

By og Byg Resultater 010

Højisolerende glaspartier i nye etageboliger



Statens Byggeforskningsinstitut
Danish Building and Urban Research

Højisolerende glaspartier i nye etageboliger

Kirsten Engelund Thomsen
Henrik Schmidt
Søren Aggerholm

Titel	Højsolerende glaspartier i nye etageboliger
Undertitel	
Serietitel	By og Byg Resultater 010
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2001
Forfattere	Kirsten Engelund Thomsen, Henrik Schmidt, Søren Aggerholm
Sprog	Dansk
Sidetæl	48
Litteratur-henvisninger	Side 41
English summary	Side 42-44
Emneord	Energiforbrug, glasfacader, etageejendomme, indeklima, rudetyper, arkitektonisk kvalitet
ISBN	87-563-1089-7
ISSN	1600-8049
Pris	Kr. 110,00 inkl. 25 pct. moms
Tekstbehandling	Annelise W. Danielsen
3-D illustrationer	Benjamin Ter-Borch
Planer/facader	Henrik Schmidt og Jens Øblom
Tryk	BookPartner, Nørhaven digital A/S
Udgiver	By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut, P.O. Box 119, DK-2970 Hørsholm E-post by-og-byg@by-og-byg.dk www.by-og-byg.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *By og Byg Resultater 010: Højsolerende glaspartier i nye etageboliger. (2001)*

Indhold

Forord	4
Indledning	5
Sammenfatning og konklusion.....	7
Eksempler på etageboliger med glasfacader	10
Vinduets egenskaber	17
Termisk isolation	17
Solvarme og dagslys.....	18
Lufttæthed	18
Udluftning	18
Plan- og facadeløsninger.....	19
Orientering.....	19
Planer	20
Glasudestue	20
Åben balkon.....	22
Oplukkeligt glasfacadesystem	24
Facader	26
Foldedøre i fuld højde.....	28
Foldedøre i normal højde	30
Skydedøre i fuld højde.....	32
2 × 4-fags fløjdøre i fuld højde.....	34
Energi- og indeklimaforhold	36
Type A - indeliggende balkon.....	36
Type B - udvendigt glasinddækket balkon	38
Type E - oplukkeligt glasfacadesystem.....	38
Referencer	41
Summary and conclusions.....	42
Bilag	45
Rude- og glastyper	45

Forord

Denne By og Byg Resultater afslutter projektet "Højisolerede glaspartier i nye etageboliger", et projekt i Energistyrelsens forskningsprogram EFP-97 med ENS j.nr. 1213/97-0012.

Nye højisolerede transparente og translucente rudetyper åbner nye energimæssige og arkitektoniske perspektiver for anvendelse af store glaspartier i etageboliger. Formålet med projektet var at analysere og beskrive anvendelsesmulighederne for nye højisolerende rudetyper og glaspartier i etageboliger ud fra en arkitektonisk synsvinkel og ud fra energi- og indeklimamæssige aspekter. Der er udarbejdet en række skitseforslag til plan- og facadeløsninger med tilhørende konsekvensberegninger for energiforbrug og temperaturforhold.

Projektet har bygget videre på erfaringerne fra det højisolerede glashus, der er opført på Egebjerggård i Ballerup.

Projektet er gennemført i samarbejde med Henrik Schmidt og Boje Lundgaard fra Boje Lundgaard & Lene Tranbergs tegnestue samt Ove Boh Larsen fra KAB Bygge- og Boligadministration.

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

Erik Christophersen,
Forskningschef

Indledning

Formålet med projektet er at analysere og beskrive anvendelsesmulighederne for nye højisolerende rudetyper og glaspartier i etageboliger ud fra en arkitektonisk synsvinkel og ud fra energi- og indeklimatekniske aspekter. Der synliggøres nye perspektiver for anvendelsen af glas i arkitekturen og det vises, hvordan de nye rudetyper kan indpasses i byggeriet. Det har stor betydning, hvordan nye rudetyper kan udnyttes i byggeriet, så der skabes god arkitektur, godt indeklima og attraktive boliger. I projektet er udviklet en række skitseforslag, hvor det er vist, hvordan de nye rudetyper kan indpasses i etageboligbyggeriet, og hvordan der opnås nye facadeudtryk, rum og lysvirkninger ved anvendelse af højisolerende glaspartier.

I BR 95 er kravene til U-værdierne strammet for alle bygningsdele, men i erkendelse af vinduets relativt store betydning for det samlede varmetab er specielt kravet til vinduernes U-værdi skærpet. Der er ikke direkte nævnt noget om vinduernes totale solenergitransmittans, men beregnes bygningens energiforbrug efter energirammen, indgår solenergitilskuddet gennem vinduerne i beregningen af energiforbruget til opvarmning. Solenergitilskuddets størrelse afhænger af hvilke rudetyper, der vælges. Valget vil afhænge af mange faktorer, men en af dem er økonomien.

Nærværende projekt har bygget videre på erfaringer fra et tidligere projekt, som er omtalt i SBI-rapport 220: "Højisolerede glashuse" (Johnsen & Schmidt, 1993). I SBI-rapport 220 er der for en villa og et rækkehus skitseret, hvordan nye højisolerende transparente vakuumruder og translucente aerogelruder kan udnyttes til at opnå god arkitektur i kombination med et lavt energiforbrug, gode dagslysforhold og et behageligt indeklima. I både villaen og rækkehuset består ca. 1/3 af facaden af transparente ruder og ca. 1/3 af translucente ruder, mens resten er almindelig, velisoleret ydervæg. For at holde temperaturen nede om sommeren er der forudsat store, skyggende udhæng og gode naturlige ventilationsmuligheder.

De arkitektoniske overvejelser og skitser samt konsekvensberegningerne var forudsætningen for at finde bygherre og finansiering til at opføre "Det højisolerede glashus" på Egebjerggård. Formålet med dette projekt var at demonstrere muligheden for at opføre et hus med 90 % glas i facaderne uden at overskride bygningsreglementets krav til energirammen og uden at gå på kompromis med den termiske komfort. Det er et 205 m² hus fordelt på to etager med et bebygget areal på 115 m². I dette hus er der etableret indvendig solafskærmning med tætte, lyse rullegardiner. Der er etableret udluftning gennem tre ovenlys i taget, højsiddende tophængte vinduer og døre i glasfacaden samt gennem store skydedøre.

Erfaringer fra dette byggeri har vist at for at overholde bygningsreglementets krav til energirammen må der udvises særlig opmærksomhed for at minimere kuldebroer i facaderne. Desuden skal reguleringen af varmeafgifterne reagere hurtigt på et stort solindfald. Om sommeren lå indetemperaturen generelt kun få grader over udetemperaturen, når huset stod tomt med de små automatisk styrede udluftningsvinduer i brug. Det tyder på, at ventilationsåbningernes størrelse er tilstrækkelige, og at det er muligt at holde temperaturen på et acceptabelt niveau, til husets beboere kommer hjem fra arbejde.

I nærværende rapport er der givet eksempler på etageboliger med glasfacader. Dernæst er der et afsnit om vinduets vigtigste funktioner. Da vinduet besidder mange forskellige funktioner, er det vigtigt, at der sikres en balance mellem de overordnede hensyn som arkitektur, dagslys, isoleringsevne og solvarme. Som nogle af de primære parametre er nævnt solafskærmninger,

ramme/karmkonstruktioner, tæthed og udluftning, som der er lagt speciel vægt på i udformningen af de foreslåede plan- og facadeløsninger.

I afsnittet "Plan og facadeløsninger" er vist eksempler på boligplaner og facader. Der er særligt studeret forhold mellem ude og inde med løsninger som glasudestue, åben balkon og oplukkeligt glasfacadesystem. Herefter er multioplukkelige glasfacadesystemer, hvor hele eller store dele af facaden kan åbnes, blevet vurderet og beskrevet med fordele og ulemper. Facaderne kan bestå af foldepartier, skydepartier eller flerfags fløjdørspartier. Til sidst er der i afsnittet "Energi- og indeklimaforhold" udført konsekvensberegninger af energiforbrug og energiramme samt temperaturforhold om sommeren.

Sammenfatning og konklusion

Formålet med denne rapport er at give eksempler på, hvordan højisolerede glastyper kan anvendes i etagebyggeri på en måde, som både er energiefektiv, giver et godt indeklima og samtidig lever op til kravet om en høj arkitektonisk kvalitet. Projektet er resulteret i en række skitseforslag, hvor det er vist, hvordan de nye rudetyper kan indpasses i etageboligbyggeriet, og hvordan der opnås nye facadeudtryk, rum og lysvirkninger ved anvendelse af højisolerede glaspartier.

Beregninger af varmebehovet viser, at det er muligt ved anvendelse af nye højisolerede rudetyper i nybyggeriet at opfylde målsætningen i Energi 21. Der sigtes mod at reducere varmebehovet med yderligere 33 % i forhold til de nuværende krav i Bygningsreglement [BR 95] 1995 (Boligministeriet, 1995) og Bygningsreglement for småhuse [BR-S 98] 1998 (Bolig- og Byministeriet, 1998). Projektet bygger videre på erfaringerne fra "Det højisolerede glashus" (Wittchen & Aggerholm, 1999), der er opført på Egebjerggård i Ballerup.

Eksempler på eksisterende etageboliger med glasfacader viser, at helt tilbage i 1830'erne i Spanien blev vinduesglasset brugt i udstrakt grad. Forgængerer for curtain walls blev bygget af træ og glas, og hvilede på stenkonsoller omkring en meter fra den bærende stenfacade. De første etagebyggerier med rene glasfacader startede i 1920'erne. Arkitekten Le Corbusier var den første, som skabte et byggesystem, der muliggjorde ikke-bærende facader.

Der er forskellige forhold, der særligt må overvejes ved udformning af facader med højisolerede glaspartier, bl.a. rude- og glastyper, solafskærmninger, ramme/karmkonstruktioner og tæthedsproblematikken. For vinduerne gælder, at der allerede er sket væsentlige forbedringer af rudernes energiegenskaber i forhold til kravene i BR 95. Der er behov for, at denne udvikling fortsætter bl.a. med udvikling og anvendelse af energimæssigt bedre afstandsprofiler samt slanke karm- og rammeprofiler. Sidstnævnte giver mulighed for, at en større del af vinduesarealet bliver udnyttet til en isolerende rude, som samtidig også giver et større gennemskinneligt areal.

Plan- og facadeløsninger

Der er udarbejdet forskellige plan- og facadeløsninger. Idéen er, indenfor en afgrænset økonomisk ramme, at skabe større rummelighed og fleksibilitet i boligens opvarmede rum. Samtidig gøres det muligt at bruge boligen mere utraditionelt med hensyn til åbenhed til det fri med de brugsmønstre som kendes fra glasudestuer. Facadens orientering har afgørende betydning ved udformningen af boligplaner. Sydfacaden har den optimale orientering m.h.t. udnyttelse af passiv solvarme gennem glaspartier. Der er i de forskellige eksempler arbejdet med en primær solvendt facade med orienteringer mellem syd og vest og en sekundær orientering mellem nord og øst, hvor der er aften- eller morgensol.

Der er skitseret fem forskellige planløsninger:

- I boligtype A er der arbejdet med en mellemklimazone i form af en indeliggende glasinddækket balkon, der som i en glasudestue giver mulighed for udeophold uafhængigt af vejrliget. Den indvendige, opvarmede bolig har direkte kontakt til udsigt og vejrlig.
- I boligtype B er mellemklimazonen en udvendig glasinddækket balkon, der spænder over hele boligens primære solvendte facade.

- I boligtype C er der åbne balkoner i tilknytning til en glaskarnap på den primære sydvendte facade.
- Boligtype D har åbne balkoner både ved den primære og den sekundære facade.
- Boligtype E tænkes udformet med faste vægge omkring toilet og køkken. På den måde er der frihed til at placere skillevæggene afhængig af rumbehov og facadens orientering. Der er arbejdet med et multioplukkeligt glasfacadesystem, som kan bestå af foldepartier, skydepartier eller flerfags fløjddørspartier.

Fire forskellige multioplukkelige facadesystemer er skitseret og beskrevet med hensyn til fordele og ulemper:

- a) Foldedøre (8-fags foldeparti) i fuld rumhøjde med ventilation i sidepartier.
- b) Foldedøre (2 × 4fags foldeparti) i normal dørhøjde med ventilation over dørhøjde.
- c) Skydedøre i fuld rumhøjde med ventilation i sidepartier.
- d) Fløjddøre (2 × 4fags fløjddør) i fuld rumhøjde med ventilation i sidepartier og midte.

Der er mulighed for, at både den primære og den sekundære facade kan åbnes helt op mod det fri. Der skabes derved mulighed for en meget stor rummelighed og fleksibilitet i boligen. Ved udformningen af facaderne er der lagt vægt på: 1) holdbarhed og lavt vedligehold, 2) glasfacaden skal være vand- og lufttæt, 3) alle glasflader bør kunne pudses indefra, 4) lukkemekanismen bør være nem at betjene, 5) der skal etableres åbning til udluftning til hvert rum, 6) solafskærmning skal indpasses i vindueskonstruktionen og 7) balkonværn bør indpasses i vindueskonstruktionen.

Der er ved løsning a) mulighed for et åbent areal på 84 % af facadepartiet. Dette anses for en spændende løsning, som giver en meget levende facade og stort solindfald. Store dele af selve boligen får dermed samme karakter som en åben balkon om sommeren og som en glasudestue om vinteren. En ulempe ved placering af ventilation i siderammer kan være, at ventilationen blokeres på grund af møbler og gardiner.

Der er også mulighed for at placere ventilationen over dørhøjde, og 2 × 4-fags foldedøre (løsning b) giver et åbent areal på 63 % af facadepartiet. Ved denne løsning er åbningens højde begrænset i forhold til en normal balkon, hvilket betyder mindre direkte solindfald.

I løsning c) er skinner i bundkarm meget udsat for vejrlig, særligt kan sne- og isbelægning besværliggøre åbning.

Løsning d) giver mulighed for to store åbninger. Dobbelt åbning af fløjddøre kræver dog en meget bred post eller dobbeltkarm, for at der ikke opstår sammenstød med tilstødende oplukkelige fløjddøre.

Energiberegninger

Konsekvensberegninger af energiforbrug og energiramme for de forskellige plan- og facadeløsninger viser, at det er muligt at reducere varmebehovet betragteligt ved brug af vinduespartier med en U-værdi på 0,9 W/m²K og en total solvarmetransmittans på 0,5. Der er taget udgangspunkt i 3-4 etagers boliger med facader der vender mod hhv. syd/nord og vest/øst. Energiforbruget er ca. 30 % lavere end kravet om største energiramme i BR 95. Det svarer til de forventede krav i det kommende Bygningsreglement 2005.

Konsekvensberegninger af temperaturforholdene viser også, at det vil være muligt at få acceptable indetemperaturer, hvis der bruges indvendige lyse gardiner og etableres en passende udluftning. Hermed kan rumtemperaturen holdes på et niveau ca. 2 °C over udetemperaturen.

I forbindelse med videreudvikling af systemet med det multioplukkelige facadesystem med glasfoldedøre vil tætheden være af afgørende betydning mht. infiltration, holdbarhed, termisk isolering og indeklima. Desuden er et af

de væsentlige problemer ved en etagebolig med store glasfacader risikoen for uacceptable høje rumtemperaturer på solrige dage i sommerhalvåret. Det er derfor vigtigt at sikre tilstrækkelige udluftningsmuligheder. Den optimale metode vil være, at der etableres automatisk oplukkelige vinduer. Herved kan der lufte ud ved høje indetemperaturer selvom beboerne ikke er hjemme. Størrelsen af det nødvendige åbningsareal er beregnet og sammenlignet med resultaterne fra "Det højisolerede glashus". Der skal mindst være 0,4 m² frit åbningsareal pr. facade pr. lejlighed (facadelængden er ca. 8 m), heraf skal mindst halvdelen være automatisk oplukkeligt, mens resten af arealet kan betjenes manuelt.

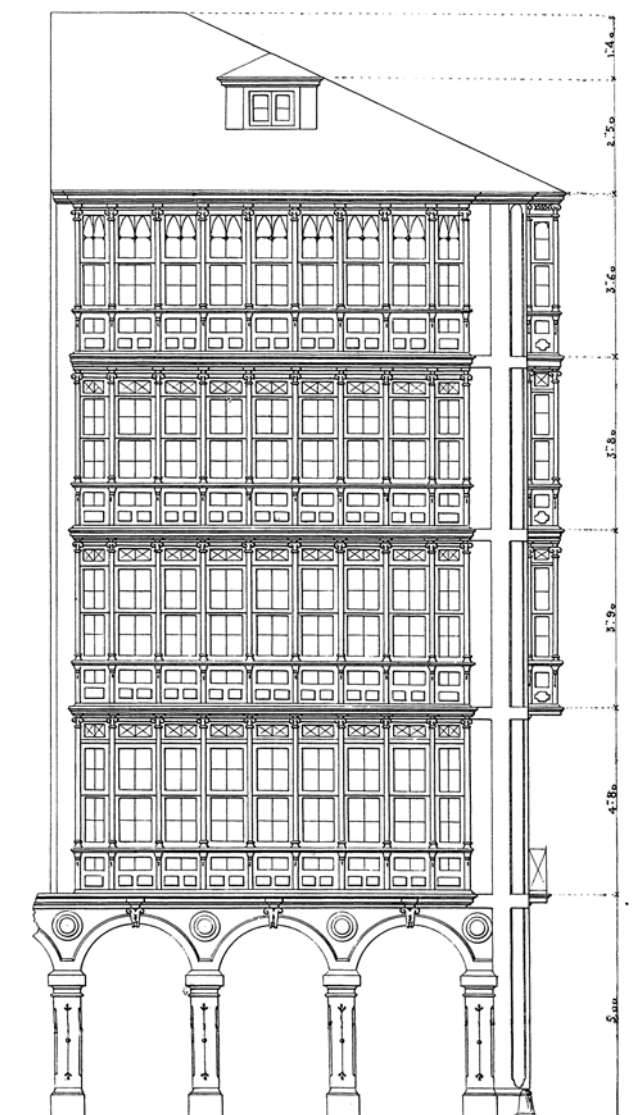
Desuden anbefales det, at der anvendes indvendige lyse gardiner, da disse er af stor betydning for strålevarmen. Når en person rammes direkte af solens stråler, vil det føles varmere selvom temperaturen er præcis den samme. Lyse afskærmninger har en større effektivitet end mørke. Endvidere skal solafskærmningen være regulerbar, da den ikke må reducere solindfaldet gennem vinduerne, når der er behov for varme.

Eksempler på etageboliger med glasfacader

I provinsen La Coruña's hovedstad, beliggende på Atlanterhavskysten i den yderste nordvestlige del af Spanien er der, i den centrale del af byen, byhuse med glasgallerier i hele facadebilledet. I 1830'erne blev vinduesglasset anvendt i udstrakt grad. På den tid blev disse forgængere for curtain walls bygget af træ og glas, hvilende på stenkonsoller omkring 1 meter ude fra den bærende stenfacade. Forbindelse til den bagvedliggende boligs rum består af indadgående fløjddøre med glas.

Formålet med denne facadeudformning var at skabe en "bufferzone" der beskytter boligens rum mod vejrliget. På kølige dage tillader glasgallerierne store mængder sollys at passere ind i boligen, mens de samtidig skærmer mod kold luft. Og på en varm dag bidrager galleriet i nogen grad til at bevare boligens kølighed fra natten.

Denne effektive klimaskærm med de fantastiske filigranlignende glasfacader er karakteristisk for bybilledet, hvor de indgår med en rytmisk variation af form og proportion.



Byhus:
Calle del Riégo de Agua
Bygget i 1882 og 1884.



Byhuse med glasgallerier
i La Coruña.

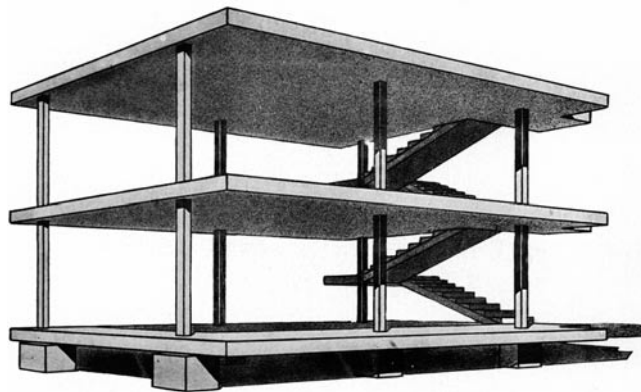


Byhuse med glasgallerier
i La Coruña.

I begyndelsen af 1900-tallet revolutionerede Le Corbusier arkitekturens karakter og muligheder ved at skabe et byggesystem, "dom-ino", der bestod af bærende betonsøjler og krydsarmerede betonpladedæk, hvilket muliggjorde ikke-bærende facader. På den tid havde bygninger hidtil helt overvejende haft bærende murede facader og deraf følgende pille/vindue karakter.



Boligbebyggelse:
Immeuble "Clarté"
Geneve 1930-32
Arkitekt: Le Corbusier.



"Dom-ino", 1914;
Le Corbusiers ide til et frit
standardiseret og mas-
seproducerbart byggesy-
stem.



Boligbebyggelse:
Immeuble "Clarté",
Genève 1930-32,
Arkitekt: Le Corbusier.

Frigørelse af den konstruktivt bærende funktion i facaden medfører, at Le Corbusier i 1920'erne og 1930'erne skaber en række etagebyggerier med rene glasfacader. Facaderne udformes med glas fra gulv til loft, der giver store mængder lys og fri udsigt. Glaspartierne er ofte udført med skydevinduer og skydedøre, der giver mulighed for stor åbenhed til det fri.



Boligbebyggelse:
Immeuble a la Porte
Molitor, Paris 1933,
Arkitekt: Le Corbusier.



Boligbebyggelse:
Immeuble a la Porte
Molitor, Paris 1933,
Arkitekt: Le Corbusier.

Der opstår i løbet af 1900-tallet mange forskellige konstruktive systemer, der giver mulighed for curtain walls, dvs. lette facadekonstruktioner der ophænges på den bagvedliggende bærende konstruktion.

I USA bygges højhuse med bærende stålkonstruktioner og curtain wall facader, som i overvejende grad består af glaspartier. I andre tilfælde udformes facaden som en aptering af et betonrâhus med udvendig solafskærmning, fx i form af balkoner forsynet med vertikale jalousilameller.



Boligbebyggelse med stâlråhus og curtain wallfacade:
Lake shore drive,
Chicago 1948-51,
Arkitekt:
Mies van der Rohe.



Boligbebyggelse med stâlråhus og curtain wallfacade:
Lake shore drive,
Chicago 1948-51,
Arkitekt:
Mies van der Rohe.



Boligbebyggelse med betonráhus og apteret facade og solafskærmning: Married Student Dormitories, Harvard University Cambridge, Mass., 1962-1964, Arkitekt: José Luis Sert.

Efter oliekrisen og i kraft af termoglassets udvikling til en bedre isolerende klimaskærm er det i løbet af det i de sidste årtier blevet muligt at forsyne boliger med meget store glaspartier/glasfacader, hvor udsigt og beliggenhed fordrer det.

Ved floden Thames i Hammersmith, London er der med Richard Rogers tegnestue bygget en blanding af 3- og 4-rums lejligheder. Bebyggelsen, der indeholder 25 boliger, er relateret i skala til store byhuse ved en deling bestående af tre bygningsvolumener, hver med sit trapperum.



Boligbebyggelse: Thames Reach Housing, 1984-1987 Thames Wharf, Hammersmith, London Arkitekt: Richard Rogers.

Terrasser er ophængt i gavle og mellem bygninger, udformet som skibsløj-derinspirerede stålkonstruktioner. Alle boligerne har opholdsrum, dvs. spise- og opholdsstue, orienteret mod floden og udsigten mod syd-vest. De øverste boliger har dobbelthøje opholdsrum og tagterrasser.



Boligbebyggelse:
Thames Reach Housing,
1984-1987
Thames Wharf, Ham-
mersmith, London
Arkitekt:
Richard Rogers.

De store glasfacader giver et fantastisk lys i boligen. Floden spejler flimren-
de lyspletter i loftet og eftermiddagssolen giver varme og varmt lys dybt ind i
boligen. Der er mulighed for indvendig solafskærmning i form af persiener.



Boligbebyggelse:
Thames Reach Housing,
1984-1987
Thames Wharf, Ham-
mersmith, London
Arkitekt:
Richard Rogers.

Vinduets egenskaber

Vinduets primære funktion i en bygning er på den ene side at beskytte mod udeklimaet og på den anden side at skabe kontakt mellem personerne i bygningen og udeforholdene i form af friskluft- og dagslystilførsel samt udsynsmulighed. Derudover bidrager vinduet til bygningens opvarmning dels ved at transmittere solens varmestråling og dels udnytte dagslyset. De mange forskellige funktioner vinduet besidder, bevirker, at det er vigtigt, at der ved materialevalg og udformning af vindueskonstruktioner sikres en balance mellem de overordnede hensyn: arkitektur, dagslys, isoleringsevne og solvarme.

Glas har gennem tiderne været et uundværligt byggemateriale grundet sin gennemsigtighed, og der er sket en markant udvikling i de senere år. De moderne rudetyper giver nye muligheder, således at det i dag er muligt at skabe glasfacader med U-værdier, som nærmer sig værdien for isolerede vægge.

I forsøg på at forbedre de eksisterende energiruder vil den kommende forskningsindsats blive koncentreret om udvikling af nye typer afstandsprofiler, lavemissionsbelægninger, der har en større lys- og soltransmittans samt bedre isolerende gasarter. Desuden fokuseres på bedre isolerende ramme/karmkonstruktioner og forøgelse af vinduernes totale solenergitransmittans. I bilaget er en mere udførlig forklaring til de forskellige glas- og rudetyper.

I det følgende gives en kort introduktion til vinduets vigtigste egenskaber, som der er lagt speciel vægt på i udformningen af de foreslåede plan- og facade-løsninger.

Termisk isolation

I nedenstående tabel er der vist typiske værdier for ruder til boligbyggeri.

Oversigt over typiske værdier for kommercielt tilgængelige rudetyper.

Beskrivelse	Center U-værdi			Sollys-transmittans	Total solenergitransmittans
	Luft	Argon	Krypton		
	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(m ² K)		
2-lagsrude (12 mm afstand)	1,8	1,4	1,2	0,77	0,66
2-lagsrude (15 mm afstand)	1,4	1,1	1,0	0,75	0,59
3-lagsrude med to belægninger	0,9	0,7	0,4	0,62	0,40
2-lagsrude med sol- afskærmning	1,6	1,3	1,0	0,65	0,44

Det forseglede hulrum gør det muligt at udskifte den atmosfæriske luft med andre gasarter, der har en bedre isoleringsevne samt at anvende lavemissionsbelægninger til reduktion af varmeoverføringen ved stråling.

Ved de godt isolerende rudetyper, det vil sige for ruder med en center U-værdi mindre end ca. 1 W/m² K, opstår der kondensation på rudens yderside, idet varmetabet gennem ruden er så lille, at det ikke kan holde den udevendige glasoverflade over udeluftens dugpunktstemperatur. Kondens-

dannelsen optræder primært på klare stille nætter, og vil først forsvinde sidst på morgenen eller ud på formiddagen. I modsætning til indvendig kondensdannelse optræder den udvendige kondens midt på ruden, mens der typisk langs rudens kanter er dugfrit. Dette skyldes i høj grad afstandsprofilens dårlige isoleringsevne, hvorved der ledes varme ud til kanten af det yderste glas (Engelund Thomsen, Schultz, Svendsen, Duer & Kragh, 1997).

U-værdien for typiske ramme/karmkonstruktioner er ca. 1,4 – 2,0 W/m² K og er således væsentlig højere end center U-værdien for de oftest anvendte energiruder. Den højere U-værdi får mærkbar indflydelse på vinduets totale U-værdi, idet ramme/karmarealet ofte udgør en stor del af det samlede vinduesareal. En minimering af ramme/karmdimensionerne vil derfor føre til en lavere total U-værdi for vinduet, hvis ramme/karm U-værdien ikke ændres, og til et større transparent areal med deraf følgende større sollys- og solenergitilskud til boligen.

Solvarme og dagslys

Store glasarealer kan give et betragteligt solvarmetilskud. Desuden bringer glasarealerne store mængder dagslys ind i bygningen, både diffust og direkte lys.

Et af de væsentligste problemer ved en bygning med store glasarealer er risikoen for uacceptable høje rumtemperaturer på solrige dage i sommerhalvåret. Udvendig solafskærmning er det mest effektive, men i boliger bør afskærmninger mellem eller inden for ruderne normalt være tilstrækkeligt. Principielt bør alle større solbeskinnede glasarealer kunne afskærmes for direkte solindstråling om sommeren. Solafskærmningen bør være regulerbar, så den ikke reducerer solindfaldet gennem vinduerne nævneværdigt, når der er behov for varme.

I stedet for almindeligt glas kan anvendes specialglas for at reducere solindfaldet, men dette bør ikke være nødvendigt i boliger.

Blændingsproblemer på grund af dagslys optræder især, når man i et i øvrigt relativt mørkt rum ser ud på en meget lys himmel, eller når der er direkte solstråling ind ad vinduerne. Generelt opfattes det rart at opholde sig i lyse rum, men det kan blive for lyst. Blændingen kan reduceres ved hjælp af selve vinduesudformningen, udhæng, gardiner, skodder, persiener eller anden solafskærmning. Blændingen kan ligeledes reduceres ved at udjævne skarpe luminansspring med bløde overgange fx med gardiner mellem væg og vindue.

Lufttæthed

Tætheden af vinduerne er af afgørende betydning mht. infiltration, holdbarhed, termisk isolering, lydisolering og indeklimaet. Hvis bygningen er tilstrækkelig lufttæt, er det muligt at styre luftskiftet med udeluftventiler, aftrækskanaler, udsugning og åbning af vinduer. Udadgående side- eller top-hængte rammer er normalt bedst.

Udluftning

I boliger med store glasarealer bør der være mulighed for udluftning gennem oplukkelige vinduer i glasfacaderne. Den optimale metode vil være, at der etableres automatisk oplukkelige vinduer (dog med mulighed for at brugeren selv skal kunne aktivere dem), således at der luftes ud ved høje temperaturer, selvom beboerne ikke er hjemme.

Plan- og facadeløsninger

Orientering

Der er forskel på øst/vest vendte og nord/syd vendte boliger, særligt med hensyn til solindfaldsvinkel og ligeværdighed facaderne imellem.

Den øst/vest vendte bolig har formiddagssol og eftermiddagssol ligeværdigt på henholdsvis den ene og den anden facade. Den nord/syd vendte bolig har overvejende sol på sydfacaden og kun lav aftensol og tidlig morgensol på nordfacaden i sommerhalvåret.

Sydfacaden har den optimale orientering m.h.t. udnyttelse af passiv solvarme gennem glaspartier, der er her tale om et bruttovarmetilskud. Glas i nordfacaden giver varmetab i vinterhalvåret og øst/vest orientering er mere neutral.



Eksempel på multioplukkelig glasfacade ved den "primære solvendte facade", orienteret mod syd til vest.

Trods forskelle som følge af facadernes orientering er der også tale om brugsmæssig ligeværdighed i forhold til behov for gennemlyste rum og ophold ved den solvendte facade.

Det er fx vigtigt med mulighed for eftermiddagssol og aftensol i boligens opholdsrum for mennesker der er på arbejde i dagtimerne. På den baggrund er vestorientering med sol fra middagstid til solnedgang brugsmæssigt vigtigere end østorientering, hvor der kun er sol om morgenen og formiddagen.

Dette forhold er også interessant i boliger med nord/syd orientering, hvor der er sol på den sydvendte facade det meste af dagen, om vinteren indtil solnedgang og om sommeren indtil ved 18-tiden, hvor den lave aftensol viser sig på den nordvendte facade. Aftensol i sommerhalvåret er vigtigt for mange mennesker, der er hjemme for at spise aftensmad og nyde dagens sidste solstråler.

Planer

Solorientering har afgørende betydning ved udformning af boligplaner i et etagehus. Der er i de forskellige eksempler på lejlighedsindretning arbejdet med en primær solvendt facade mod syd til vest og en sekundær orientering mod nord til øst, hvor der er aftensol eller morgensol.

Det medfører, at spisekøkken kan placeres ved den primært solvendte facade, og toilet og soveværelse er placeret mod den sekundære. Ophold og supplerende rum kan placeres efter beboernes behov. Ved boligens udformning er der særligt studeret forhold mellem ude og inde efter følgende tre løsningsmodeller: Glasudestue (boligtype A og B), åben balkon (boligtype C og D) og oplukkeligt glasfacadesystem (boligtype E).



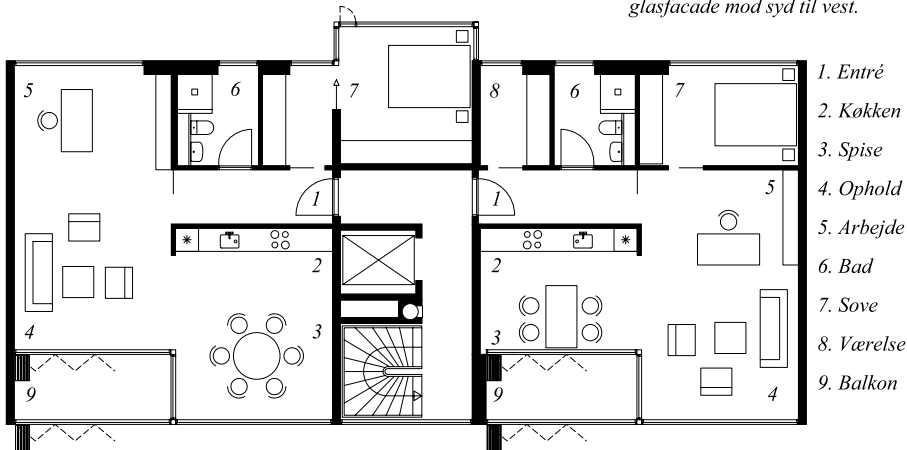
Dannebrogsgade 18,
København V. Opførelsesår: 1992. Arkitekt: Lundgaard & Tranberg.

Glasudestue

Glasudestuen fungerer som mellemklimazone og kan derfor forlænge muligheden for at opholde sig ude, især i sommerhalvåret. Glasudestuen har en række velkendte kvaliteter og er meget anvendt indenfor byfornyelse, hvor den er en populær tilføjelse til boliger med ingen eller begrænset udeopholdsmulighed. Eksempler på glasudestuer ses på boligtype A og B.

Nord til øst vendt facade - aften - eller morgensol

Type A, mellemklimazone:
Indeliggende balkon med 1-lag
glasfacade mod syd til vest.

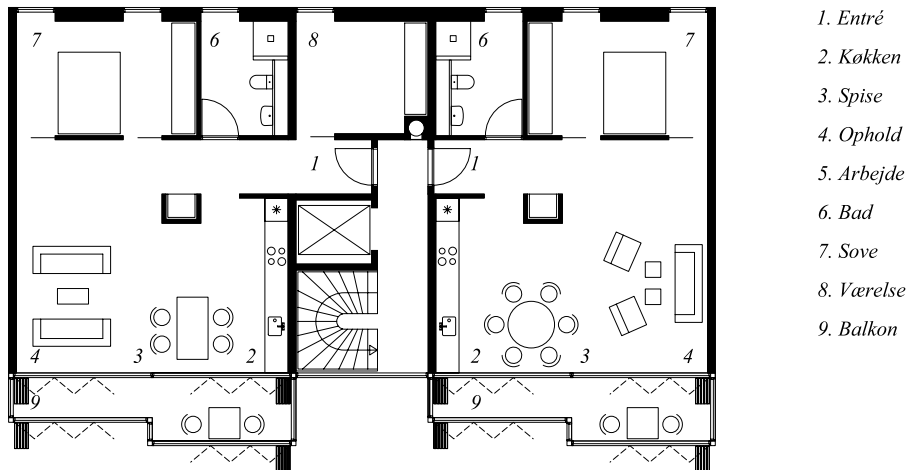


Syd til vest vendt facade - sol i dagtimerne

Boligplaner type A, 1:200
3 Rum 96,5m² + Balkon 7m²
2 Rum 83,5m² + Balkon 7m²

Nord til øst vendt facade - aften - eller morgensol

Type B, mellemklimazone:
Udvendig balkon med 1-lag
glasfacade mod syd til vest.



Syd til vest vendt facade - sol i dagtimerne

Boligplaner type B, 1:200
3 Rum 94m² + Balkon 11m²
2 Rum 79m² + Balkon 11m²

Boligtype A

I boligtype A er der arbejdet med en mellemklimazone i form af en indeliggende glasinddækket balkon, der som en glasudestue giver mulighed for udeophold uafhængigt af vejrliget. Den indvendige, opvarmede bolig har direkte kontakt til udsigt og vejrlig via spisekøkkenets glaskarnap. Opholdsstuen ligger med begrænset udekontakt bag ved den glasinddækkede balkon.

Boligtype B

I boligtype B er der arbejdet med en mellemklimazone i form af en udvendig glasinddækket balkon, der spænder ud foran hele boligens primære solvendte facade. Den indvendige opvarmede bolig har begrænset kontakt til udsigt og vejrlig gennem den glasinddækkede balkon.

For begge boligers vedkommende er udeophold eller solkontakt begrænset til den primære solvendte facade.



Vestersøhus, København. Opførelsesår: 1935-39
Arkitekter: Kay Fisker & C.F.Møller.

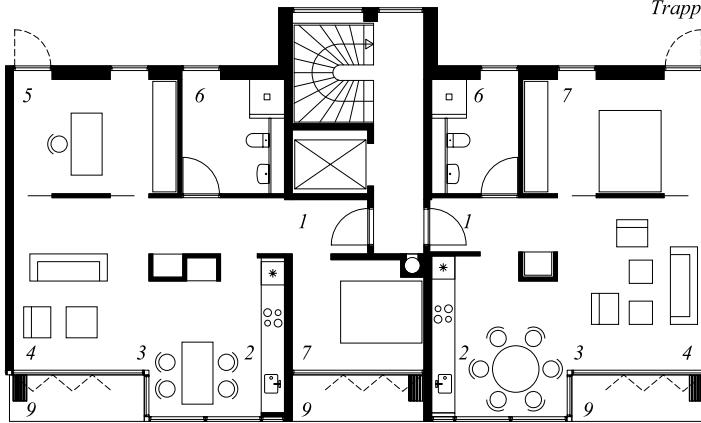
Åben balkon

Den åbne balkon, der som ved kendte altankarnaphuse giver mulighed for almindeligt udeophold i forbindelse med karnap, betyder at man kan komme helt ud til lyset og udsigten. Den åbne balkon har på årsbasis mere begrænset anvendelse end glasudestuen, men mere åbenhed til sol og frisk luft. Fælles for glasudestuen og den åbne balkon er, at de er tilføjelser til den opvarmede del af boligen og derfor ikke kan benyttes hele året.

I en nyfortolkning af boligens brugsmønster vil det være en stor kvalitet, hvis der til boligens rum udvikles en fleksibel facadekonstruktion, der indebærer mulighed for at tilpasse brugen af boligens rum til udeluften over hele året.

Nord til østvendt facade - aften - eller morgensol

Type C,
Åben balkon mod syd til vest
Trappe mod nord til øst.



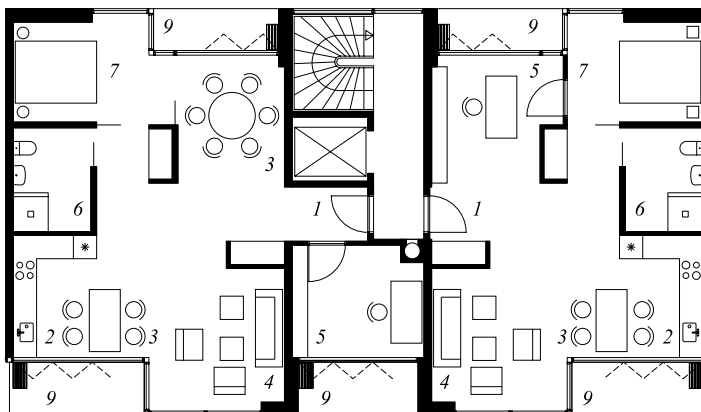
1. Entré
2. Køkken
3. Spise
4. Ophold
5. Arbejde
6. Bad
7. Sove
9. Balkon

Syd til vestvendt facade - sol i dagtimerne

Boligplaner type C, 1:200
3 Rum 94m² + Balkon 5m²
2 Rum 79m² + Balkon 5m²

Nord til østvendt facade - aften - eller morgensol

Type D,
Åben balkoner i begge facader
Trappe mod nord til øst.



1. Entré
2. Køkken
3. Spise
4. Ophold
5. Arbejde
6. Bad
7. Sove
9. Balkon

Syd til vestvendt facade - sol i dagtimerne

Boligplaner type D, 1:200
3 Rum 94m² + Balkon 5m²
2 Rum 79m² + Balkon 5m²

Boligtype C

I boligtype C er der arbejdet med åbne balkoner i tilknytning til glaskarnap. Denne facadeløsning giver mulighed for almindeligt udeophold når vejret er til det, samtidig med, at der som i boligtype A, er direkte kontakt fra den indvendige opvarmede bolig til udsigt og vejrlig via spisekøkkenets glaskarnap.

Boligtype D

Boligtype D har samme facadeløsning ved den primære solvendte facade som boligtype C. Men toiletet er placeret inde i boligen for at give plads til opholdsrum og åbne balkoner ved den sekundære solvendte facade, sådan at der bliver mulighed for at nyde morgensol eller aftensol, både ude og inde, afhængig af boligens orientering.



Klübeck-Dreirosen, udvidelse af skole i Basel, 1996. Arkitekter: Morger & Degelo, Schweiz.



Oplukkeligt glasfacadesystem

Oplukkeligt glasfacadesystem giver optimal mulighed for stor åbenhed mellem ude og inde.

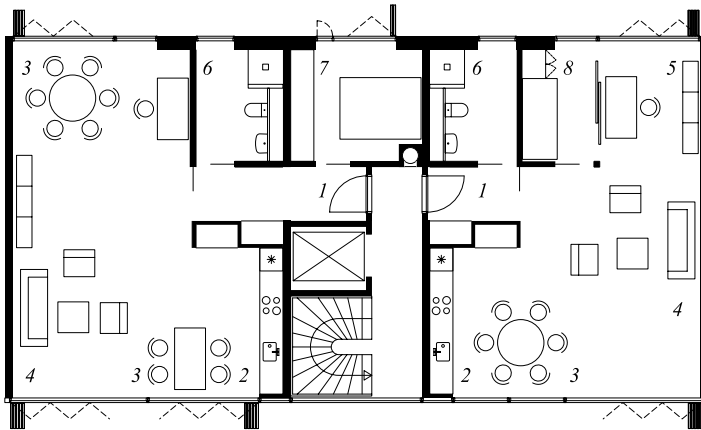
De tre udformningsmuligheder (glasudestue, balkon og oplukkeligt glasfacadesystem) kan selvfølgelig kombineres, men ud fra brugs-mæssige og byggeøkonomiske betragtninger er det interessant at undersøge, hvor store bo-kvaliteter der kan opnås i den rene model (oplukkeligt facadesystem).

Et multioplukkeligt glasfacadesystem, hvor hele eller store dele af facaden kan åbnes, vil kunne imødekomme ønsket om en sommerbolig, hvor dele af selve boligen har samme karakter som en åben balkon, og en vinterbolig der lysmæssigt og passiv solvarmemæssigt har samme kvaliteter som glasudestue.

Boligtipe E repræsenterer løsninger med oplukkeligt glasfacadesystem.

Nord til øst vendt facade - aften - eller morgensol

Type E, oplukkelig facade
System der medfører optimal
åbenhed mellem ude og inde.



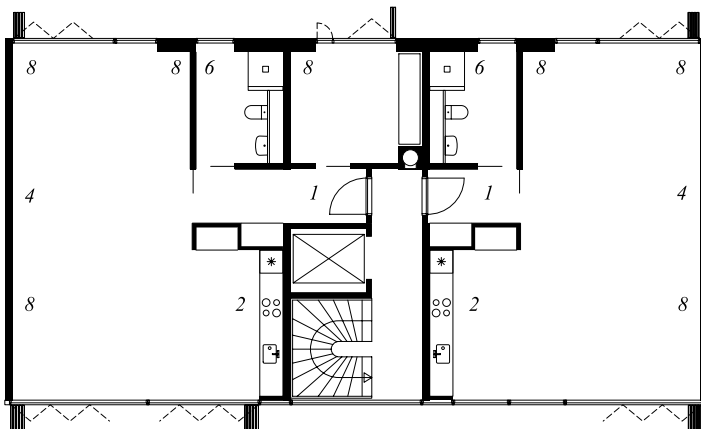
1. Entré
2. Køkken
3. Spise
4. Ophold
5. Arbejde
6. Bad
7. Sove
8. Værelse

Syd til vest vendt facade - sol i dagtimerne

Boligplaner type E, 1:200
3 Rum 94m²
2 Rum 79m²

Nord til øst vendt facade - aften - eller morgensol

Type E, eksempel på fleksibilitet /
valgfrihed med hensyn til
placering af værelser og ophold.



1. Entré
2. Køkken
4. Ophold
6. Bad
8. Værelse

Syd til vest vendt facade - sol i dagtimerne

Boligplaner type E, 1:200
3 Rum 94m²
2 Rum 79m²

Boligtype E

I boligtype E er idéen, indenfor en afgrænset økonomisk ramme at skabe større rummelighed og fleksibilitet i boligens opvarmede rum og samtidig gøre det muligt at bruge boligen mere utraditionelt med hensyn til åbenhed til det fri, svarende til de brugsmønstre vi kender fra glasudestuer.

Boligen tænkes udformet med faste vægge omkring toilet og køkken, sådan at beboerne har frihed til at placere lette skillevægge afhængig af rumbehov og facadens orientering. Der arbejdes med et multioplukkeligt facade-system, både mod den primære og den sekundære solvendte facade.

Det betyder for eksempel, at spisekøkkenets facade på en sommerdag kan åbnes helt op, sådan at oplevelsen svarer til, at man sad på en åben indeliggende balkon, og det betyder at man, når vejret tillader det, kan tage solbad i sin lænestol. I vinterhalvåret vil glas fra gulv til loft på facaden i hele opholdsrummets udstrækning give rigeligt med dagslys.

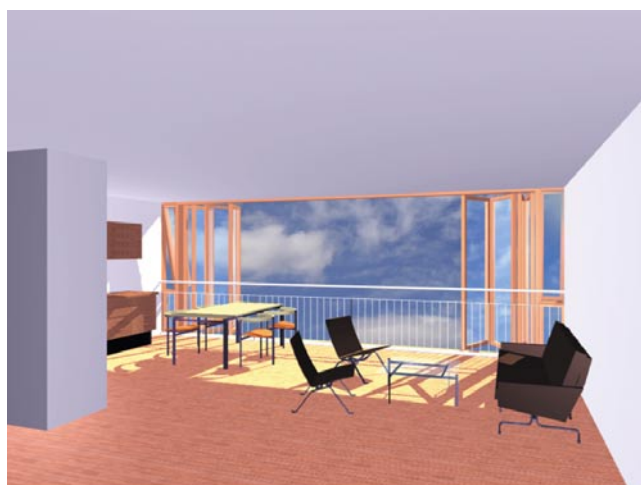
Facader

Et multioplukkeligt facadesystem kan bestå af foldepartier, skydepartier eller flerfags fløjdørspartier og eventuelt kombineres med almindelige tophængte og sidehængte vinduesfag. Udformningen afhænger af følgende forhold:

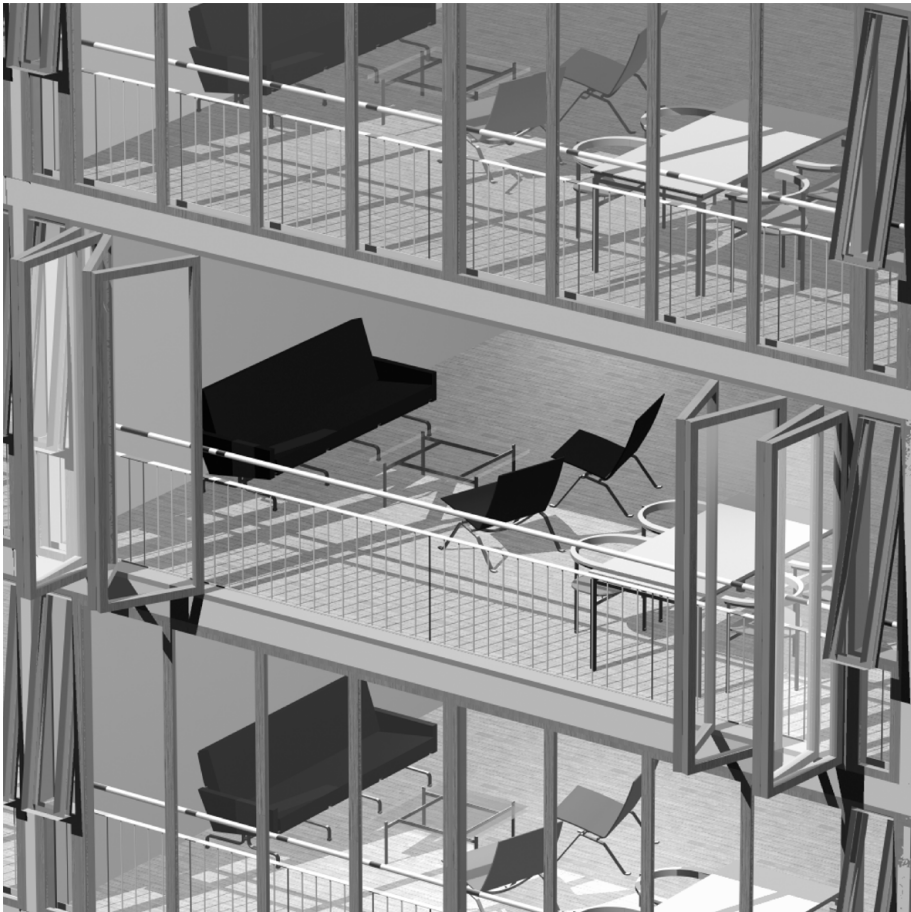
- Holdbarhed og lavt vedligehold.
- Glasfacaden skal være vand- og lufttæt.
- Alle glasfacader bør kunne pudses indefra.
- Oplukkefunktion bør være nem at betjene.
- Der skal etableres udluftningsåbning til hvert rum, fx i form af temperaturstyret motoråbning på gående ramme.
- Solafskærmning skal indpasses i vindueskonstruktion.
- Balkonværn bør indpasses i vindueskonstruktion.



Boligtype E med traditionel facade, set indefra.



Boligtype E med oplukkelig glasfacade bestående af foldedøre i fuld højde, set indefra.



Foldedøre i fuld højde

– ventilation i sidepartier og indvendigt værn

Fordele:

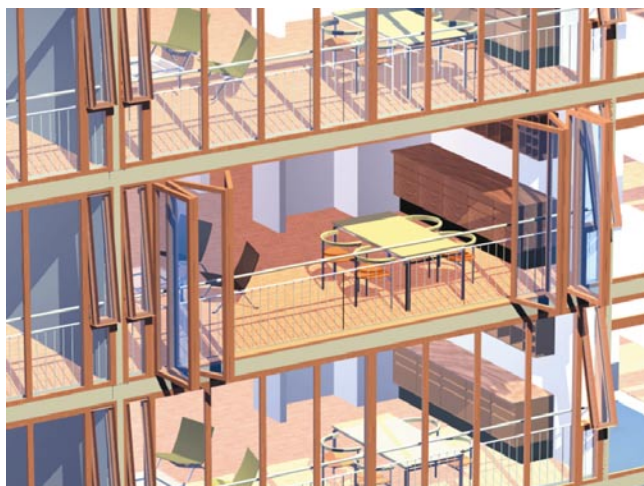
- Fastgørelse i dækkonstruktion er fordelagtig af konstruktive årsager, da alle dørrammer hænger i en skydeskinne ved den øverste karm.
- 8-fags foldeparti giver enkel mulighed for stor central åbning, svarende til et åbent areal på ca. 84 % af facadepartiet.
- Alle foldedørsrammer kan parkeres frit, fx i den ene side af åbningen, sådan at de ikke skygger for skråt solindfald.
- Arkitektonisk/byggeteknisk klarhed og minimal rammekonstruktion, der ved åbning giver højt direkte solindfald og en meget levende facade.
- Partiet har en rumhøjde på 2,5 m, hvorfor det er svært at nå almindelige lukkevidere, der derfor skal erstattes af paskvillukning ved hver gående hængsling, dette er fordyrende, men samtidig en brugsmæssig forbedring.
- Indvendig solafskærmning er nem at etablere, fx i form af rullegardiner eller persiener.

Ulemper:

- Ventilation i sidehængte rammer kan være svært tilgængelig i forhold til møblering og almindelige gardiner, særligt når gardinerne er trukket til side vil de blokere for ventilation.
- Udvendig solafskærmning er kun mulig ved montage direkte på hver enkelt dørramme.

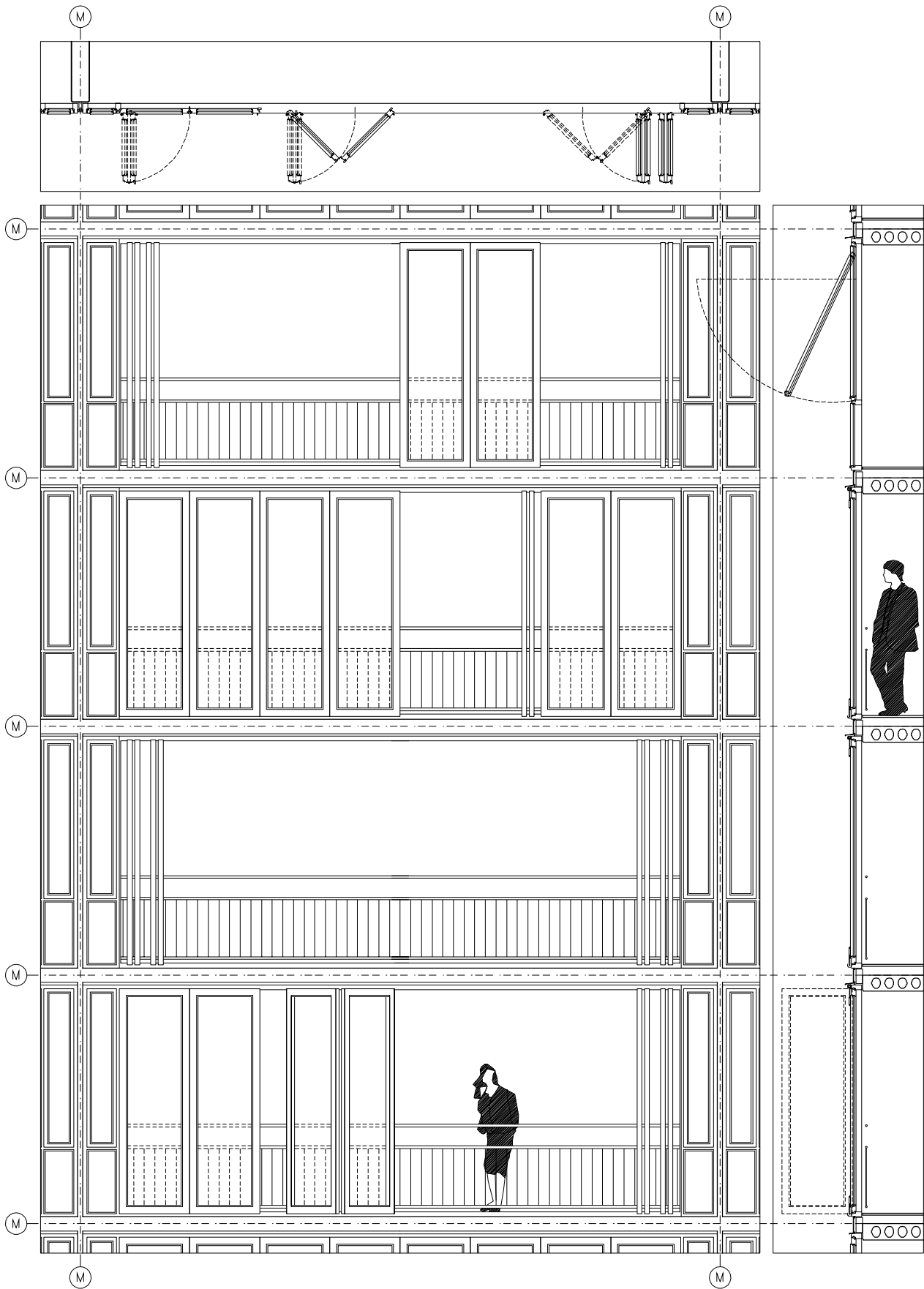


Boligtype E med foldedøre i fuld højde, set indefra.



Boligtype E med foldedøre i fuld højde, set udefra.

Planudsnit af foldedøre i fuld højde



Facadeudsnit af foldedøre i fuld højde

Snit

Foldedøre i normal højde

– ventilation over dørhøjde og indvendigt værn

Fordele:

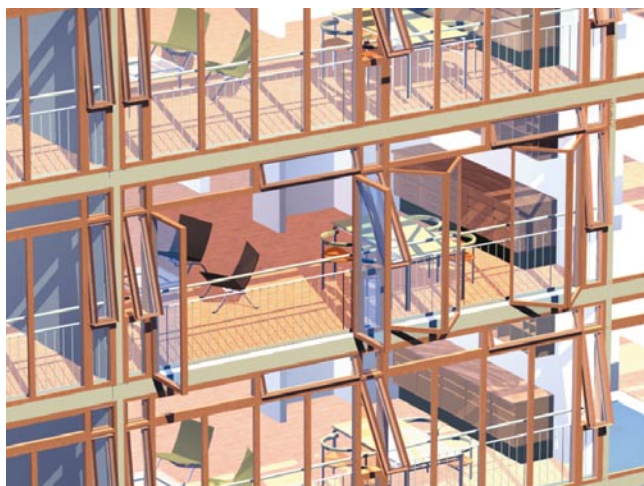
- Foldedøre kan udformes med simple lukkevidere, der kan nås af de fleste, hvilket er en billig lukkeløsning.
- 2 × 4-fags foldeparti giver enkel mulighed for to store åbninger, svarende til et åbent areal på ca. 63 % af facadepartiet.
- Arkitektonisk/byggeteknisk balanceret vinduesparti, der ved åbning giver en meget levende facade.
- Ventilation kan udføres med tophængte rammer, hvilket er optimalt i forhold til møblering og trækgener.
- Vinduespudsning kræver ikke at foldedørsrammer parvis kan køre frit. Indvendig solafskærmning er nem at etablere, fx i form af rullegardiner eller persiener.

Ulemper:

- Udformning af foldedøre kræver loddepost pr. 4 fag for at dørrammer kan hænges op i skydeskinne ved samling af foldeparti og tophængte vinduer.
- Åbningens højde er begrænset i forhold til en normal balkon, hvilket betyder mindre direkte solindfald.
- Udvendig solafskærmning er kun mulig ved montage direkte på hver enkelt vindues- og dørramme.



Boligtype E med foldedøre i normal højde, set indefra.



Boligtype E med foldedøre i normal højde, set udefra.

Planudsnit af foldedøre i normal højde



Facadeudsnit af foldedøre i normal højde

Snit

Skydedøre i fuld højde

– ventilation i sidepartier og indvendigt værn

Fordele:

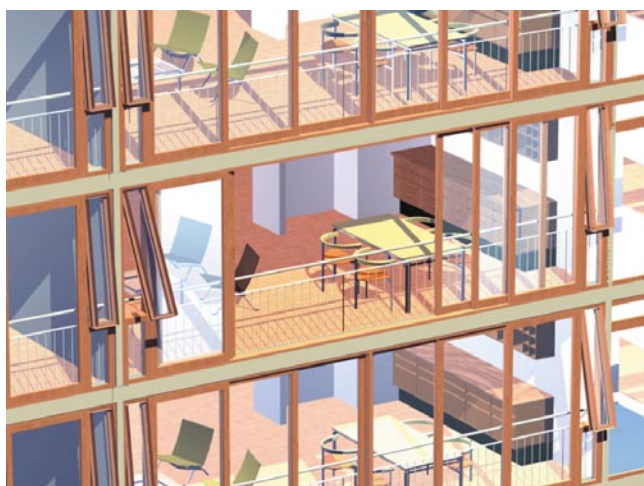
- Fastgørelse i dækkonstruktion er fordelagtig af konstruktive årsager, da alle dørrammer hænger i en ekstra bred karm, der ved normal dørhøjde ville medføre en meget voldsom tværpost for at klare det store spænd.
- 6-fags skydedørsparti giver enkel mulighed for stor central åbning, svarende til et åbent areal på ca. 58 % af facadepartiet.
- Alle skydedørsrammer kan parkeres frit, sådan at de ikke skygger.
- Arkitektonisk/byggeteknisk klarhed og minimal rammekonstruktion, der ved åbning giver højt direkte solindfald og en meget levende facade.
- Indvendig solafskærmning er nem at etablere, fx i form af rullegardiner eller persienner. Udvendig solafskærmning kan etableres som helheds-løsning, fx i form af markise eller rullegardin.

Ulemper:

- Ventilation i sidehængte rammer kan være svært tilgængelig i forhold til møblering og almindelige gardiner, særligt når gardinerne er trukket til side vil de blokere for ventilation.
- Skinner i bundkarm er meget udsat for vejrlig, særligt kan sne- og isbelægning besværliggøre åbning.

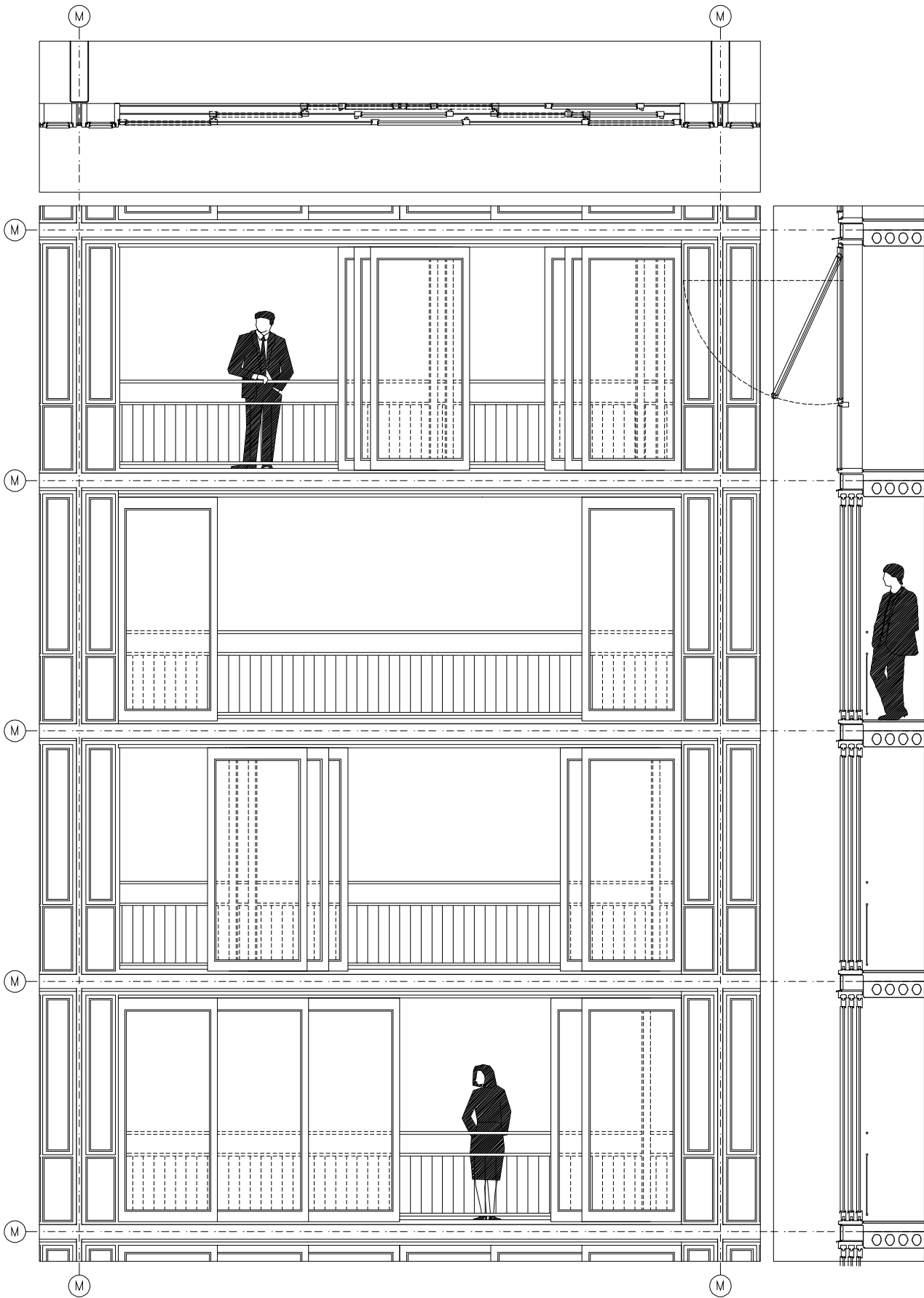


Boligtype E med skydedøre i fuld højde, set indefra.



Boligtype E med skydedøre i fuld højde, set udefra.

Planudsnit af skydedøre i fuld højde



Facadeudsnit af skydedøre i fuld højde

Snit

2 × 4-fags fløjdøre i fuld højde

– ventilation i sidepartier og midte samt indvendigt værn

Fordele:

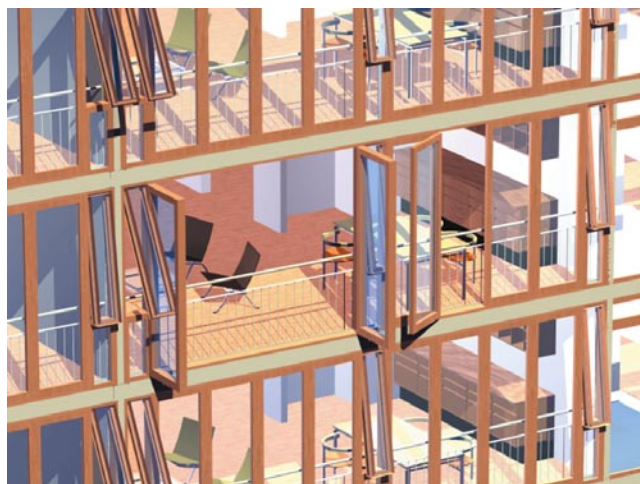
- Fastgørelse i dækkonstruktion er fordelagtig af konstruktive årsager, da alle dørrammer hænger i en lodret karm eller loddepost der bærer spænde ud mellem etagedæk.
- 2 × 4-fags fløjdørsparti giver enkel mulighed for to store åbninger, svarende til et åbent areal på ca. 75 % af facadepartiet.
- Arkitektonisk/byggeteknisk klarhed og minimal rammekonstruktion, der ved åbning giver højt direkte solindfald og en ret levende facade.
- Indvendig solafskærmning er nem at etablere, fx i form af rullegardiner eller persienner.

Ulemper:

- Ventilation i sidehængte rammer kan være svært tilgængelig i forhold til møblering og almindelige gardiner, særligt når gardinerne er trukket til side vil de blokere for ventilation.
- Dobbelt oplukke af fløjdøre kræver meget bred post eller dobbeltkarm for at der ikke opstår sammenstød med tilstødende oplukkeligt vindue.
- Vinduespudsning skal foretages gennem topvendevinduer.
- Udvendig solafskærmning er kun mulig ved montage direkte på hver enkelt dørramme, hvis hængsling har tilsvarende udladning.

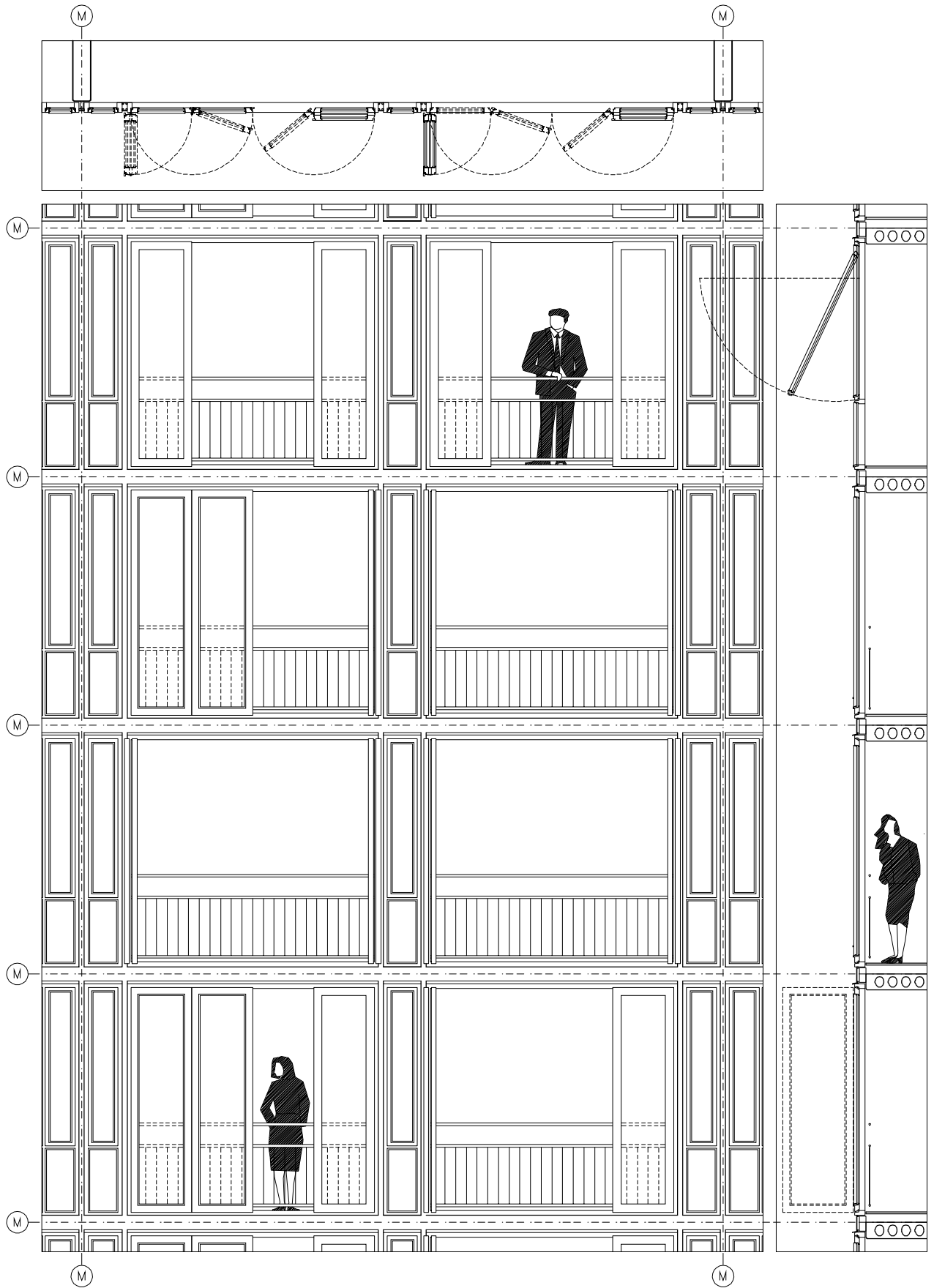


Boligtype E med fløjdøre i fuld højde, set indefra.



Boligtype E med fløjdøre i fuld højde, set udefra.

Planudsnit af 4-fags fløjddøre i fuld højde



Facadeudsnit af 4-fags fløjddøre i fuld højde

Snit

Energi- og indeklimaforhold

Nedenstående er energi- og temperaturforhold beregnet for typiske løsninger med glasinddækninger og -facader dvs. for type A (indeliggende balkon), B (udvendigt glasinddækket balkon) og E (oplukkeligt glasfacadesystem).

Type A - indeliggende balkon

Forudsætninger

Et etagehus på fire etager og kælder er grundlaget for de følgende beregninger. I huset er der otte små og otte store lejligheder fordelt på to opgange. Planen for én opgang er som vist på side 21. De små lejligheder har et bruttoareal på ca. 80 m², de store på ca. 95 m² begge inklusive et uopvarmet uderum på ca. 7 m². Desuden findes der et uopvarmet trapperum på hver etage på ca. 20 m². Det samlede opvarmede etageareal er 1268 m². Uderummet, kælderen og trapperummet er uopvarmet, men isoleret svarende til kravene til rum opvarmet til mindst 5 °C. Halvdelen af kælderen er over terræn. Bruttoetagehøjden er 2,8 m på alle etager, mens den indvendige højde er 2,5 m.

Der er regnet med U-værdier efter BR 95 ($U_{ydevæg} = 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, $U_{tag} = 0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) undtagen for vinduesarealerne. I klimaskærmen anvendes transparente 2-lags energiruder med lavemissionsbelægning og kryptonfyldning, og U-værdien er sat til 1,1 W/m² K for rudedelen og 1,6 W/m² K for ramme/karmdelen. U-værdien beregnet efter det nye tillæg 1 til DS 418 (Dansk Standard, 1986), (Dansk Standard, 1997) medfører, at den samlede U-værdi for vinduesarealet bliver 1,3 W/m² K (der er hermed taget hensyn til afstandsprofilen). Glassets andel af det samlede vinduesareal er sat til 80 % i gennemsnit. Den totale solvarmetransmittans er 0,6. Vinduerne i kælder og trapperum er almindelige 2-lags vinduer, mens uderummet har et 1-lag glas yderst.

Der er regnet med, at facaderne vender syd/nord, og at nordfacaden består af 50 % vinduesareal og 50 % væg, øst- og vestfacaden af 25 % vinduesareal og 75 % væg samt sydfacaden af 100 % vinduesareal. Trapperummet har 50 % vinduesareal mod syd.

Der er mekanisk udsugning fra køkken og badeværelse med en luftstrøm på 35 l/s pr. lejlighed.

Varmebehov

Varmebehovet for hele etagehuset er beregnet med metoden beskrevet i SBI-anvisning 184: Bygningers energibehov (Aggerholm et al, 1995), som BR 95 henviser til og ved hjælp af programmet: Bygningers varmebehov 98, BV 98, (Grau & Aggerholm, 1998).

Nettovarmebehovet til rumopvarmning og ventilation er beregnet i MJ/m² etageareal pr. fyringssæson (september til maj inkl.), og vist i tabellen på næste side. BR 95's energiramme tillader for en 4-etages bygning 188 MJ/m² år (52 kWh/m² år) plus et tillæg for mekanisk udsugning på 58 MJ/m² år (16 kWh/m² år) totalt lig med 246 MJ/m² år (68 kWh/m² år). Der forventes en revision af bygningsreglementet med virkning fra år 2005 med en skærpelse af kravene til bygningers energibehov på 33 % i forhold til BR 95. Dette vil betyde, at energirammen for Bygningsreglement 2005 kan forventes at blive 126 MJ/m² år (35 kWh/m² år) plus 58 MJ/m² år (16 kWh/m² år) totalt lig med 184 MJ/m² år (51 kWh/m² år) forudsat samme tillæg til ventilationen.

Som parametervariationer er der dels varieret vindue/væg forholdet mod de forskellige verdenshjørner dels isoleringstykkelsen for ydervæggene på nordfacaden og øst- og vestgavlene. U-værdien for ydervæggene er sat til $0,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, hvilket svarer til en teglmur med 125 mm isolering. U-værdien for taget er sat til $0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, hvilket svarer til ca. 250 mm isolering.

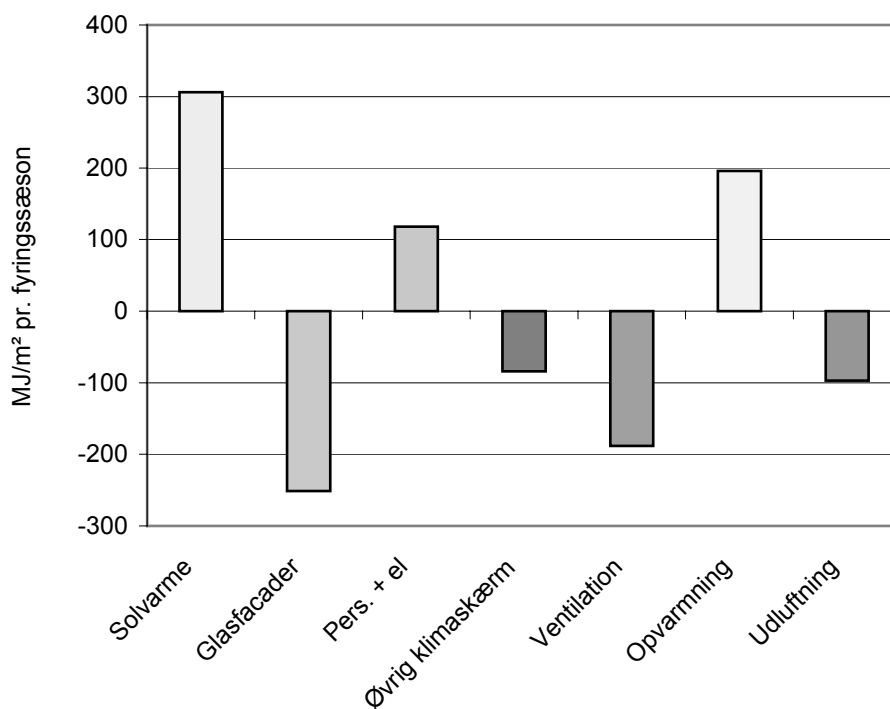
Beregninger af nettovarmebehov.

Model nr.	Nettovarmebehov i $\text{MJ/m}^2 \text{ år}$ (tal i parentes er i $\text{kWh/m}^2 \text{ år}$)
1. Oprindelig model som ovenfor beskrevet	196 (54)
2. Som 1, men med 100 % vinduer mod N	233 (65)
3. Som 1, men med 75 % vinduer mod Ø og V	207 (58)
4. Som 1, men med 50 % vinduer mod S*	205 (57)
5. Som 1, men med 50 mm isolering i N, Ø og V vægge ($U=0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)	214 (59)
6. Som 1, men med 200 mm isolering i N, Ø og V vægge ($U=0,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)	185 (51)
7. Som 1, men med 350 mm isolering i taget ($U=0,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)	192 (53)
8. Som 1, men med 3-lags vinduer kun i sydfacaden ($U=0,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)	180 (50)
9. Som 1, men med 3-lags vinduer mod S, Ø, V og N	158 (44)
10. Som 1, men vendt 90 grader, så sydfacaden nu vender mod vest	241 (67)

* (2-lags ruder både i ydervægge og bag balkon).

De transparente 3-lags energiruder brugt i modellerne nr. 8 og 9 er med lavemissionsbelægninger og kryptonfyldning, og U-værdien er $0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ for rudedelen og $1,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ for ramme/karmdelen. U-værdien beregnet efter det nye tillæg 1 til DS 418 medfører, at den samlede U-værdi bliver $0,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Glassets andel af det samlede vinduesareal er sat til 80 % i gennemsnit. Den totale solvarmetransmittans er 0,5.

Etagehusets varmebalance fra oktober til april i MJ/m^2 kan skematisk opstilles på følgende måde for eksempel 1:



Husets varmebalance oktober til april i MJ/m^2 etageareal.

Etagehusets varmebalance er domineret af et stort solvarmetilskud gennem glasfacaden.

Type B - udvendigt glasinddækket balkon

Forudsætninger

Planen for én opgang er som skitseret på side 21 - hver lejlighed har et uopvarmet uderum langs hele facaden. Som for type A er et etagehus på fire etager og kælder grundlaget for de følgende beregninger. I huset er der otte små og otte store lejligheder fordelt på to opgange. De små lejligheder har et bruttoareal på ca. 80 m², de store på ca. 90 m² begge inklusive et uopvarmet uderum på ca. 11 m². De øvrige forudsætninger er som for type A, model 1.

Varmebehov

Nettovarmebehovet til rumopvarmning og ventilation bliver med denne plan og facade 182 MJ/m² år, hvilket svarer til 51 kWh/m² år.

Type E - oplukkeligt glasfacadesystem

Forudsætninger

Som for type B er et etagehus på fire etager og kælder grundlaget for de følgende beregninger. Forudsætningerne er de samme som for type B dog undtaget det uopvarmede uderum.

Varmebehov

Nettovarmebehovet til rumopvarmning og ventilation bliver for denne type 167 MJ/m² år, hvilket svarer til 47 kWh/m² år.

Sommerforhold

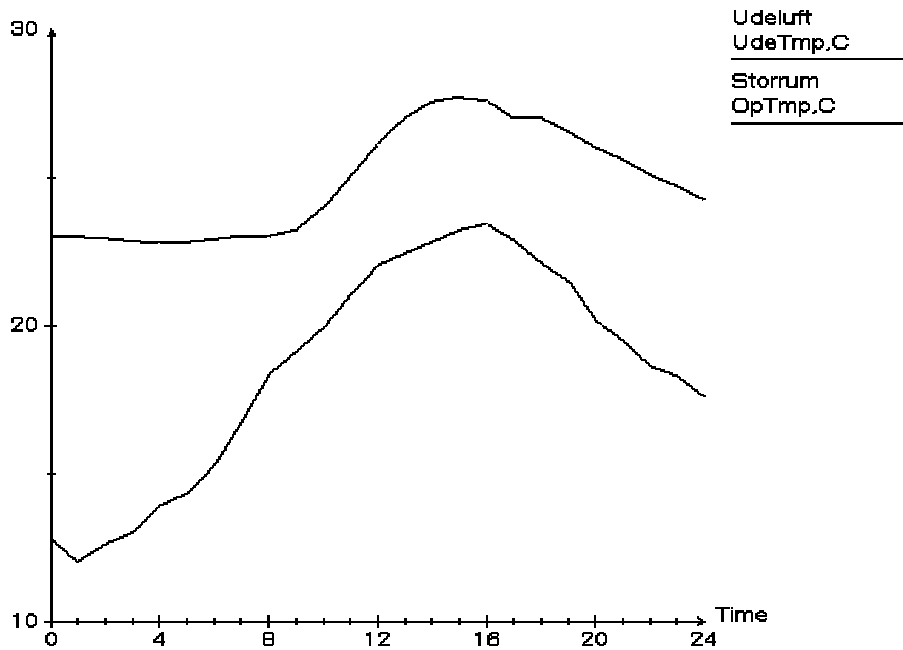
Det er boligtype E, der er benyttet til at beregne temperaturer og energiforbrug. Temperaturforholdene om sommeren er beregnet med simuleringssprogrammet *tsbi3* (Johnsen, Grau & Christensen, 1993) og vejrdata fra referenceåret DRY (Møller Jensen & Lund, 1995) .

De højeste rumtemperaturer optræder midt på dagen, når der ingen beboere er hjemme til at åbne døre og vinduer. Rumtemperaturerne bliver da op til 5 °C over udetemperaturen på klare, skyfri sommerdage, selv om de automatisk styrede vinduer åbnes, så der bliver et luftskifte på ca. 3 h⁻¹, når temperaturen er over 23 °C.

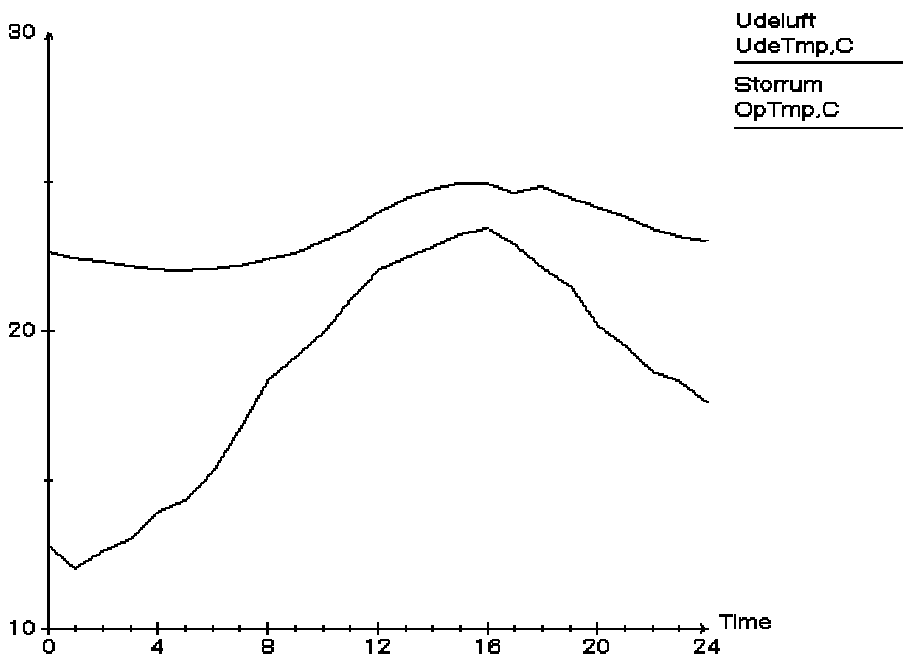
Størrelsen af et nødvendigt åbningsareal er beregnet og endvidere sammenlignet med resultaterne fra "Det højisolerede glashus" fra Egebjerggård. Der skal være ca. 0,4 m² frit åbningsareal pr. facade pr. lejlighed (facadelængde er ca. 8 m), heraf skal mindst halvdelen være automatisk oplukkeligt, mens resten af arealet kan være manuelt betjent.

Det har kun en lille betydning for varmekonsumet, om den indvendige del af væggen består af lette eller tunge materialer, men det kan have betydning for temperatursvingningerne og for muligheden for at regulere temperaturen i rummet. Hvis rummet slet ikke indeholder tunge flader, kan det være rimeligt at arbejde med temperatursænkning uden for brugstiden, da det ikke vil kræve særlig stor varmeeffekt at hæve temperaturen igen ret hurtigt. Til gengæld kan et stort gratisvarmebidrag, solindfald, give ubehagelige overtemperaturer. Rum med én eller flere tunge flader er mere temperaturstabile, men dermed også mere reguleringstræge.

Når beboerne kommer hjem om eftermiddagen, kan de på relativ kort tid sænke rumtemperaturen til et acceptabelt niveau selv på en klar, solrig sommerdag.

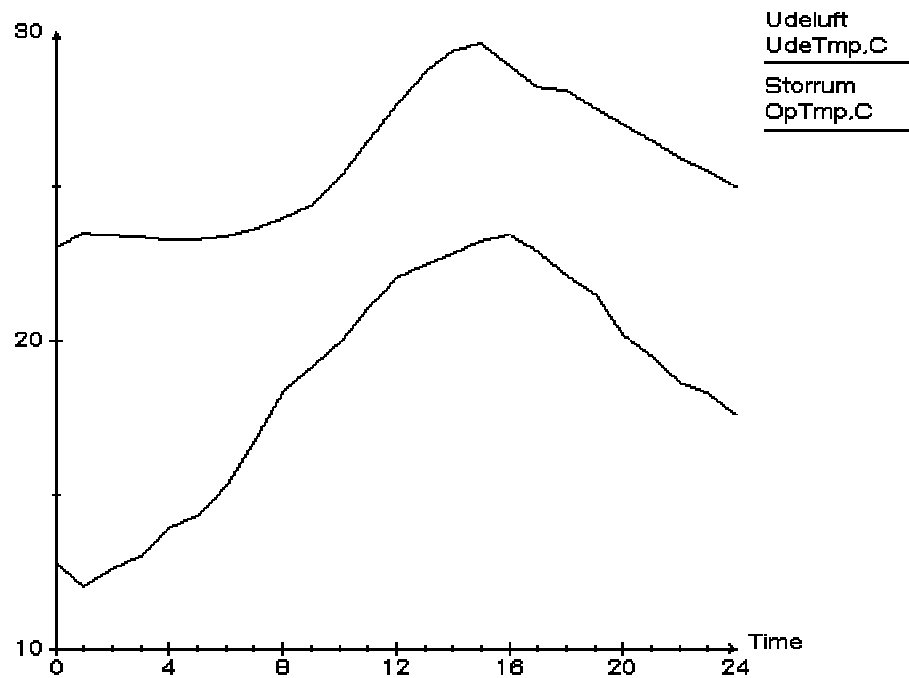


Operativ stuetemperatur og udelufttemperatur på en klar, solrig sommerdag med udluftning på 3 h^{-1} ved temperatur over $23 \text{ }^\circ\text{C}$.



Operativ stuetemperatur og udelufttemperatur på en klar, solrig sommerdag med udluftning på 3 h^{-1} ved temperatur over $23 \text{ }^\circ\text{C}$ samt solafskærmning i form af lyse, indvendige gardiner.

Beboerne har meget stor indflydelse på rumtemperaturen i lejligheden. Hvis der udluftes 3 h^{-1} ved indetemperaturer over $23 \text{ }^\circ\text{C}$, og der anvendes solafskærmning i form af indvendige, lyse rullegardiner, vil rumtemperaturen ikke blive højere end ca. $2 \text{ }^\circ\text{C}$ over udetemperaturen.



Operativ stuetemperatur og udelufttemperatur på en klar, solrig sommerdag, hvor udluftning på 3 h^{-1} kun kan ske i tidsrummet 16-24.

Temperaturerne kommer op på ca. $8 \text{ }^\circ\text{C}$ over udetemperaturen, hvis det først er muligt at få en udluftning på 3 h^{-1} fra og med kl. 15 til kl. 24. Det samme gælder, hvis hele huset vendes, så sydfacaden kommer til at vende mod vest.

Referencer

Aggerholm, S., et al. (1995). *Bygningers energibehov. Varmeisolering. Konstruktionseksempler. Ventilation. Belysning* (SBI-anvisning 184). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

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

Bolig- og Byministeriet. (1998). *Bygningsreglement for småhuse*. København.

Dansk Standard. (1986). *Dansk Ingeniørforening's Regler for beregning af bygningers varmetab* (5. udg.) (DS 418: 1986). København.

Dansk Standard. (1997). *Beregning af bygningers varmetab. Tillæg 1* (DS 418: 1997). København.

Engelund Thomsen, K., Schultz, J. M., Svendsen, S., Duer, K., & Kragh, M. K. (1997). *Håndbog om vinduer og energi: EFP – videnformindlingsprogram* (Rapport R-016). Lyngby: Danmark Tekniske Universitet. Institut for Bygninger og Energi.

Fritzel, P. (1995). *Bedre afstandsprofiler til lavenergiruder* (Meddelelse nr. 283). Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet. Laboratoriet for Varmeisolering.

Grau, K., & Aggerholm, S. (1998). *Bygningers varmebehov 98: Pc-program til beregning af varmebehov og energiramme. Brugervejledning*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Johnsen, K., & Schmidt, H. (1993). *Højisolerede glashuse* (SBI-rapport 220). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Johnsen, K., Grau, K., & Christensen, J. E. (1993). *tsbi3 brugervejledning*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Lorentzen, C. A. (1998). *Glas i byggeriet* (SBI-anvisning 192). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Møller Jensen, J., & Lund, H. (1995). *Design Reference Year, DRY* (Meddelelse nr. 281). Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet. Laboratoriet for Varmeisolering.

Wittchen, K. B., & Aggerholm, S. (1999). *Det højisolerede glashus. Egebjerggård, Ballerup* (SBI-rapport 317). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Summary and conclusions

By og Byg Results 010: Highly insulating glazing in new multi-storey buildings

The purpose of this report is to illustrate how highly insulating types of glazing can be used in multi-storey buildings for housing in new ways. These are energy efficient and provide good indoor climate and also satisfy requirements to high architectural quality. The project has resulted in a number of design proposals demonstrating how new types of glazing can be fitted into multi-storey buildings and how new facade expressions, space and lightning effects can be obtained by using highly insulating glass areas.

The project is collaboration between the architects Boje Lundgaard and Lene Tranberg's Tegnestue, KAB Bygge og Boligadministration and Danish Building and Urban Research.

Calculations of heat demand suggest that it is possible to meet the targets outlined in the Danish Government's action plan for energy, Energy 21 by using new types of highly insulating glazing in new buildings. Another 33 % reduction of the heating demand is targeted in relation to existing requirements in the Danish Building Regulations 1995 (BR 95) and the Danish Building Regulations for Small Dwellings 1998 (BR-S 98) . The project builds on experience gained from "High-insulated Glass House" (Wittchen & Aggerholm, 1999) built on the housing estate Egebjerggård in Ballerup, a suburb of Copenhagen.

Examples of existing multi-storey buildings with glass facades show extensive use of glazing as early as 1830 in Spain. Walls preceding the curtain wall were built from wood and glass and rested on stone corbels at about 1 m from the load-bearing facade. The first multi-storey buildings with facades entirely made from glass date from the 1920s. The architect Le Corbusier was the first to create a building system that facilitated the construction of non-loadbearing facades.

Various conditions must be especially considered at the design of facades with highly insulating glass areas, i.a. type of glass and glazing, solar shadings, frame constructions and airtightness. Compared with the requirements of BR 95, considerable improvements of the energy performance of glazed units have already taken place. Continued development is needed i.a. with development and application of spacers improved in terms of energy and slim frame profiles. The latter permits the use of a larger part of the window area for insulating glazing and also provides a larger glazing area.

Plan and facade solutions

Different plan and facade solutions have been prepared. The objective is, within a limited economic framework, to create greater spaciousness and flexibility in the dwelling. At the same time untraditional use is made possible with respect to openness to the outdoors and with a pattern of use known from conservatories. The orientation of the facade is crucial for the floor plan design. The south facade has the optimal orientation with regard to passive solar heat gain through glass areas. The different examples have a primary facade facing south or west and a secondary facade facing north or east with morning and evening sun.

Five different plan solutions have been designed:

- Type A operates with a protected climatic zone in the form of a recessed glazed-in balcony, which permits outdoor stay regardless of the weather. The dwelling have a direct view and contact with the outside.
- In Type B the protected climatic zone is a glazed-in balcony spanning the whole primary sun-facing facade.
- Type C has an open balcony in connection with a glazed-in bay window on the primary south-facing facade.
- Type D has open balconies on both primary and secondary facades.
- Type E is planned with stationary walls around bathroom and kitchen. In this way the partitioning walls can be freely placed depending on the need for space and the orientation of the facades. A multi-opening glass facade system consisting of multi-folding doors and sliding doors has been investigated.

Four different multi-opening facade systems were designed and their advantages and disadvantages have been described:

- a) Multi-folding doors (8 sections of folding) extending the full height of the room with ventilation in the sides.
- b) Multi-folding doors (2 × 4 sections of folding) of ordinary door height with ventilation over door height.
- c) Sliding doors extending the full height of the room with ventilation in the sides.
- d) Multi-folding doors (2 × 4 sections of folding) extending the full height of the room with ventilation in the sides and middle.

It is possible to open the primary and the secondary facades completely. This provides great spaciousness and flexibility. The facade design emphasised 1) durability and low maintenance 2) glass facades must be watertight and airtight 3) all glass surfaces should be cleanable from the inside 4) the closing mechanisms should be easy to operate 5) openings should be established to allow ventilation of each room. 6) solar shading should be adjusted to the window construction and 7) balcony protection should be fitted into the window construction.

Solution a) allows an 84 % opening of the facade. This solution shows great variety with maximum insolation. Large parts of the dwelling proper achieve the same character as an open balcony during summer and become a conservatory during winter. One disadvantage of placing ventilation in the sides could be that furniture and curtains block it.

Ventilation can be placed over door height. Solution b) (2 × 4 sections of multi-folding doors) allows a 63 % opening of the facade. The height of the opening is smaller compared with a normal balcony and results in less direct insolation.

In solution c) the bottom rails of the window frame are very exposed to weather, especially snow and ice can impede opening

Solution d) allows two large openings. However, double opening folding doors require a very wide post and frame so that folding doors do not collide.

Energy calculations

Calculations of energy consumption and energy frame for the different plan and facade solutions indicate that a considerable reduction of heat demand is possible by using window areas with U-values of 0.9 W/m²K a total solar heat transmittance of 0.5. Bases for the calculations were 3-4 storey buildings with facades facing south/north and west/east. The energy consumption was approximately 30 % lower than the requirements stipulated in BR 95 for the maximum energy frame. This corresponds to the requirements expected in the future Danish Buildings Regulations 2005.

Calculations of temperature conditions show that it will be possible to obtain acceptable indoor temperatures by hanging light inner curtains and

establishing appropriate ventilation. This will enable the indoor temperature to remain at a level approximately 2 °C over the outdoor temperature.

Tightness will be crucial for infiltration, durability, thermal insulation and the indoor climate in connection with further development of multi-opening facade systems with glass folding doors. Moreover one considerable problem in multi-storey buildings with glass facades is the risk of unacceptably high room temperatures on sunny days during summer. It is therefore important to ensure sufficient ventilation. The optimal method would be to establish automatically opening windows. This allows ventilation at high indoor temperatures even when the residents are not at home. The size of the required opening area has been calculated and compared with the results from "The High-insulated Glass House". There must be at least 0.4 m² free opening area per facade per flat (facade length approximately 8 m) and at least half should open automatically while the rest of the area can be manually operated.

It is further recommended to use light inner curtains, as they are very important for radiant heat. When a person is directly hit by the rays of the sun it feels warmer even if the temperature is exactly the same. Light solar shadings are more effective than dark solar shadings. Solar shading should be adjustable, as it should not reduce solar radiation when heat is needed.

Bilag

Rude- og glastyper

Rudetyper

Isoleringsruder

En almindelig termorude består af to lag glas, der langs kanten er samlet med et afstandprofil, der dels sikrer den fornødne glasafstand og dels medvirker til at fastholde rudens glas i forhold til hinanden. Desuden dannes en lufttæt forsegling af hulrummet mellem glassene, således at en eventuel gasfyldning ikke diffunderer ud af ruden, og forseglingen har yderligere til formål at hindre fugtindtrængen imellem glassene.

Afstandsprofilen fremstilles traditionelt af aluminium eller galvaniseret stål, men en række nye profiler med reduceret kuldebroeffekt er blevet udviklet i de senere år, fx profiler bestående udelukkende af silikone med indstøbt udtørningsmiddel. Termisk set udgør kantforseglingen på grund af metalprofilen en markant kuldebro i forhold til resten af ruden. Kuldebroen har betydning for overfladetemperaturen ca. 100 mm regnet fra rudekanten og ind mod rudemidten. Betydningen af kuldebroen for rudens totale U-værdi er afhængig af rudens form og størrelse, men fører typisk til en total U-værdi for ruden der er 5-10 % større end U-værdien ved rudens midte - mest for små ruder. En anden mulighed for reduktion af kuldebroen er anvendelse af afstandsprofiler af rustfrit stål med en godstykkelse på ca. 0,15 mm. Denne type afstandprofil vil ikke kræve indførelse af ny teknologi og vil medføre, at kuldebroeffekten reduceres til et niveau, der nærmer sig niveauet for de metalfri profiler (Fritzel, 1995).

Forseglede 3- og 4-lags ruder er principielt opbygget som termoruden, men de ekstra glaslag betyder en større vægt af ruden, hvilket stiller krav til ramme/karmkonstruktionens styrke.

Det forseglede hulrum gør det muligt at udskifte den atmosfæriske luft med andre gasarter, der har en bedre isoleringsevne samt at anvende emissionsbelægninger til reduktion af varmeoverføringen ved stråling. Gasarter med bedre isolerende egenskaber kan være argon, krypton eller xenon, hvor de enkelte gasarter har hver deres karakteristiske værdier for varmeledningsevne og viskositet, hvilket påvirker den isoleringsmæssige optimale glasafstand. I de fleste energiruder anvendes argon, der er en relativt billig gasart, men som har et isoleringsmæssigt optimum omkring en glasafstand på 15-20 mm. Krypton og xenon har bedre isolerende egenskaber samtidig med at den optimale glasafstand reduceres til 8-12 mm. Krypton og xenon er imidlertid væsentligt dyrere, men en øget efterspørgsel vil sandsynligvis reducere prisen betragteligt, hvilket allerede kan observeres for krypton.

Varmetransporten i en forseglet rude sker ved ledning og konvektion i hulrummet samt ved varmestråling fra det varme til det kolde glas. I en almindelig termorude udgør varmetransporten ved stråling ca. 2/3 af den samlede varmetransport mellem glaslagene.

Den totale solenergitransmittans, g-værdien, er et mål for, hvor stor en del af den solenergi, der rammer vinduets yderside, der tilføres det bagvedliggende rum. Den totale solenergitransmittans består af to bidrag, dels den direkte transmitterede solenergi, dels den indirekte tilførte solenergi. Det indirekte bidrag stammer fra opvarmning af rudens glaslag pga. absorption af solenergi i glasset og af eventuelle belægninger. En del af den absorberede

varme vil blive tilført det bagvedliggende rum ved stråling, ledning og konvektion og således også bidrage til dækning af varmetabet.

Forskningen vedrørende vinduer er hovedsageligt koncentreret om udvikling af nye superisolerende rudetyper, bedre isolerende ramme/karmkonstruktioner og forøgelse af vinduernes g-værdi.

Energiruder

I forsøg på at forbedre de eksisterende energiruder vil den kommende forskningsindsats blive koncentreret om udvikling af nye typer afstandsprofiler, lavemissionsbelægninger, der har en større lys- og soltransmittans samt bedre isolerende gasarter.

Vakuumsruder

Vakuumsruder er en tolags forseglede rude, hvor trykket i hulrummet er lavere end 10^{-7} atm, hvorved al varmeledning og konvektion ophører. Varmeovergangen ved stråling bremses ved anvendelse af to lavemissionsbelægninger. For at ruden ikke skal klappe sammen, er der anbragt en række jævnt fordelte små afstandsklodser mellem de to glaslag.

Aerogelruder

Aerogelruder er en tolags forseglede rude, hvor hulrummet mellem glassene er udfyldt med monolitisk silica aerogel og evakueret til et tryk på 10^{-3} atm. Den store fordel ved aerogelruden er foruden den lille varmeledningsevne den høje solenergitransmittans. Aerogelruderne byder termisk set på en optimal rudeløsning, men materialets optiske kvaliteter på nuværende tidspunkt gør ruden uinteressant som almindelig vinduesrude, idet udsynet gennem ruden er let tåget eller sløret.

Kromogene ruder

Et kromogent materiale ændrer dets optiske egenskaber som funktion af en påtrykt strøm, temperatur, lysintensitet eller anden stimulans. Når denne ændring er tilstrækkelig stor i det synlige spektrum, i solspekteret eller i det langbølgede IR-spektrum, kan materialet finde anvendelse til bygningskomponenter. De kromogene materialer kan inddeles i to hovedgrupper efter aktiveringstype: Elektrisk aktiverede kromogene materialer (elektrokrome) og ikke-elektrisk aktiverede kromogene materialer, såsom fotokrome (reagerer på lys og termokrome (reagerer på temperatur)).

Lydruder

Forseglede ruder med asymmetri i rudens opbygning er specielt velegnet til lyd- og støj dæmpende formål. Den mest enkle lydrudder er en termorude, hvor det ene glas er tykkere end det andet, og hvis afstanden mellem glaslagene kan øges, vil støjen yderligere blive dæmpet. Tungere gasarter kan erstatte atmosfærisk luft i hulrum større end 12 mm, hvor gassens høje egenvægt vil øge lydreduktionen. Dette opnås også, såfremt antallet af glaslag øges og det ene glaslag er lamineret. Der findes forskellige typer lydruder alt efter hvilken støj, der skal dæmpes, hvor karmopbygningen omkring ruden også er væsentlig for rudens støjisoleringsevne.

Sol- og lysttransmittanser

Den totale solenergitransmittans, g-værdien, er et mål for, hvor stor en del af den solenergi, der rammer vinduets yderside, der tilføres det bagvedliggende rum. Den totale solenergitransmittans består af to bidrag, dels den direkte transmitterede solenergi, dels den indirekte tilførte solenergi. Det indirekte bidrag stammer fra opvarmning af rudens glaslag pga. absorption af solenergi i glasset og af eventuelle belægninger. En del af den absorberede varme vil blive tilført det bagvedliggende rum ved stråling, ledning og konvektion og således også bidrage til dækning af varmebehovet.

Ramme/karmkonstruktioner

Traditionelt er vinduer fremstillet af træ, som har en relativ lav varmeledningsevne, men kræver en effektiv beskyttelse mod råd og svamp. Der findes dog træsorter, som på grund af træets naturlige indhold af olier og salte ikke kræver imprægnering og samme vedligeholdelse. Anvendelse af aluminium reducerer vedligeholdelsesarbejdet og muliggør opbygning af meget slanke konstruktioner, men varmeledningsevnen er ca. 2000 gange højere end for træ, og gør det nødvendigt at indbygge en kuldebroafbrydelse. En beklædning af den traditionelle ramme/karmkonstruktion af træ med en ventileret aluminiumskappe kombinerer træets gode isolerings egenskaber med aluminiums gode vejrbestandighed.

Plastprofiler har ikke i sig selv den fornødne styrke og stivhed, hvorfor der, afhængig af vinduets størrelse og vægt, indlægges afstivende stålprofiler af varierende tykkelser. Selve plastmaterialet har en varmeledningsevne ca. 3 gange større end træ.

I udlandet er der udviklet nye ramme/karmkonstruktioner af ubrudt isoleringsmateriale som fx PU-skum beklædt med aluminium. Konstruktionen har en lidt bedre isoleringsevne end den traditionelle trækonstruktion, men der findes endnu ikke en kommercielt tilgængelig ramme/karmkonstruktion, der forbedrer isoleringsevnen markant.

U-værdien for typiske ramme/karmkonstruktioner er ca. $1,4 - 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ og er således væsentlig højere end center U-værdien for de oftest anvendte energiruder. Den højere U-værdi får mærkbar indflydelse på vinduets totale U-værdi, idet ramme/karmarealet ofte udgør en stor del af det samlede vinduesareal. En minimering af ramme/karmdimensionerne vil derfor føre til en lavere total U-værdi for vinduet, hvis ramme/karm U-værdien ikke ændres, og til et større transparent areal med deraf følgende større sollys- og solenergitilskud til boligen.

Indenfor forskningen er specielt udviklingen af smalle ramme/karmkonstruktioner højt prioriteret, idet en større del af vinduesarealet vil blive udfyldt af den godt isolerende rude, hvilket også giver et større gennemskinneligt areal, der kan kompensere for de godt isolerende ruders ofte lavere solenergitransmittans.

Glastyper

Glas har gennem tiderne været et uundværligt byggemateriale grundet sin gennemsigtighed og har udviklet sig markant i de senere år (Lorentzen, 1998). De moderne glastyper giver nye tekniske muligheder, således at det i dag er muligt at skabe glasflader med samme U-værdi som velisolerede vægge.

Energiglas (Lavemissionsglas)

Energiglas er glas belagt med en tynd metalhinde, som blokerer for udsendelsen af varmestråling fra den belagte (coatede) overflade. En lavemissionsbelægning består af et meget tyndt metallag, der er næsten 100 % transparent over for sollys (kortbølget stråling). Derimod vil belægningen kun udsende meget lidt varmestråling (langbølget stråling), hvorved varmetransporten ved stråling reduceres.

Der anvendes to forskellige coatingmetoder: Hard coating, on-line, der påføres under fremstillingen, når glasset er flydende, mens soft coatingen, off-line, påføres ved en efterbehandling af glasset. Energiglas er en glastypepe, hvis ene overflade har et emissionstal lavere end 0,2 – til sammenligning kan nævnes, at en glasoverflade, der ikke er belagt, har et emissionstal på ca. 0,85, dvs. de absorberer og udstråler ca. 85 % af varmestrålingen.

Belægningerne påvirker sollys- og solenergitransmittansen for glasset, idet der absorberes en større mængde af den kortbølgede stråling. Dette betyder, at det belagte glas opvarmes mere end almindeligt glas ved solpåvirkning. Ved anvendelse af ruder med mere end to glaslag bør der derfor ikke anvendes lavemissionsbelægninger på de mellemliggende glaslag, da

temperaturen på glasset kan blive meget høj og føre til termisk brud i ruden. I ovenstående refererer sollys til bølgelængdeområdet for synligt lys, mens solenergi i princippet refererer til hele solstrålingens bølgelængdeområde.

Solafskærmende glas

En solafskærmende effekt kan opnås enten ved gennemfarvning af glasset (tinted) eller ved overfladebelægning (coated). Ved en gennemfarvning af glasset kan der opnås en stor absorption af solenergien, men transmittansen af dagslyset vil ligeledes blive reduceret, og der vil ske en farveændring af lyset og udsynet. Ved anvendelse af belægninger reflekteres den del af solstrålingen, der ligger udenfor bølgelængdeområdet for det synlige lys. Her opnås en delvis afskærmning af solenergien, uden at det påvirker dagslysindfaldet i nævneværdig grad.

Hærdet glas

Hærdet glas er en type sikkerhedsglas med meget høj brudstyrke. Den store trykspænding på overfladen giver en stærkt forøget styrke i materialet.

Lamineret glas

I lamineret glas er glaspladerne enten varmet eller støbt sammen med andre materialer som fx folielaminat i en sandwichkonstruktion. Knuses en rude med lamineret glas bliver skårene hængende i ruden. Desuden øges glaspladens lyddæmpende egenskaber ved laminering. Sikringsruder sikrer værdier og indeholder altid lamineret glas.

Ornament-, translucent- og trådglass

Ornamentglas fremstilles med prægevalser i et utal af mønstre, enten for at give en dekorativ virkning eller gøre ruden translucent. Trådglass fremkommer ved at valse et svejset ståltrådsnet mellem to lag opvarmede, bløde glas, som herefter vales sammen. Ved brandbeskyttelse anvendes sikkerhedstrådglass. Sikkerhedsruder giver personsikkerhed, og der anvendes ruder med hærdet sikkerhedstrådglass eller lamineret glas.

Glas med lavt jernindhold

Almindeligt vinduesglas indeholder ca. 0,1 % jern, der medfører en svag grønfarvning af lyset, der ikke umiddelbart bemærkes ved små glastykkelser. Jernindholdet stammer fra urenheder i råstofferne til fremstilling af glasset. Udover farvetegningen betyder jernindholdet imidlertid også, at en del af solenergien, der rammer glasset, absorberes i dette. I et almindeligt 4 mm vinduesglas absorberes ca. 8 % af solenergien, der rammer glasset. Jernindholdet i glasset kan sænkes ved anvendelse af renere råvareforekomster eller gennem en mekanisk og kemisk rensning af råvarerne (især sandet) inden fremstillingen af glasmassen. Glasset med lavt jernindhold, ofte fejlagtigt kaldt jernfrit glas, udmærker sig ved i mindre grad at påvirke lysets farvesammensætning og ved en meget lille absorbering af solenergien. Derudover kan glasset overfladebehandles med en antirefleksions behandling, hvorved en mindre del af sollyset reflekteres fra rudens overflader.

Rapporten viser med en række skitseforslag, hvordan nye højisolerende transparente og translucente rudetyper kan indpasses i etageboligbyggeriet, og hvordan man derved kan opnå nye facadeudtryk, rum og lysvirkninger. Rapporten beskriver desuden fordele og ulemper ved multiplukkelige glasfacadesystemer, hvor hele eller store dele af facaden kan åbnes fx ved hjælp af foldepartier, skydepartier eller flerfags fløjdørspartier. Der er udført beregninger af energiforbrug og temperaturforhold, og der er særligt fokuseret på at sikre tilstrækkelige udluftningsmuligheder.

1. udgave, 2001
ISBN 87-563-1089-7
ISSN 1600-8049

