	-7151	-7125	-6858	-6189
Q_{inf} 2)	-2840	-1021	-1904	-1767	-1502
Q_{udluft}	-98	-376	-350	-312	-116

Alle enheder i skemaet er i kWh/år

Skema 4.2.1.1 Fordeling af energibidrag i lejlighed.

1) Bidrag fra personer, belysning og udstyr.

2) Q_{inf} består af infiltration fra restrummet plus varmestrømmen til udestuen, da infiltrationen i stuen sker gennem denne.

Energiforbruget til opvarmning reduceres betydeligt allerede ved et dæklag med 1 lag glas. Forbedres dæklagets U-værdi sker der en yderligere reduktion af lejlighedens energiforbrug. Den store reduktion af energiforbruget skyldes, at lejlighedens areal mod det fri halveres ved opførelsen af glastilbygningen, samtidig med at infiltrationsluften til det bagvedliggende rum kommer gennem glastilbygningen.

Dannebrogsgade	Lejlighed alene		Lejlighed hvor dæklag i glastilbygning er med:			
	med sol	uden sol	1 lag glas	2 lag glas	lavemission	aerogel
Q_{opv} 1)	7471	8654	5273	5117	4700	3565
ΔQ_{opv} 2)			2198	2354	2771	3906
Q_{sol} i lejh. 3)	2462	0	1335	1323	1298	1302
ΔQ i % 4)			29	33	37	52
Antal brugsdage 5)			211	246	267	337

Enheder for Q i skema kWh/år.

Skema 4.2.1.2 Opvarmning i lejlighed

1) energiforbruget til opvarmning af lejlighed med en uopvarmet glastilbygning.

2) energibesparelse for lejlighed når der opføres en uopvarmet glastilbygning.

3) samlet solindfald i lejligheden.

4) energibesparelse ved uopvarmet glastilbygning i forhold til energiforbruget uden glastilbygning.

5) samlet antal brugsdage

Udnyttet solindfald

Samtidig med at glastilbygningen reducerer varmetabet fra den inddækkede facade, hindrer den solstrålingen i at nå ind i lejligheden. I nedenstående skema er vist, hvilken indflydelse opførelsen af glastilbygningen har på det bagvedliggende rum.

Dannebrogsgade	Lejlighed uden glastilbygning	Lejlighed hvor klimaskærmen i glastilbygningen er med:			
		1 lag glas	2 lag glas	Lavemission	Aerogel
$Q_{\text{sol, stue}}$ 1)	1253	126	114	88	93
$Q_{\text{opv, stue}}$ 2)	3119	1252	883	610	36
$Q_{\text{opv, stue} + \text{sol}}$ 3)	3797	1269	889	613	36
$Q_{\text{opv, stue fra sol}}$ 4)	678	17	7	3	0.5
$Q_{\text{sol, udnyttet}}$ 5)	19%	14%	6%	4%	1%

Alle ubenævnte enheder i skema er i kWh/år

Skema 4.2.1.3 Analyse af solindfald.

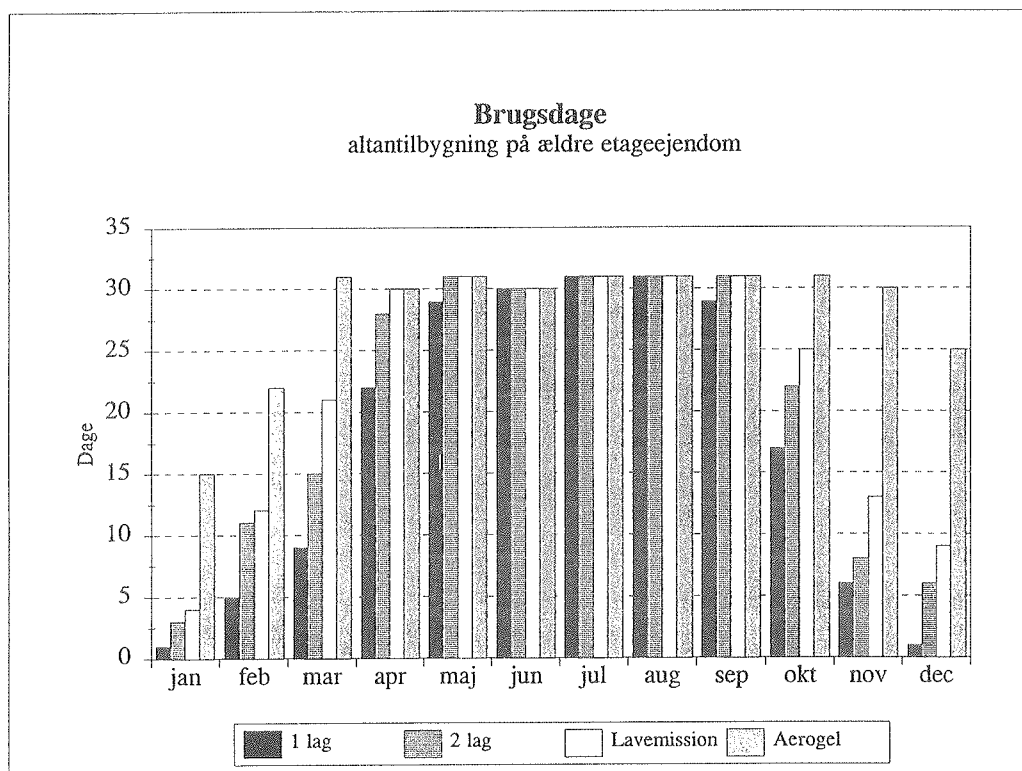
- 1) Solindfald til stue bag glastilbygning.
- 2) Energibehovet til opvarmning af stuen.
- 3) Energibehov til opvarmning af stuen, når der ikke er noget solindfald.
- 4) Solindfald som udnyttes til opvarmning af stuen.
- 5) Udnyttet solindfald i % af total solindfald for stuen.

Solindfaldet til stuen falder med mere end 90 %, når der sættes en glastilbygning foran vinduerne. Dette skyldes først og fremmest loftet i tilbygningen, som er det betondæk, som er en del af den nye altantilbygning. I lejligheden uden glastilbygning udnyttes der 19 % af solindfaldet i stuen. Når der er en glastilbygning med 1 lag glas, udnyttes der 14%, med 2 lag 6 %, med lavemission 4% og med aerogel 1% af solindfaldet til rumopvarmning. Reduktionen af udnyttelsesgraden opvejes af, at stuens varmetab som følge af transmission, konvektion og infiltration samtidig reduceres. Resultaterne i skemaet viser tydeligt, at jo bedre isolerende dæklaget er, desto mindre behov er der for at udnytte solindfaldet.

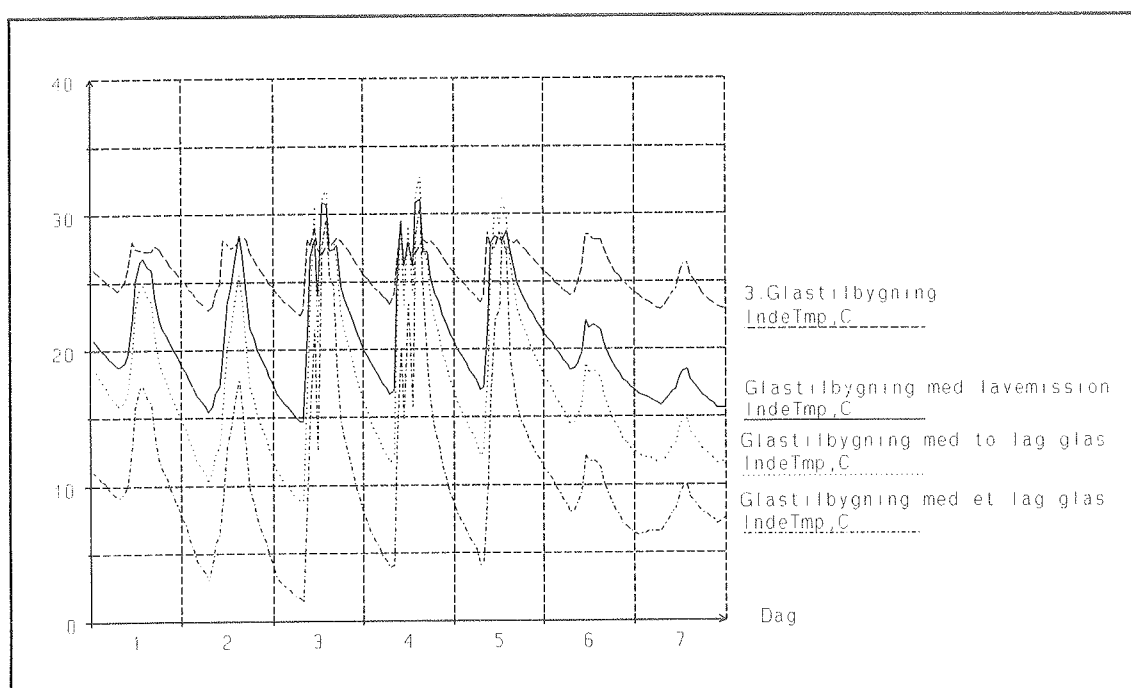
Ved anvendelse af lavemissions- og aerogelruder i dæklaget opnår man udover den væsentlige energibesparelse, at glastilbygningen som uopvarmet konstruktion kan anvendes i en stor del af året. For aerogelruden vil 337 dage om året kunne opfylde det opstillede krav til et brugsdøgn, samtidig med at temperaturen i glastilbygningen praktisk taget ikke kommer under 15°C.

4.2.2 Indeklima i glastilbygning

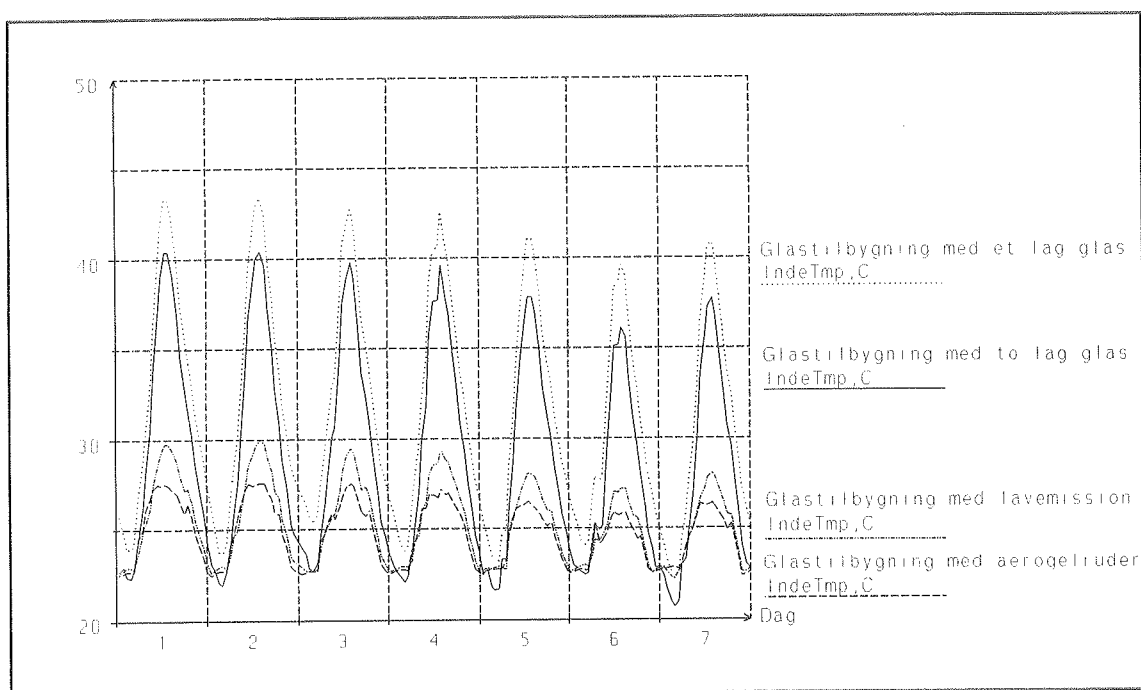
Fordelingen af antal brugsdage i glastilbygningen med de forskellige dæklagsmaterialer er illustreret i figur 4.2.2.1, hvor det ses, at antallet af brugsdage stiger ved brug af bedre isolerende dæklag og i figur 4.2.2.2 samt 4.2.2.3 vises indetemperaturene for to udvalgte uger.



Figur 4.2.2.1 Antal brugsdage over året.



Figur 4.2.2.2 Temperaturer i glastilbygning i referenceårets uge 8.



Figur 4.2.2.3 Temperaturer i glastilbygning i referenceårets uge 23.

1 lag glas

I glastilbygningen med 1 lag glas har det ikke været nødvendigt at etablere solafskærmning, da temperaturen kan reguleres tilstrækkeligt vha. udluftning. Temperaturen i glastilbygningen vil i 40% af årets timer være højere end 20°C, og kommer maksimalt op på 42°C som spidsbelastning. Ud af årets 365 dage er der 211 brugsdage, hvilket svarer til ca. 58% af året.

2 lag glas

Her har det været nødvendigt med solafskærmning for at opnå et acceptabelt indeklima i glastilbygningen. Der er simuleret en solafskærmning med en afskærmningsfaktor på 0,33 sammen med udluftning. I glastilbygningen vil temperaturen være højere end 20°C i 54% af årets timer, og i spidsbelastningssituationen kommer den op på 37°C. Der vil med et dæklag af 2 lag glas være 246 brugsdage i glasbygningen (ca. 67% af året).

lavemissionsglas

Det har her også været nødvendigt at etablere solafskærmning for at holde temperaturen i glasbygningen nede på et acceptabelt niveau. Solafskærmningsfaktoren er på 0,33. Temperaturen er i 63% af årets timer større end 20°C, hvor den højeste temperatur er 35°C. I denne glastilbygning vil der være 267 brugsdage om året, hvilket svarer til 73% af året.

aerogel

I denne glastilbygning er der etableret solafskærmning med solafskærmningsfaktor på 0,10. Temperaturen i glasbygningen kommer 90% af årets timer over 20°C, og den maksimale temperatur er på 38°C. Det samlede antal brugsdage er på 337 om året, hvilket svarer til ca. 96% af året.

For samtlige dæktagstyper gælder, at glasrummene i spidsbelastningssituationer kommer op på temperaturer der ligger over 30°C, der er valgt som acceptabelt, men det er højest i nogle timer ad gangen fordelt over året, dog hyppigst i sommerperioden.

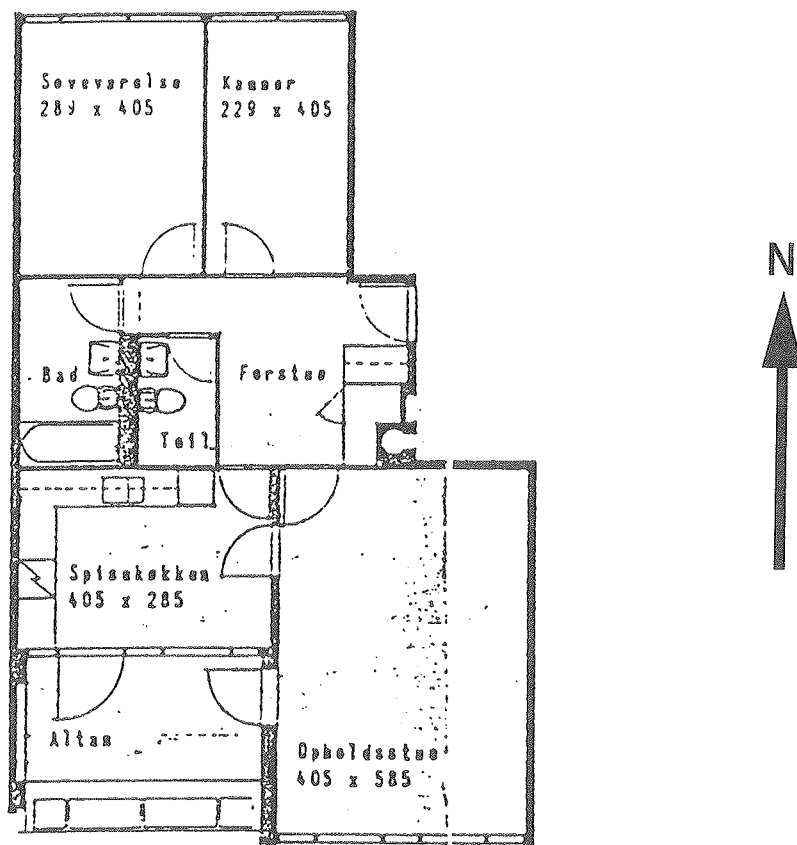
4.2.3 Indeklima i lejlighed

For samtlige af de anvendte dæktag gælder, at temperaturen i stuen maksimalt kommer op på 29°C om sommeren, og vil kun i ca. 10% af årets timer være over 23°C, hvilket må siges at være et acceptabelt indeklima /6/. I restrummet ligger temperaturen konstant omkring 20°C.

5.0 NYERE ETAGEEJENDOM

5.1 BESKRIVELSE AF LEJLIGHED

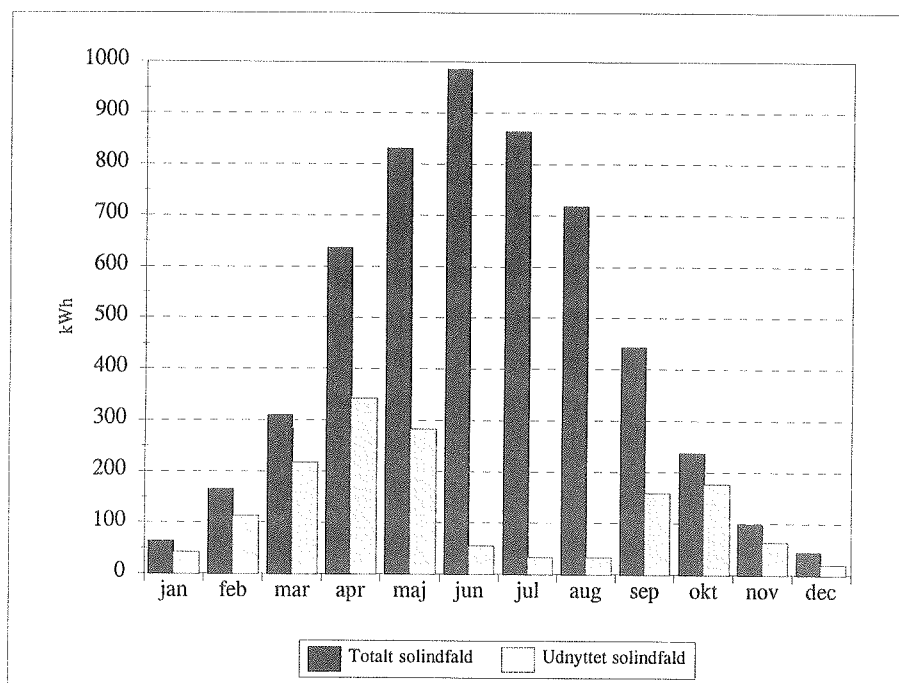
Den valgte lejlighed ligger i en treetagers ejendom bygget omkring 1960 og der er del af et større boligkompleks ved Brøndby Strand. Ydermuren er isoleret, og det er kun de nord- og sydvendte vægge, der vender mod det fri. Etageskellet består af beton med bøgemarket. Vinduerne er termoruder (2 lag glas i trærammer) med 90% glasareal. Data til edb-modellen af lejligheden er vist i appendix B. Lejligheden er opdelt i tre zoner således, at køkken og opholdsstue hver udgør en zone, mens de resterende rum er slået sammen til et, som er kaldt restrum.



Figur 5.1.1 Plan over lejlighed.

5.1.1 Energibalance i lejlighed

Solindfaldets bidrag til opvarmning er, som i de to forudgående beregninger, forskellen i beregninger af varmekonsumet i lejligheden med og uden solindfald. De interne varmetilskud fra personer, belysning og udstyr er fastholdt.



Figur 5.1.1.1 Solindfald, der udnyttes til opvarmning.

Varmebalancen for lejligheden med og uden sol kan ses i nedenstående tabel. Af denne ses, at det årlige energiforbrug til opvarmning er på 5401 kWh for lejligheden med sol og 6946 kWh uden sol, hvilket giver et årligt nyttiggjort bidrag fra solen på 1545 kWh.

Lejlighed		Lejlighed uden sol	Lejlighed med sol
Q_{opv}	1)	7737	5840
Q_{intern}	2)	4427	4313
Q_{sol}	3)	0	5375
Q_{trans}	4)	-8076	-9339
Q_{inf}	5)	-4098	-4506
Q_{udluft}	6)	0	-1692

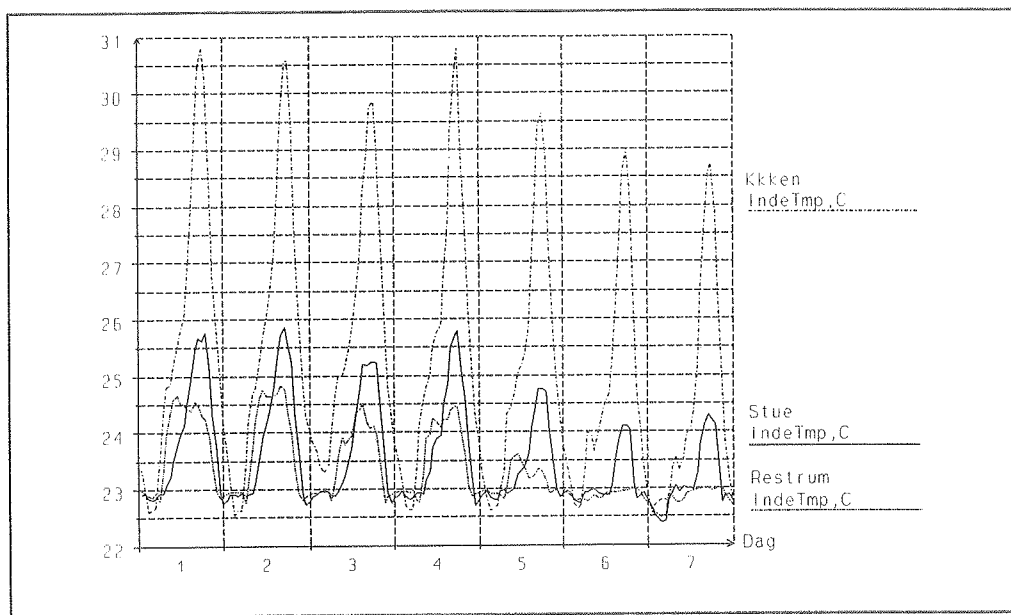
Alle enheder i skema er i kWh/år

Skema 5.1.1.1 Varmebalance for lejlighed med og uden solindfald

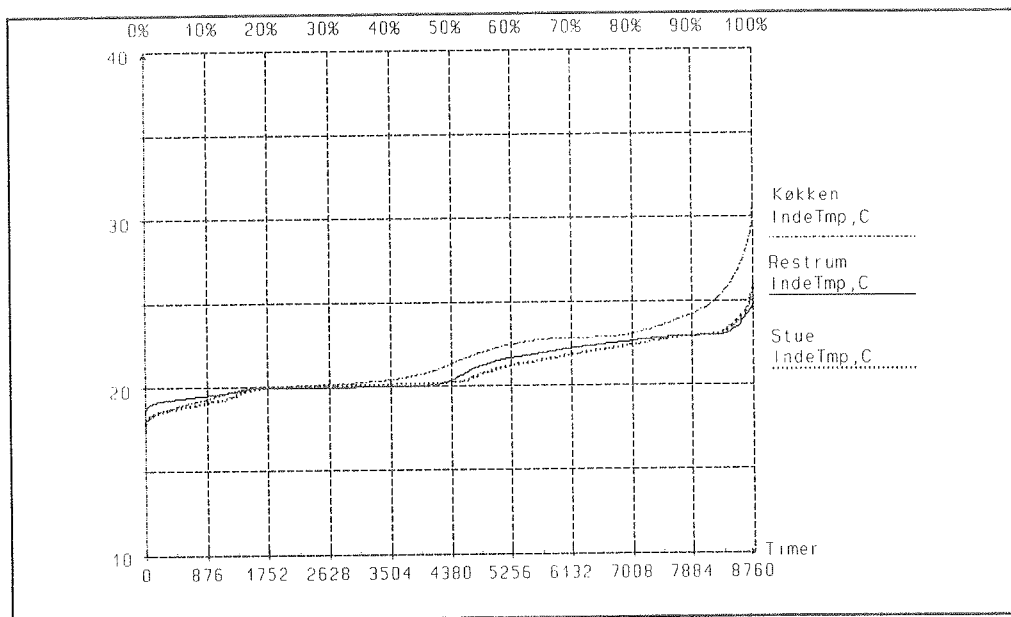
- 1) Det samlede energibehov til opvarmning af huset.
- 2) Varmetilskud fra personer, belysning og udstyr.
- 3) Totalt solindfald gennem vinduer.
- 4) Varmetab ved transmission, konvektion og stråling.
- 5) Varmetab som følge af infiltration.
- 6) Q_{udluft} refererer til varmetabet ved udluftning

5.1.2. Indeklima i lejlighed

Figur 5.1.2.1 viser temperaturforløbet i stuen, restrummet, køkkenet og ude for uge 23, som er årets varmeste uge. De højeste temperaturer i lejligheden er fordelt på følgende måde: i køkkenet 31°C, i stuen 26°C og i restrummet 24°C. Af timestatistikken i figur 5.2.2.2 kan det aflæses, at der kun er i ca. 10% af årets timer temperaturen kommer over 25°C.



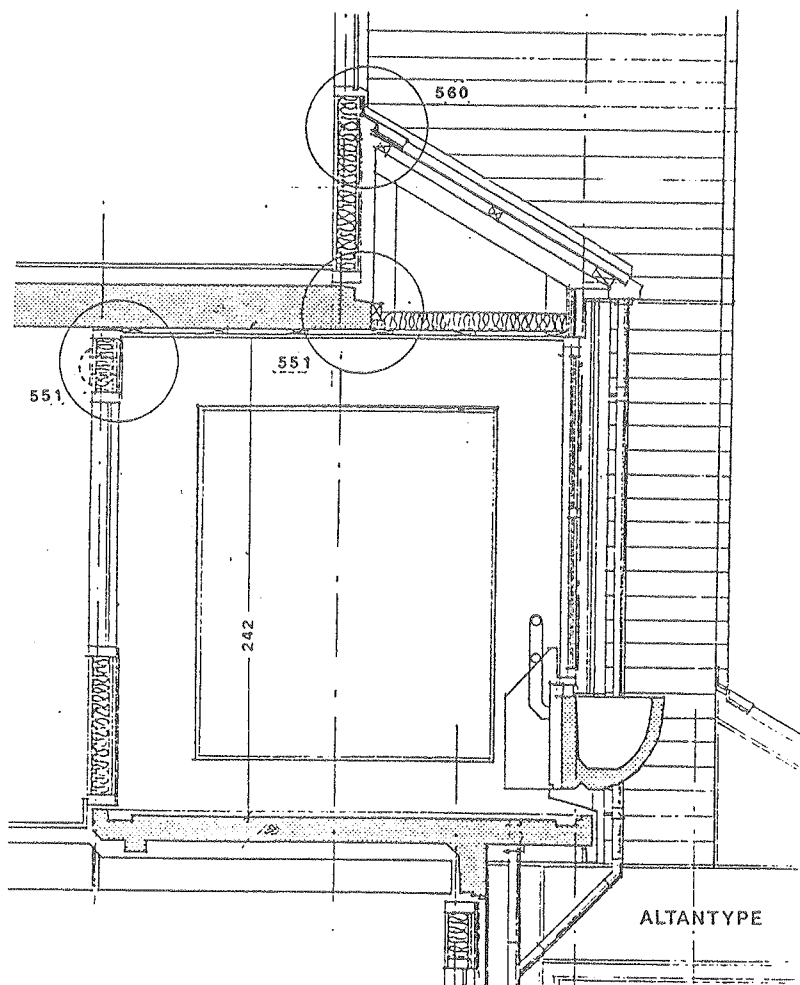
Figur 5.1.2.1 Indetemperatur i lejlighed i referenceårets uge 23.



Figur 5.1.2.2 Timestatistik for hele året i lejlighed.

5.2 ALTANLUKNING

Lejlighedens eksisterende indadvendte altan, som er på 8,7 m², får sat glas for åbningen mod det fri, så hele køkkenets og dele af stuens glasareal bliver inddækket. Nedenstående figur viser et lodret snit i altanlukningen.



Figur 5.2.1 Lodret snit i altanlukning.

Hele glasarealet i altanlukningen vender mod det fri. I klimaskærmen er der et glasareal på 90% og ramme/karmareal på 10%. Konstruktionen er gennemregnet med de samme typer af dæklag, som i de forrige modeller:

- en simpel konstruktion med et lag glas i aluminiumsramme.
- 2 lag glas i aluminiumsramme med brudt kuldebro.
- lavemissionsglas i rammekonstruktion med samme U-værdi.
- aerogelruder i rammekonstruktion med samme U-værdi.

Inddata til beregningerne med de forskellige dæklag fremgår af skemaerne i appendix B.

5.2.1 Energibalance i lejlighed

Varmebalancen for lejligheden med glastilbygning fremgår af nedenstående skema.

	Lejlighed uden glaslukning	Indadvendt altan hvor klimaskærmen er med:			
		1 lag glas	2 lag glas	lavemission	aerogel
Q_{opv}	5840	4191	3978	3925	3772
Q_{intern}	4313	4405	4411	4413	4412
Q_{sol}	5375	6400	5103	4562	4614
Q_{trans}	-9339	-9288	-8118	-7548	-7270
Q_{inf}	-4506	-4120	-4154	-4171	-4227
Q_{udluft}	-1692	-1594	-1227	-1188	-1308

Alle enheder i skema er i kWh/år

Skema 5.2.1.1 Fordeling af energibidrag i lejlighed.

1) Bidrag fra personer, belysning og udstyr.

2) Q_{inf} består af infiltration fra restrummet plus varmestrømmen til udestuen, da infiltrationen i stuen sker gennem denne.

Energiforbruget til opvarmning viser samme tendens som ved de andre beregninger, med et fald hver gang dæklagets U-værdi forbedres. Det kan dog ses i følgende skema, at besparelserne ikke er lige så store som med en udadvendt altan.

Brøndby Strand	Lejlighed		Indadvendt altan hvor klimaskærm er med:			
	med sol	uden sol	1 lag glas	2 lag glas	lavemission	aerogel
Q_{opv} 1)	5840	7737	4191	3978	3925	3772
ΔQ_{opv} 2)			1649	1862	1915	2068
Q_{sol} i lejh. 3)	5375	0	6400	5103	4562	4614
ΔQ i % 4)			28	32	33	35
Antal brugsdage			176	179	190	219

Enheder for Q i skema kWh/år.

Skema 5.2.1.2 Opvarmning i lejlighed

1) energiforbruget til opvarmning af lejlighed med en uopvarmet altan.

2) energibesparelse for lejlighed når der opføres en uopvarmet altan.

3) samlet solindfald i lejligheden.

4) energibesparelse ved uopvarmet altan i forhold til energiforbruget uden altanlukning.

5) samlet antal brugsdage

Lejlighedens samlede energiforbrug reduceres, som forventet, når der udføres en altanlukning. Reduktionen i forbruget ligger på cirka 29% med 1 lag glas og kommer op på 35% med aerogel. I forhold til de tidligere beregninger giver brugen af aerogelruder ikke så høj en besparelse her. Dette skyldes bl.a., at altanen vender indad, hvorved der i forvejen er et område med temperaturer, der ligger over udetemperaturen.

Udnyttet solindfald

I nedenstående skema er vist, hvilken indflydelse altanlukningen har på et bagved liggende rum.

Brøndby strand	Lejlighed uden lukning	Indadvendt altan hvor klimaskærmen er med:			
		1-lag glas	2-lag glas	Lavemission	Aerogel
$Q_{\text{sol, køkken}}$ 1)	1683	1284	982	759	790
$Q_{\text{opv, køkken}}$ 2)	580	133	53	27	27
$Q_{\text{opv, køkken - sol}}$	774	133	53	27	27
$Q_{\text{opv, køkken fra sol}}$	194	0	0	0	0
$Q_{\text{sol, udnyttet}}$	12.0%	0	0	0	0

Enheder for Q i skema kWh/år

Skema 5.2.1.3 Analyse af solindfald.

- 1) Solindfald til stue bag glastilbygning.
- 2) Energibehovet til opvarmning af stuen.
- 3) Energibehov til opvarmning af stuen, når der ikke er noget solindfald.
- 4) Solindfald som udnyttes til opvarmning af stuen.
- 5) Udnyttet solindfald i % af total solindfald for stuen.

Altanlukningen reducerer varmetabet fra den inddækkede facade, men begrænser samtidig solindfaldet til lejligheden. Køkkenet har en flade, der vender mod syd, men den er trukket 2 meter ind fra facaden, hvilket bevirker, at det kun er 12% af solindfaldet, der går til rumopvarmning. Solvarmen til køkkenet falder helt væk, som følge af det ekstra dæklag samt skygger fra profilerne der holder klimaskærmen. Det, at opvarmningsbehovet alligevel falder, skyldes alene et mindre transmissionstab.

5.2.2 Indeklima i altanrum

Figur 5.2.2.1 viser fordelingen af brugsdage i de enkelte altaner. Det ses, at der er en stigning i antallet af brugsdage, jo bedre isolerende dæklaget bliver. Indetemperaturene i to udvalgte uger er vist i hhv. figur 5.2.2.2 og 5.2.2.3

1 lag glas

Her er det ikke nødvendigt, at anvende nogen form for solafskærmning, da temperaturen kan reguleres ved hjælp af udluftning alene. Temperaturen i rummet vil i 30% af årets timer være over 20°C. Den højeste temperatur på altanen er 30°C og den laveste 6°C. Årets brugsdage er opgjort til 176.

2 lag glas

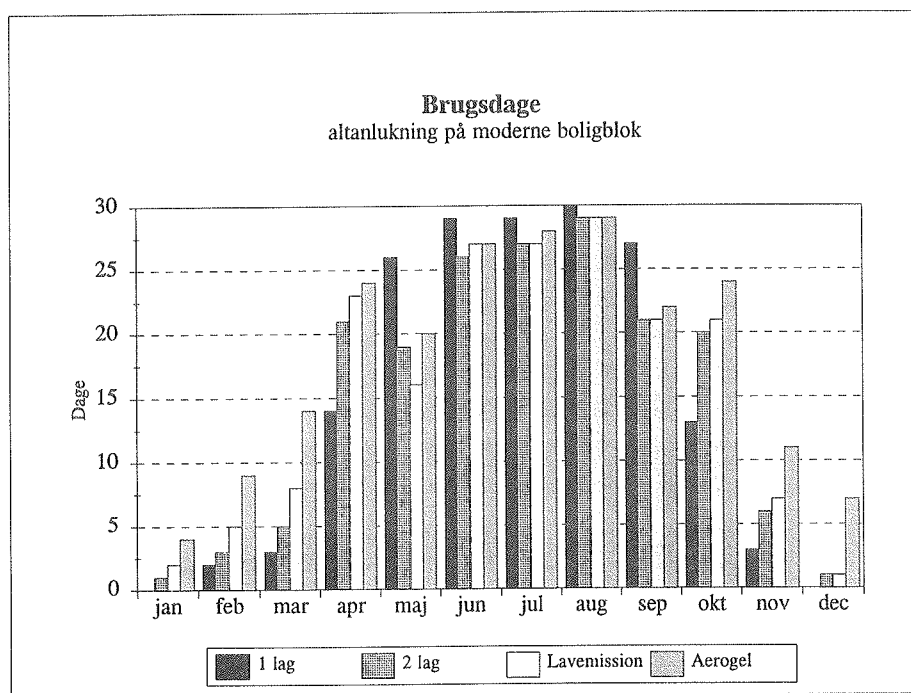
For at opnå et acceptabelt indeklima er det nødvendigt at etablere en solafskærmning for at undgå for høje temperaturer. På altanen er højeste temperatur 28°C og laveste 10°C. Temperaturen i rummet vil i 40% af årets timer være over 20°C. Det samlede antal brugsdage er på 179.

lavemissionsglas

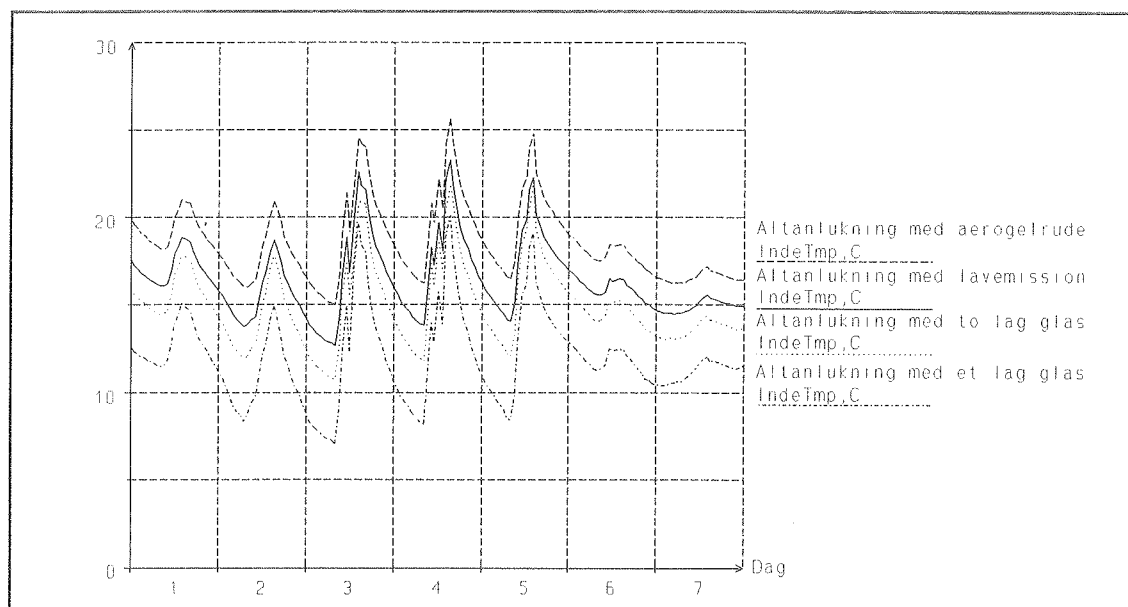
Her er det ligeledes nødvendigt med en solafskærmning for at kunne regulere temperaturen tilstrækkeligt. Temperaturen kommer i 45% af årets timer over 20°C. Maksimumtemperaturen i altanen er på 28°C og minimum er 12 C. Med dette dæklag kommer der 190 brugsdage om året.

aerogel

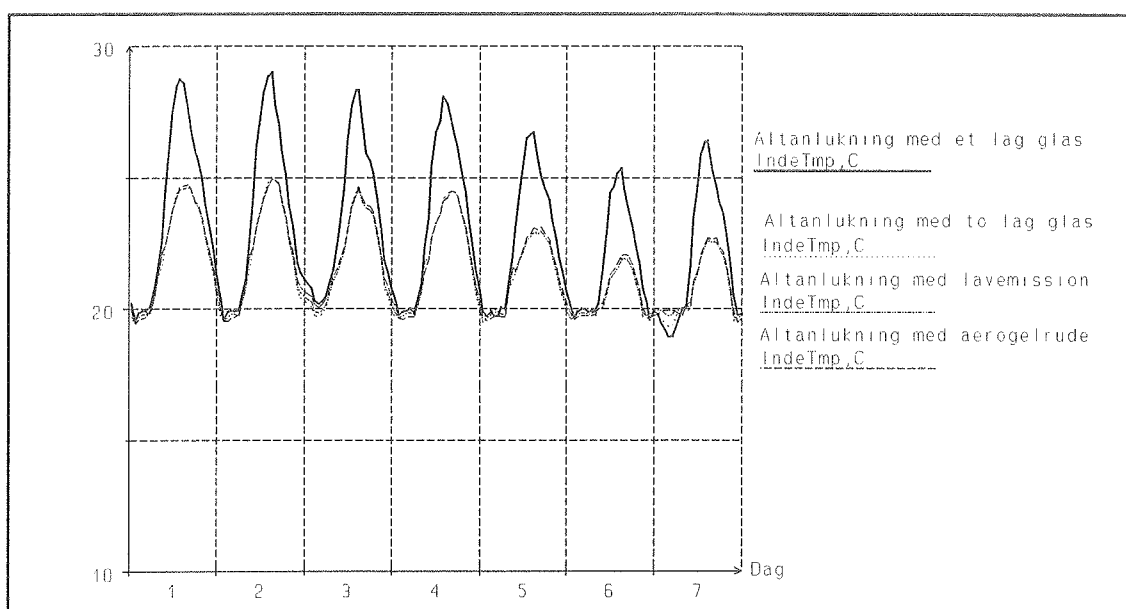
Det er også nødvendigt med solafskærmning her. Temperaturen kommer i 50% af årets timer over 20°C. Den højeste temperatur er 28°C og den laveste er på 14°C. Det samlede antal brugsdage er optalt til 219 dage om året.



Figur 5.2.2.1 Brugsdage i altanrum.



Figur 5.2.2.2 Indetemperaturer i glastilbygning i referenceårets uge 8.



Figur 5.2.2.3 Indetemperaturer i glastilbygning i referenceårets uge 23.

5.2.3 Indeklima i lejlighed

Den maksimale temperatur i køkken og stue kommer op på temperaturer mellem 25 og 30°C i 10% af tiden, hvilket må siges at være acceptabelt.

6.0 PROFILTYPER

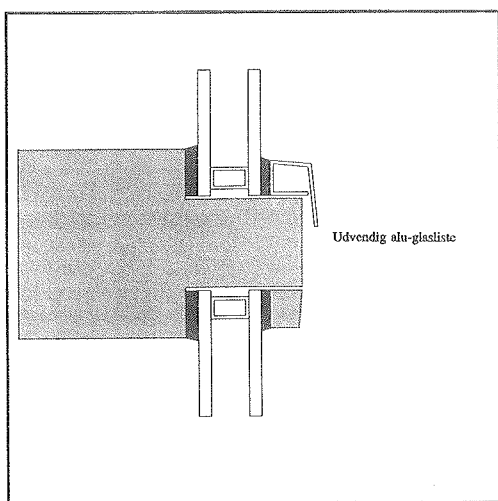
6.1 GENERELT

Beregningerne i rapporten har hertil været fokuseret på variation af rudernes U-værdi, mens profilerne, der bærer ruderne ikke har været behandlet. For selv om profilerne udgør en mindre del af dæklaget, har de en andel i den samlede isoleringsevne. I det foregående blev der vist, hvor meget der kan spares ved at opføre glastilbygninger med forskellige rudetyper i dæklaget, og i det var inkluderet effekten af profilerne. I det følgende vil der blive set lidt mere på profilerne.

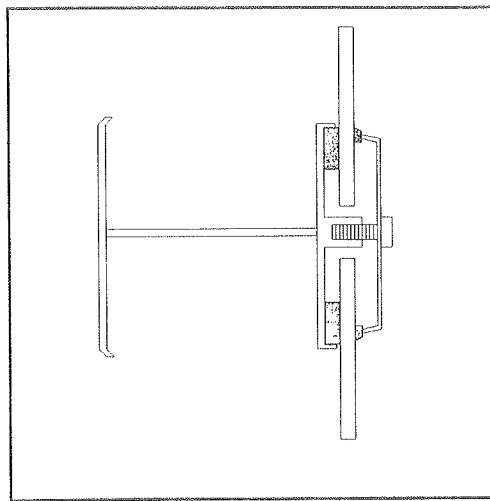
Profiler til glastilbygninger kan udføres på samme måde som almindelige vindueskonstruktioner. Ved fritstående konstruktioner har tagflader og bærende vægge dog behov for mere opmærksomhed med hensyn til opbygning, idet snelast og egenvægt stiller krav om større styrke. Endvidere skal der tages hensyn til afløb og tæthed for regn. Der er principielt to måder at konstruere en glasbygning på. Enten opbygges et bærende hovedsystem, hvorpå profiler og glas fastgøres, eller også dimensioneres profilerne til at være selvbærende. Profilsystemerne kan deles i to grupper: træ- og metalprofiler, hvor metalprofilerne igen kan deles op i hhv. I-profiler og kasseprofiler.

6.1.1 Træprofiler

Et træprofil svarer til et almindeligt vinduesprofil. Det fremstilles af trykimprægneret træ og har glaslister i aluminium eller galvaniseret stål for, at det udvendige vedligehold begrænses, se figur 6.1.1.1. En løsning med træprofiler er meget fleksibel og der er mulighed for at anvende alle former for rudetyper. For store dimensioner på profilerne skal helst undgås, da de kan give skygger, hvorved solvarmeudnyttelsen mindskes. Kuldebropåvirkning fra profil til rude vil meget sjældent optræde, da varmeledningstallet for træ er forholdsvis lavt.



Figur 6.1.1.1. Træprofil



Figur 6.1.1.2. I-profil

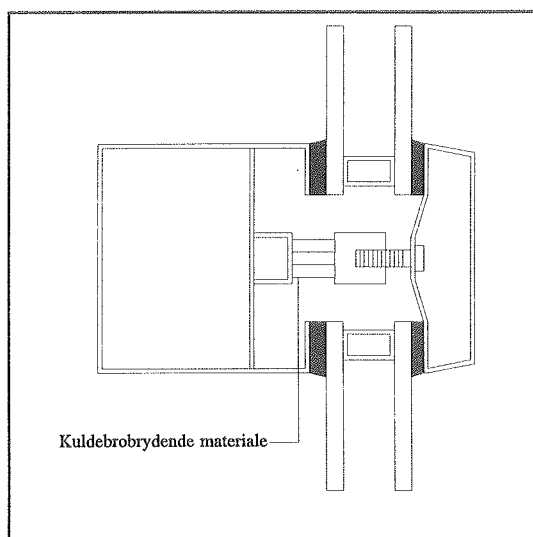
6.1.2 I-profiler

I-profiler fremstilles fortrinsvis i stål og aluminium. Ruden fastholdes normalt af en smal skinne der skrues fast til profilet, se figur 6.1.2.1. Dimensionen kan vælges sådan, at det passer til alt fra små hobbydrivhuse til udstillingshaller. De fleste af systemerne er kun beregnet til bære ét lag glas. I den slags glasbygninger kan der dannes en del kondens på glassets inderside og på selve profilet, da metal har en stor varmeledningsevne.

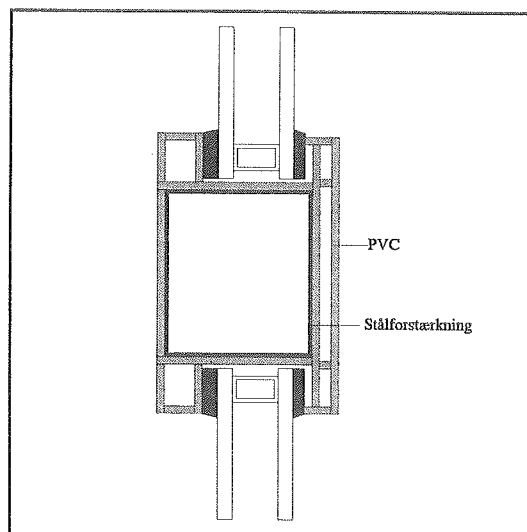
6.1.3 Kasseprofiler

Kasseprofiler produceres i aluminium, stål eller PVC med stålforstærkning. Profilerne er udviklet til brug i de facadesystemer, der kendes fra bl.a. hotel- og kontorbyggeri, se figurerne 6.1.3.1, 6.1.3.2 og 6.1.3.3.

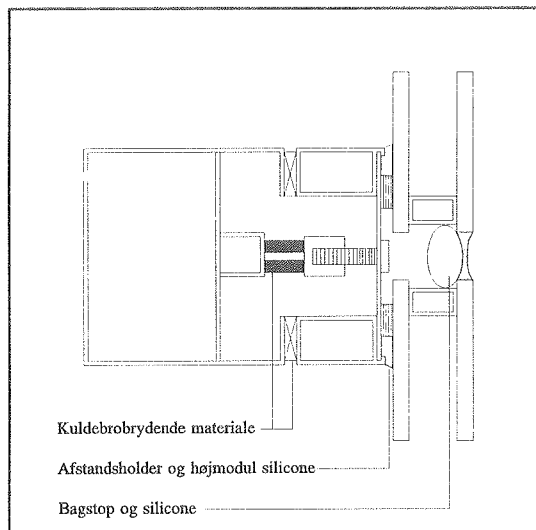
Facadesystemerne opbygges typisk af to kasseprofiler, et indvendigt og et udvendigt. De sammenholdes af et kunststofprofil, der udgør kuldebroisoleringen. Der er ligesom ved I-profilerne indbygget en kondensrende til at bortlede eventuel kondensdannelse. Facadesystemerne kan anvendes med alle former for dæklag, og er normalt konstrueret med en høj sikkerhed for tæthed.



Figur 6.1.3.1 Kasseprofil i metal



Figur 6.1.3.2 PVC-profil med forstærkning.



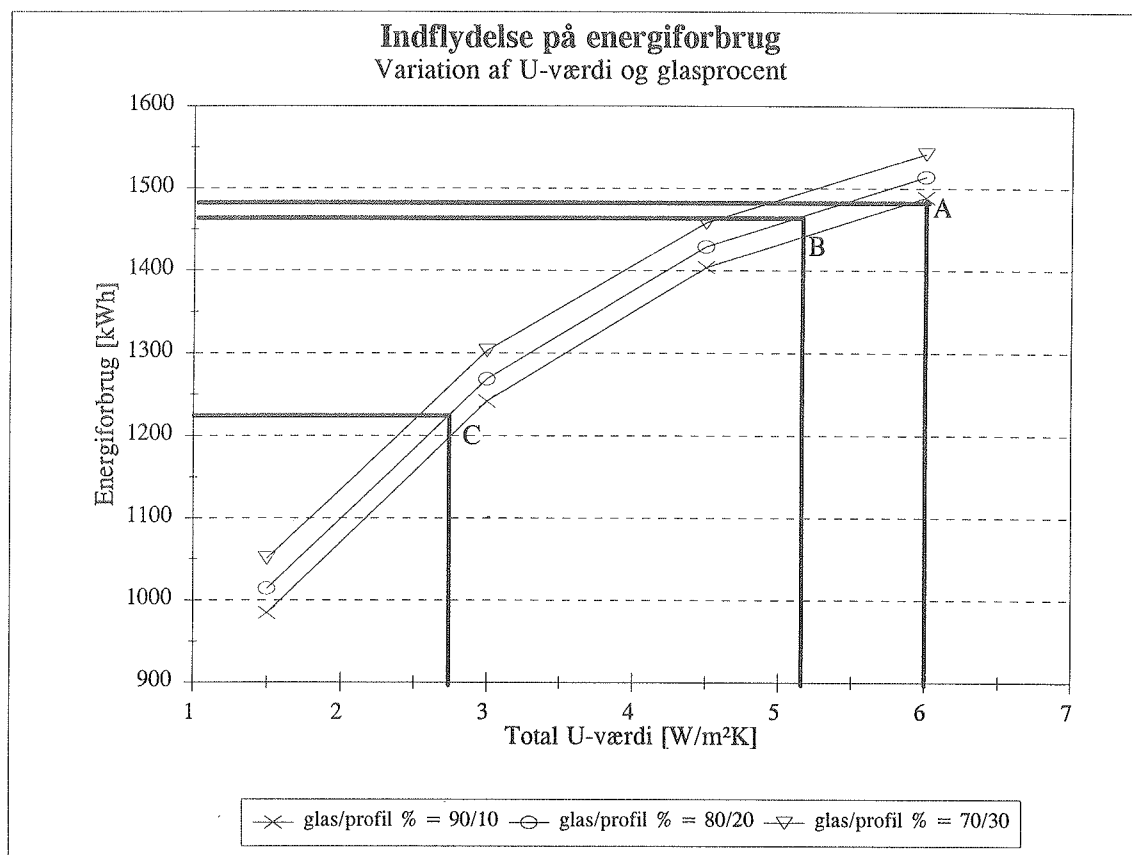
Figur 6.1.3.3 Profil til udvendig fastlimning af ruder

6.2 PARAMETERVARIATION

I det følgende vises beregninger, hvor rudernes U-værdi samt andel af overfladearealet (glasprocenten) i en glastilbygning. Beregningsmodellen er af samme type som den, der blev omtalt i kapitel 3, men resultaterne er dog ikke sammenlignelige, da deres opbygning ikke er helt ens. Der vil blive set på fyringsbehovet i den bagved liggende stue, og det vises som funktion af klimaskærmens totale U-værdi i figur 6.2.1.

De lodrette afstande mellem kurverne i figur 6.2.1 svarer til en reduktion i energibidraget på ca. 3%, og er et resultat af, at profilerne reducerer solindfaldet. På figur 6.2.1 er vist et eksempel på, hvor meget det årlige energiforbrug kan nedsættes ved først at forbedre profilet og bagefter rudetypen. I punkt A består dæklaget af et lag glas og et stålprofil begge med en U-værdi på ca. $6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. For at komme til punkt B skiftes stålprofilet ud med et plastprofil, som er bredere samtidig med, at det har en lavere U-værdi på ca. 2 W/m^2 . Som det ses, giver det en besparelse på ca. 2%. Besparelsen her kunne være blevet større (ca 5%), hvis det ikke havde været nødvendigt at øge profilets dimension. Ved at skifte til en to-lags termorude, grafens punkt C, opnår man en yderligere besparelse på ca. 17%.

Den besparelse, man kan få ved forbedring af et profils U-værdi, er ikke stor i forhold til hvad en rude kan give, men den bør alligevel søges opnået. For det må siges at være et rimeligt krav, at man kan få profiler med U-værdier, der svarer til lavenergirudernes.



Figur 6.2.1 Kurver der viser energiforbrugets afhængighed af U-værdien i en klimaskærm.

7.0 KULDEBROFORSØG

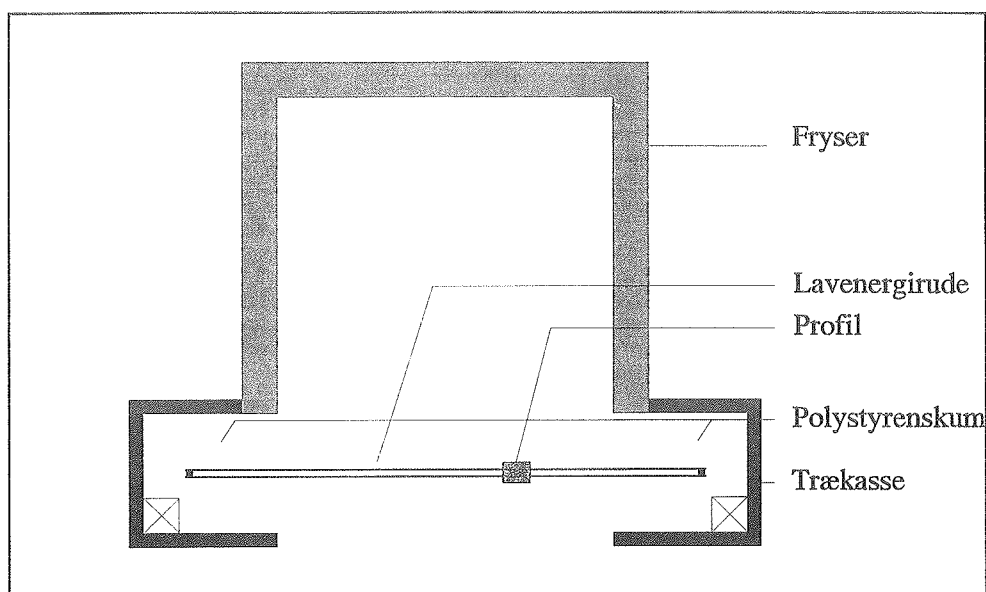
7.1 GENERELT

Profilernes forholdsvis høje varmeledningsevne har, via den kuldebro de udgør, negativ indflydelse på U-værdien i lavenergiruder. Virkningen af et koldt profil viser sig som en afkøling langs randen af ruden på den side, der vender ind mod et bagved liggende varmt rum. Det er dette randfelt, der er med til at gøre rudens totale U-værdi højere end dens center U-værdi. Med en afkølet rudekant er der endvidere risiko for kondensdannelse på ruden. For at få et indtryk af forskellige profiltypers kuldebrovirkning er der foretaget en række forsøg, hvor temperaturer langs to snit i en lavenergirudes randfelt er blevet målt.

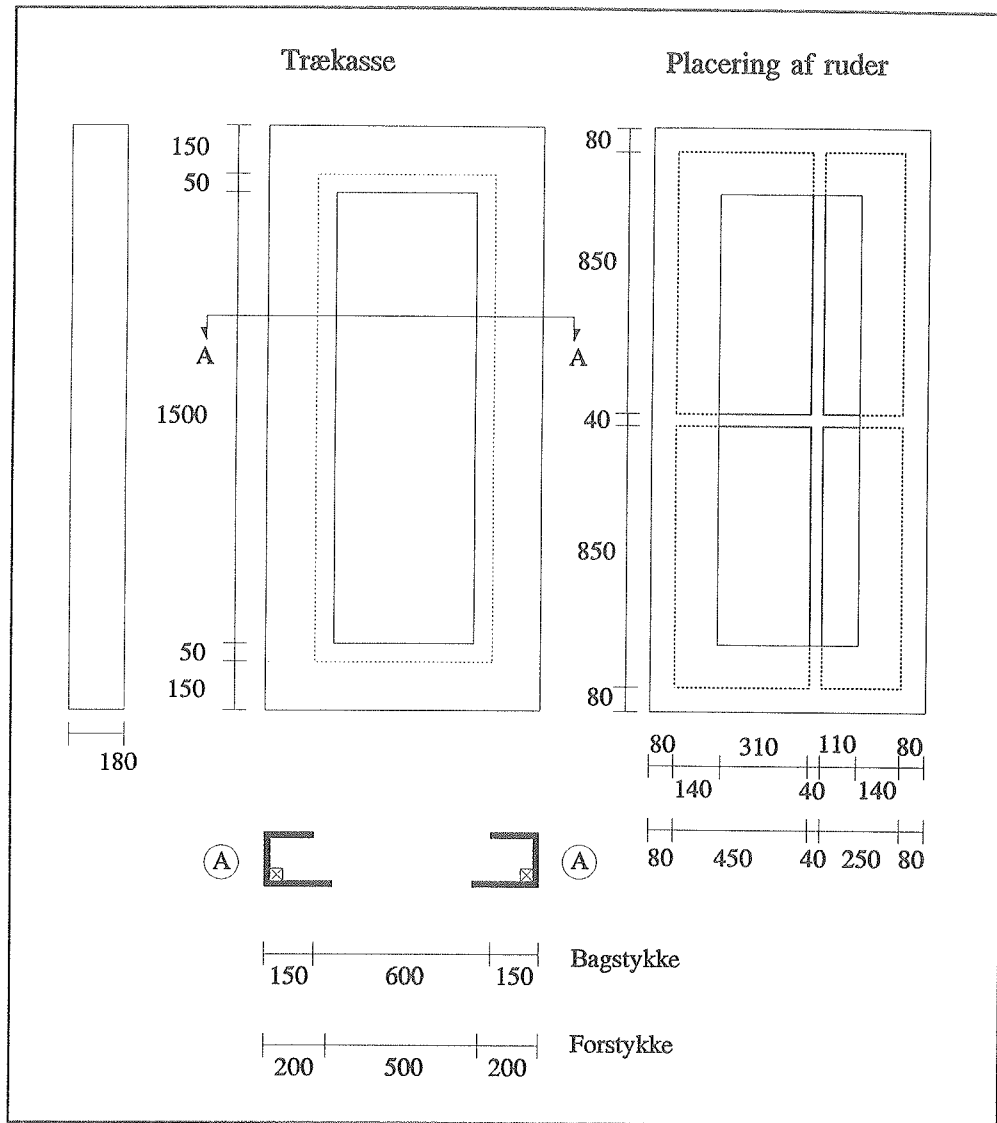
7.1.1 Forsøgsopstilling

Til brug for måling af sprossernes kuldebrovirkning er der lavet en forsøgsopstilling bestående af en træramme og en almindelig skabsfryser, se figur 7.1.1.1 og 7.1.1.2. Trærammen er beregnet til at holde et udsnit af en dæklagskonstruktion op foran fryseren. Endvidere er trærammen foret langs kanterne med ekstruderet polystyren skum sådan at varmeudvekslingen mellem fryser og omgivelserne bliver mindst mulig.

Baggrunden for dette valg af forsøgstype var at få prøvet en mere enkel opstilling end den sædvanlige hotbox. Ved disse forsøg skulle der kun ses på temperaturer på en lavenergirudes overflade og til det skulle det være tilstrækkeligt at have kulde fra en fryser på den ene side og almindelig runluft på den anden. Med en hotbox etableres der kontrollerede temperaturforhold på begge sider af tværsnittet.



Figur 7.1.1.1. Tværsnit i træramme og fryser



Figur 7.1.1.2 Dimensioner på træramme, samt placering af lavenergiruder.

Der blev der målt på den samme rude ved ialt fem forsøg, og målepunkterne blev ikke flyttet, idet ruden med de påklæbde følere blev flyttet i samlet tilstand. Målepunkterne på lavenergiruden blev placeret langs en vandret og en lodret linie midt imellem sprosse og målekasse. Her kan man regne med, at der tilnærmelsesvis kun vil forekomme en todimensional varmestrøm, når der er opnået en stabil tilstand mellem fryser og omgivelserne. Ved forsøgene er der blevet målt på følgende sprossetyper:

- aluminiumprofil ($U > 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- aluminiumprofil med en brudt kuldebro af plast ($2 < U < 3 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- PVCprofil med et indvendigt stålrør som forstærkning ($2 < U < 4 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- træprofil ($1,8 < U < 3 \text{ W/m}^2\text{K}$).
- aluminiumprofil til udvendig fastlimning af ruden ($U > 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$).

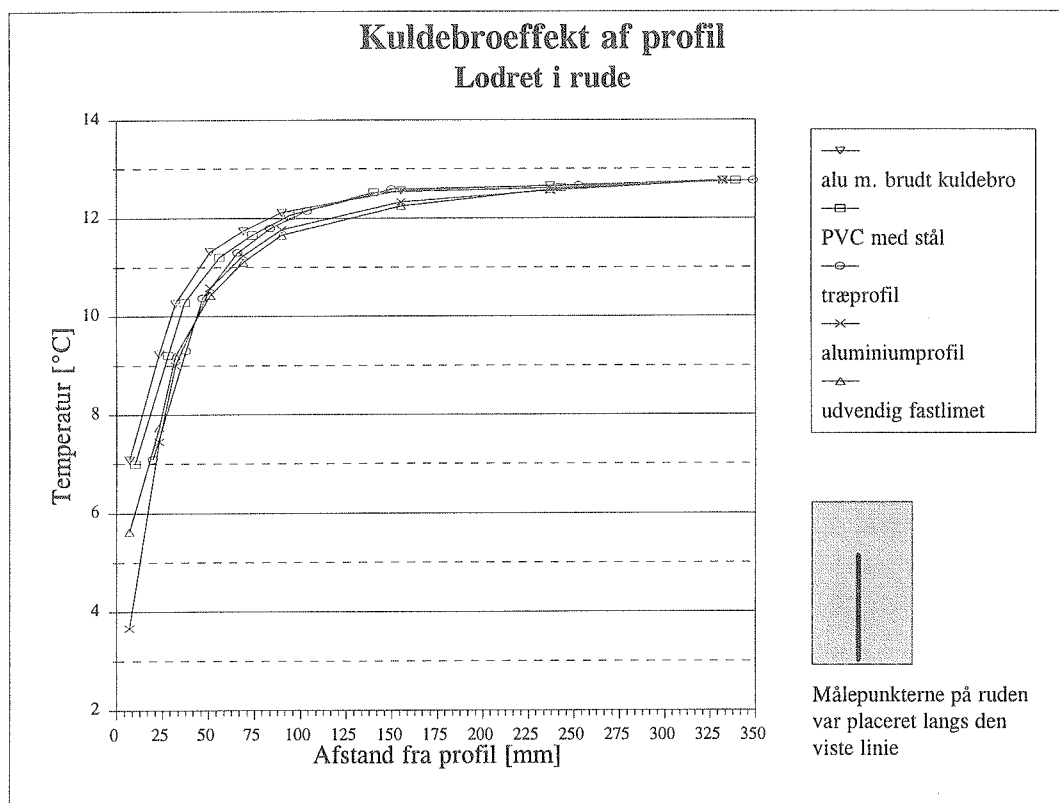
Tallene i parentes angiver, hvilket område det pågældende profils U-værdi typisk vil befinde sig i. U-værdien kan variere noget, alt efter hvilke forhold den måles/beregnes under, for eksempel som følge af de flerdimensionale varmestrømninger forskellige rudetyper kan give samt omgivelsestemperaturer.

7.1.2 Måleresultater

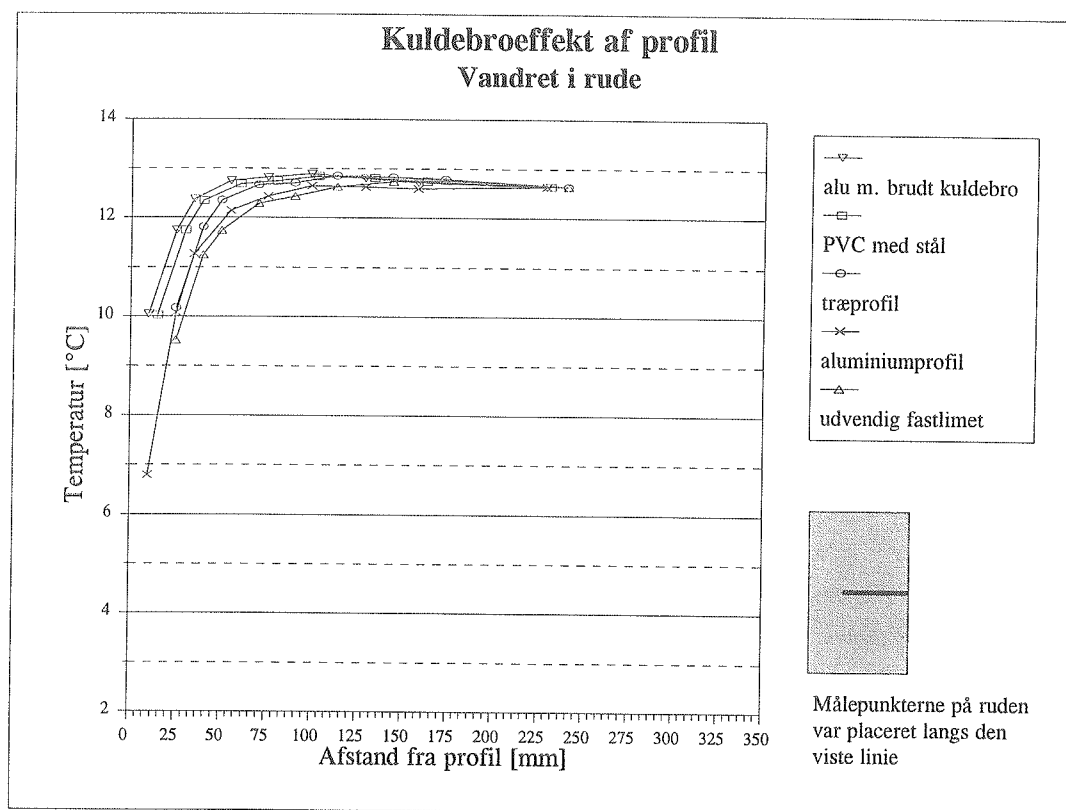
Under målingen af overfladetemperaturen på rudens varme side blev der ved den stationære tilstand ikke opnået helt de samme temperaturniveauer i hver enkelt måleserie, hvilket skyldes temperatur- og trækforholdene i forsøgshallen. Der er derfor foretaget en normalisering af temperaturerne ved at regne dem om til en referencetilstand med 20°C på den ene side og -15°C på den anden. Normaliseringen er foretaget med nedenstående formel /7/:

$$T_{\text{overfl,norm}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} - \frac{T_{\text{inde,målt}} - T_{\text{overfl,målt}}}{T_{\text{inde,målt}} - T_{\text{ude,målt}}} * (20 - (-15)) \text{ }^{\circ}\text{C}$$

De normaliserede temperaturer er vist i figurene 7.1.2.1 og 7.1.2.2.



Figur 7.1.2.1 Lodret temperaturprofil i lavenergirude



Figur 7.1.2.1 Vandret temperaturprofil i rude

Kurverne illustrerer, at der dannes et felt langs profilet, hvor temperaturen er lav, hvilket er tydeligst på de første fem centimeter. Længere ind mod midten af ruden nærmer de fem temperaturkurver sig hinanden, for her styres forholdene som ventet alene af rudens center U-værdi. Den forskel, der er på den lodrette og den vandrette temperaturkurve, skyldes et konvektionsbidrag fra luften mellem glassene, der giver nogle lavere temperaturer langs bunden. Det svarer meget godt til hvad, der sker i virkeligheden, hvor kondensdannelse starter langs vinduernes bundprofil.

Udfaldet af denne forsøgsserie placerer aluminiumsprofilet med kuldebroafbrydelse som det bedste, mens profilet til udvendig fastlimning er det dårligste rent temperaturmæssigt set, hvorved det vil give den største forringelse af lavenergirudens U-værdi.

8.0 KONKLUSION

Beregningerne viser, at der kan opnås en besparelse på det totale energiforbrug til opvarmning og ventilation af boligen ved at opføre en glastilbygning foran denne. Det bedste resultat fås ved at anvende aerogelruder i glastilbygningens klimaskærm, hvor besparelsen ligger mellem 34% og 52%. Til sammenligning er besparelsen med et lag glas mellem 15% og 29%. De bedste resultater er opnået i en etagebolig, som har fået inddækket halvdelen af sin klimaskærm. Et parcelhus med en udestue fik den mindste energigevinst, her var det inddækkede areal også noget mindre.

Udover at en glastilbygning giver energibesparelser, så får man til tider temperaturer, der ligger i overkanten af, hvad der regnes for et acceptabelt indeklima. Årsagen til de høje temperaturer skyldes som regel for lidt solafskærmning og udluftning. I disse beregninger har det resulteret i temperaturer på omkring 40°C om sommeren i enkelte glastilbygningstyper, mens størstedelen fik temperaturer på mellem 25°C og 30°C. Man bør derfor ved projekteringen sørge for, at en glastilbygning opføres med tilstrækkelige solafskærmnings- og udluftningsmuligheder og så sørge for at beboerne kan bruge dem korrekt. En måde til at begrænse problemerne er at anvende sæsonafhængig solafskærmning, som ikke skal betjenes, da den installeres fast. Det kan f.eks. være et stort tagudhæng, som kan holde solen ude i sommerperioden, hvor den står højt på himmelen. En anden mulighed er løvfældende beplantning, men den vil nok kun være aktuel i forbindelse med etplansbyggeri.

I følge beregningerne kan man med en reduktion af profilarealet på 10% øge energibidraget til et bagved liggende rum med ca. 5%. Dette er en følge af et øget solindfald da dæklagets U-værdi ikke ændres. Det vil derfor være en fordel at anvende så smalle profiler som muligt. Problemet er bare at smalle profiltyper skal laves i metal for at få tilstrækkelig styrke. Smalle metalprofiler har derfor en relativ høj U-værdi, hvorved der kommer et højere transmissionstab.

De efterfølgende målinger viste, at profiler bevirker, at der dannes en kold zone langs rudens kant. Denne kolde zone afspejler en forringelse af rudens isoleringsevne og jo bredere zonen er desto lavere isoleringsevne. I denne forsøgsserie blev et aluminiumsprofil med kuldebro-afbrydelse det bedste, mens profilet til udvendig fastlimning var det dårligste rent temperaturmæssigt set, hvorved det vil give den største forringelse af lavenergirudens U-værdi..

Måleopstillingen med en fryser og en træramme til at bære et udsnit af en klimaskærm gav brugbare resultater, men de skal behandles før de kan sammenlignes. Hvis man kun har brug for at registrere overfladetemperaturer og ikke skal regne på energistrømme, så er metoden brugbar.

LITTERATURLISTE

- /1/ Typiske beskrivelsesafsnit, glaslukningssystemer
BPS-publikation nr. 105, oktober 1991.

- /2/ Brugervejledning for edb-programmet tsbi3
Kjeld Johnsen, Karl Grau og Jørgen Erik Christensen
Statens Byggeforskningsinstitut januar 1993

- /3/ Dansk ingeniørforenings regler for beregning af bygningers varmetab,
NP-186-S (DS 418), 5. udgave, Teknisk Forlag, november 1986.

- /4/ Beregning af energiforbrug i småhuse
Kjeld Johnsen, Anker Nielsen
SBI-rapport 148, Statens Byggeforskningsinstitut 1984

- /5/ Vejrdata for VVS og energi, dansk referenceår TRY
Bo Anderson
SBI-rapport 148, Statens Byggeforskningsinstitut 1982

- /6/ Termisk miljø, moderate omgivelser, bestemmelse af PMV- og PPD-indeks og
betingelserne for termisk komfort
Dansk standard DS/ISO 7730

- /7/ Ramme-/karmkonstruktioner til højisolerede vinduer
Jørgen M. Schultz
Meddelelse nr. 237, Laboratoriet for Varmeisolering, DTU, 1992

- /8/ Passiv solvarme - projekteringsvejledning
Energiministeriets solvarmeprogram, rapport nr. 30

- /9/ Typiske glastilbygninger - undersøgelse af energibesparelse og termisk
indeklima
Susanne Dyrbøl, Susanne Bidstrup Jensen
Eksamensprojekt ved Laboratoriet for Varmeisolering, DTU, 1993

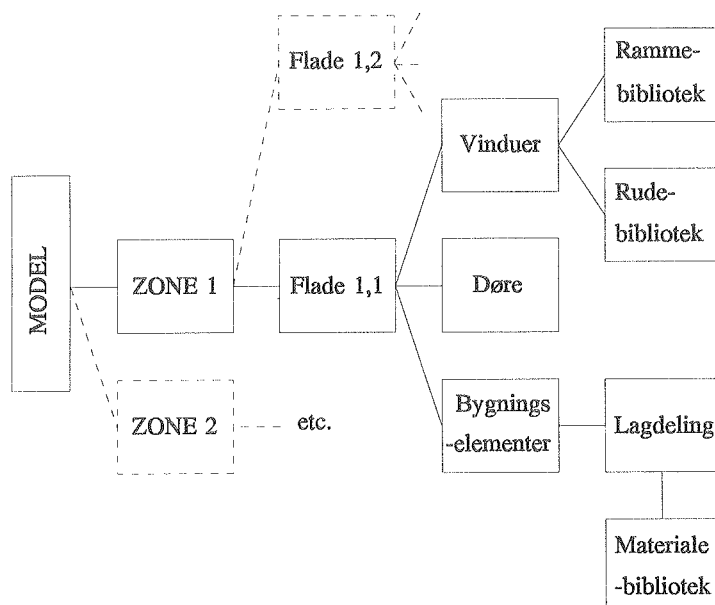
APPENDIX A

beskrivelse af tsbi3

Beregningerne til brug for denne rapport er udført ved hjælp af edb-programmet tsbi3 som i det følgende vil blive kort beskrevet. tsbi3 (Termisk Simulering af Bygninger og Indeklima), er udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut, og det kan køres på en almindelig DOS-baseret computer.

A.1 Opbygning

tsbi3 kan regne på en model bestående af flere rum, og det er ikke nødvendigt at lave forudgående beregninger i hånden. I tsbi3 medtages alle konstruktionselementer i den termiske beregning, idet de beskrives detaljeret ved hjælp af et materialebibliotek, som er en del af programmet. Derved kan modellen beskrives udførligt ved materialernes densitet, varmekapacitet, varmeledningsevne og soltransmittans. Endvidere er der mulighed for at definere forskellige installationer med tilhørende reguleringstabeller og tidsprofiler. Der bliver således tale om et stort antal parametre, som programmet skal have opgivet. Dette bliver lettet ved at indtastninger af data foregår i en række "pop-up" -menuer, hvor brugeren har mulighed for, på en overskuelig måde, at indtaste parametrene. Indtastningsmenuerne er organiseret på den måde, at hvert rum (kaldes zone i tsbi3) i bygningen har en hovedmenu til de grundlæggende data. Hovedmenuen består dernæst af flere undermenuer, der fastlægger hhv. flader, delflader, vinduer, bygningselementer, installationer samt reguleringstabeller og tidsprofiler, se figur A.1.1.



Figur A.1.1 viser princippet i opbygningen af TSBI3.

A.2 Zoner

Zonerne defineres ved at netto- og bruttogulvarealet samt nettohøjden opgives. Brugeren har dernæst mulighed for at definere de forskellige flader, som zonen er opbygget af. Det er vigtigt at fastslå, at tsbi3 ikke betragter rummet geometrisk, men udelukkende som en sum af flader med forskellig orientering.

A.3 Flader

Fladerne kan bestå af tre typer delflader: konstruktioner, vinduer eller døre. Ved definition af f.eks. en konstruktion, kan brugeren i et materialebibliotek vælge opbygningen (lagdelingen) af sin konstruktionsdel og derved benytte sig af de omfattende materialedata, biblioteket ligger inde med. Samme princip gælder for fastlæggelse af vinduer, hvor man i et vinduesbibliotek kan vælge hvilken type rude og ramme der skal indsættes, f.eks. termorude med trækarm. Hvis biblioteket ikke indeholder de materialer, der skal bruges, kan brugeren selv oprette et lokalt bibliotek og definere materialer med præcis de parametre, der er aktuelle i den givne situation.

Udover selve opbygningen kan fladen sættes i forbindelse med andre rum, i form af mixning af luft mellem den aktuelle zone og den tilstødende. Fladen vil på den måde bidrage til zonens indflydelse på tilstødende zoner m.h.t. temperatur, luftskifte og luftfugtighed.

A.4 Påvirkninger

Der er i tsbi3 mulighed for at udsætte zonerne for en række påvirkninger, i programmet kaldet installationer.

Følgende installationer kan aktiveres:

Personlast, Udstyr (ovne, maskiner etc.), Fugt, Infiltration, Belysning, Udluftning, Opvarmning, Køling og Ventilation

Herudover kan mere lokale påvirkninger aktiveres på vinduerne, disse omfatter:

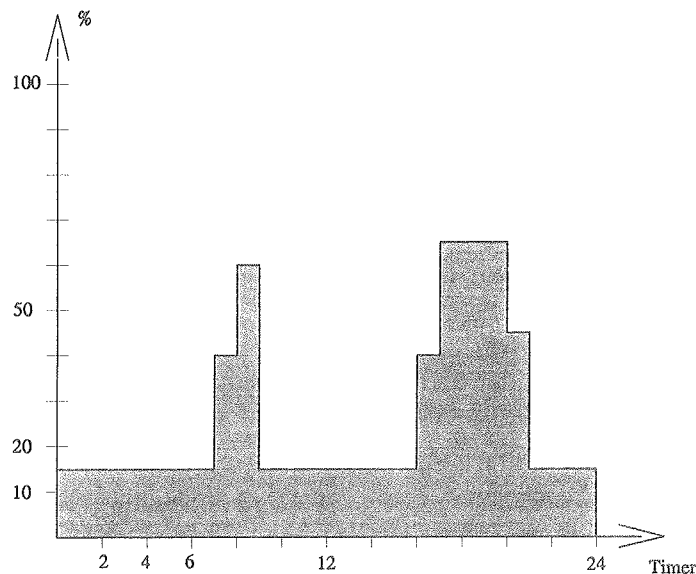
Afskærmning, Isolerende skodder, Udhæng (f.eks tag) og Skygge (fra træer, huse etc.)

Personlast, udstyr, fugt, infiltration samt udhæng hører til de forudsigelige påvirkninger, og reguleres derfor kun efter tidsplaner. De øvrige reguleres derimod både efter tidsangivelser og bestemmende setpunktsværdier.

A.5 Styring

Alle installationerne kan styres ved hjælp af en tidsplan. Tidsplanen består typisk af et sammenhørende sæt af tidsplaner og reguleringer. Tidsangivelsen angiver i hvilken tidsperiode (måned/dag/time) påvirkningen er aktiv. Reguleringen indeholder en setpunktsværdi hvorved at installationen aktiveres (såfremt den optræder indenfor tidsangivelsen). Setpunktet kan f.eks. være en minimumstemperatur for fyringsstart, solgrænse for afskærmning eller maksimumstemperatur for udluftning.

I visse tilfælde er setpunktet erstattet af et døgnprofil, hvormed man kan definere den procentvise del af max. effekten, som påvirkningen skal give til bestemte tidspunkter. Dette drejer sig mest om tidsbestemte belastninger som personer, belysning og udluftning, se figur A.5.1.



Figur A.5.1 viser et eksempel på et døgnprofil.

A.6 Simulering

Når alle data er indtastet, kan modellens varmebalance simuleres. Før kørslen skal der vælges hvilken periode på året, der skal simuleres, parametre der skal beregnes og gemmes i en log-fil. Af mulige parametre kan eksempelvis nævnes indetemperatur, solindfald, opvarmning og udluftningstab. Yderligere har man mulighed for at udvælge nogle af log-parametrene til at blive vist på skærmen under beregningen. Brugeren har derved en chance for løbende at følge med i, hvad der sker på forskellige tidspunkter under simuleringen.

A.7 Beregningsforudsætninger

Programmet vil under beregningen udsætte modellen for et typisk dansk klima, svarende til det danske referenceår, TRY /5/. Referenceårets enkelte måneder er baseret på 15 års vejrobservationer, ved hhv. flyvestation Værløse og Højbakkegård i Tåstrup. De enkelte måneder er typiske, hvad angår månedsgennemsnit og variationer af døgnmiddeltemperatur og døgnsum af solintensitet.

I øvrigt anvender programmet under beregningerne, en fil indeholdende alle de, for dansk normstandard, typiske dimensioneringskonstanter ($T_{\text{sommer}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{vinter}} = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$).

A.8 Resultater

Når varmebalance simuleringen er færdig, kan man få vist parametrene fra log-filen i form af grafer, eller talværdier som funktion af tiden. Det er således muligt at udvælge enkelte zoners parametre og sammenligne disse. Ydermere kan resultaterne præsenteres i statistisk form, hvor de forskellige varmebidrag/tab for den beregnede periode er opsummeret og opstillet i skemaform. Til sidst kan udregningerne fremvises på en timestatistik, hvor det er muligt at aflæse i hvor lang tid en bestemt værdi har været opfyldt.

A.9 Forbehold

Ved simuleringer af modeller med glastilbygninger skal man ved vurderingen af resultaterne være opmærksom på, at tsbi3 ikke direkte er indrettet til at regne på den slags konstruktioner. Når data for glasbygningen skal med i programmet sker det ved, at man i en zone definerer hele flader som kun består af vinduer. I tsbi3 er vinduer repræsenteret ved værdier for U-værdi, sol- og lystransmission. Der tages således ikke højde for solstrålens passage tværs gennem to yderflader med hvert sit vindue.

APPENDIX B

beregningsforudsætninger

Beskrivelse	Parcelhus
Størrelse og form	100 m ² i et plan
U-værdier væg/gulv/ tag	0,27/0,32/0,17 [W/m ² K]
Vinduer: samlet areal m ² mod S/N/Ø/V U-værdier/soltransmittans	15 m ² 10,0/4,3/1,7/0,0 3,0/0,76
Solafskærmning og skyggeforhold	Ingen (horisontalafskæring 7°)
Infiltration	0,5 h ⁻¹
Udluftning	3,5 h ⁻¹ ved T > 23°C i sommer- perioden
Belysning	I alt 1242 [kWh/år] varierende
Personer/udstyr	I alt 1650/1291 [kWh/år] varierende
Opvarmning	20°C med natsænkning til 17°C fra 21 ⁰⁰ til 6 ⁰⁰

Beskrivelse parcelhus	Udestue med 1 lag glas	Udestue med 2 lag glas
Størrelse	9 m ²	9 m ²
U-værdier glas/sprosse Soltransmittans	6/6 [W/m ² K] 0,83	3,05/3 [W/m ² K] 0,76
Soltransmittans inddækkede vinduer	0,54	0,49
Glasareal mod S/Ø/V/tag	12,3/3,7/3,7/9,6 [m ²]	12,3/3,7/3,7/9,6 [m ²]
Solafskærmning	Afsk. mod Ø, V, tag aktiv ved T > 20°C sommer og ved T > 30°C vinter	Afsk. mod Ø, V, tag aktiv ved T > 20°C sommer og ved T > 30°C vinter
skyggeforhold	Ingen (horisont 7°)	Ingen (horisont 7°)
Infiltration	0,7 h ⁻¹	0,5 h ⁻¹
Udluftning i udestue	5 h ⁻¹ ved T > 20°C i sommerperioden	5 h ⁻¹ ved T > 20°C i sommerperioden

Beskrivelse parcelhus	Udestue med lavemissionsruder	Udestue med aerogelruder
Størrelse	9 m ²	9m ²
U-værdier glas/sprosse Soltransmittans	1,6/1,6 [W/m ² K] 0,59	0,5/0,5 [W/m ² K] 0,65
Soltransmittans inddækkede vinduer	0,38	0,40
Glasareal m ² mod S/Ø/V/tag	12,3/3,7/3,7/9,6 [m ²]	12,3/3,7/3,7/9,6 [m ²]
Solafskærmning	Afsk. mod Ø, V, tag aktiv ved T > 20°C sommer og ved T > 30°C vinter	Afsk. mod Ø, V, tag aktiv ved T > 20°C sommer og ved T > 30°C vinter
skyggeforhold	Ingen (horisont 7°)	Ingen (horisont 7°)
Infiltration	0,5 h ⁻¹	0,5 h ⁻¹
Udluftning i udestue	5 h ⁻¹ ved T > 20°C i sommerperioden	5 h ⁻¹ ved T > 20 °C i sommer perioden

Beskrivelse	ældre lejlighed
Størrelse og form	ca. 60 m ² pr. etage
U-værdier: væg/gulv/loft	1,73/1,51/1,51
Vinduer: samlet areal m ² mod S/N/Ø/V U-værdier/soltransmittans	16 m ² 8/8/0/0 2,51/0,76
Solafskærmning	Ingen (horisontalafskæring 7°)
skyggeforhold	Skygge fra naboejendom
Infiltration	0,5 h ⁻¹
Udluftning	3,5 h ⁻¹ ved T > 23 °C hele året
Personer/udstyr	Ialt 1577/725[kWh/år]
Belysning	Ialt 637 [kWh/år]
Opvarmning	20°C med natsænkning til 17°C fra 21 ⁰⁰ til 6 ⁰⁰

Beskrivelse ældre lejlighed	Altan med 1 lag glas	Altan med 2 lag glas
Størrelse	9,56 m ²	9,56 m ²
U-værdier glas/ramme Soltransmittans	6,0/6,0 [W/m ² K] 0,83	3,05/3,0 [W/m ² K] 0,76
Inddækket areal facade/vindue	21 m ² 12,8/8,1	21 m ² 12,8/8,1
Soltransmittans inddækkede vinduer	0,54	0,49
Glas areal m ² mod S/Ø/V	18/3,36/3,36	18/3,36/3,46
Solafskærmning	Ingen solafskærmning	mod syd ved T > 25°C sommer ved T > 30°C vinter
Skyggeforhold	Skygge fra nabobygning	Skygge fra nabobygning
Infiltration	0,7 h ⁻¹	0,5 h ⁻¹
Udluftning	5 h ⁻¹ ved T > 23°C sommer ved T > 28°C vinter	5 h ⁻¹ ved T > 23°C sommer ved T > 28°C vinter

Beskrivelse ældre lejlighed	Lavemissionsglas	Aerogel
Størrelse	9,56 m ²	9,56 m ²
U-værdier glas/ramme Soltransmittans glas	1,6/1,6 [W/m ² K] 0,59	0,5/0,5 [W/m ² K] 0,65
Inddækket areal facade/vindue	21 m ² 12,82/8,18	21 m ² 12,82/8,18
Soltransmittans inddækkede vinduer	0,38	0,40
Glasareal m ² mod S/Ø/V	18/3,36/3,36	18/3,36/3,36
Solafskærmning	mod syd ved T > 25°C sommer, ved T > 30°C vinter. Skygge fra nabobygn.	mod syd ved T > 25°C sommer, ved T > 30°C vinter. Skygge fra nabobygn.
Skyggeforhold		
Infiltration	0,5 h ⁻¹	0,5 h ⁻¹
Udluftning	5 h ⁻¹ ved T > 23°C sommer ved T > 28°C vinter	5 h ⁻¹ ved T > 23°C sommer ved T > 28°C vinter

Beskrivelse af betonbyggeri	Grundlejlighed
Størrelse og form	ca. 90 m ²
U-værdier: væg/gulv/loft	0,60/2,69/2,69
Vinduer: areal m ² mod S/N/Ø/V U-værdier/soltransmittans	15,4 m ² 0/0/9,8/5,6 2,80/0,80
Solafskærmning og skyggeforhold	Ingen Skygge fra naboejendom
Infiltration	0,5 h ⁻¹
Udluftning	3,5 h ⁻¹ ved T > 23 °C i sommerperioden
Personer og udstyr	I alt 1518/1451 [kWh/år] varierende
Belysning	I alt 1347 [kWh/år] varierende
Opvarmning	20°C med natsænkning til 17°C fra 21 ⁰⁰ til 6 ⁰⁰

Beskrivelse	Altan med 1 lag glas	Altan med 2 lag glas
Størrelse	8,712 m ²	8,712 m ²
U-værdier glas/ramme Soltransmittans	6/6 [W/m ² K] 0,83	3,05/3 [W/m ² K] 0,76
Inddækket areal facade/vindue	17,5 m ² 10,5/7,0	17,5 m ² 10,5/7,0
Soltransmittans inddækkede vinduer	0,54	0,49
Glas areal m ² mod S/Ø/V	9,58/0/0	9,58/0/0
Solafskærmning	Ingen solafskærmning	Solafskærmning mod for T > 20°C i sommerperioden og T > 30° i vinterperioden, Skygge fra nabobygning
Skyggeforhold	Skygge fra nabobygning	Skygge fra nabobygning
Infiltration	0,7 h ⁻¹	0,5 h ⁻¹
Udluftning	5 h ⁻¹ ved T > 23°C for som- merperioden og 28°C for vinterperioden	5 h ⁻¹ ved T > 23°C for som- merperioden og 28°C for vinterperioden

Beskrivelse	Lavemissionsglas	Aerogel
Størrelse	8,7 m ²	8,7 m ²
U-værdier glas/ramme Soltransmittans glas	1,6/1,6 [W/m ² K] 0,59	0,5/0,5 [W/m ² K] 0,65
Inddækket areal facade/vindue	17,5 m ² 10,5/7,0	17,5 m ² 10,5/7,0
Soltransmittans inddækkede vinduer	0,38	0,40
Glas areal m ² mod S/Ø/V	0/0/9,58	0/0/9,58
Solafskærmning	T > 20°C sommer, T > 30°C vinter, Skygge fra nabobygning	T > 20°C sommer, T > 30°C vinter, Skygge fra nabobygning
Skyggeforhold	Skygge fra nabobygning	Skygge fra nabobygning
Infiltration	0,5 h ⁻¹	0,5 h ⁻¹
Udluftning	5 h ⁻¹ ved T > 23°C sommer, T > 28°C vinter	5 h ⁻¹ ved T > 23°C sommer, T > 28°C vinter

