

# Fremtidens ruder

Klimaskærmen influerer på op imod 90 % af en bygnings totale energiforbrug, og en helt afgørende faktor for energiforbruget er størrelsen og typen af de anvendte vindues- eller glaspartier

Af **CARL AXEL LORENTZEN**, diplomingeniør, Pilkington

Vinduer på det danske marked har en isoleringsværdi, der er ca. en faktor 7 til 10 dårligere end den isolerede klimaskærm. Derimod giver vinduer i modsætning til ikke-transparente isolerede bygningsdele anledning til et solenergitilskud, der i vinterperioden næsten helt kan udnyttes til rumopvarmning i boliger, mens det i sommerperioden for det meste af tiden er uønsket.

I bygninger, der ikke er opvarmningsdominerede (f.eks. kontorbyggeri), er solenergien gennem vinduer ofte uønsket en stor del af året, da de interne varmekilder er tilstrækkelige til at opretholde den ønskede temperatur.

Derfor er det vigtigt at skelne mellem: boliger hvor isoleringsevne (U-værdi) og total solenergitransmittans (g-værdi) har en betydelig indflydelse på opvarmningsbehovet, mens den primære funktion i kontorbyggeri primært er at tilføre dagslys og skærme for solen.

## Glas og ruder

Udviklingen i Danmark vil kræve en fortsat forskning i værktøjer til en forstandig måde at udnytte funktionsglassene: klart floatglas, energiglas, solafskærmende glas og evt. muligheder for brug af translucente glas, jernfattigt glas og antirefleksbehandling inkl. sikkerhedsglas og lydreduktion.

Energiruderne kan yderligere udvikles ved optimering af brug af gasfyldninger. I dag bruges typisk argon, men såvel krypton som xenon bør yderligere udforskes.

Energirudernes samling vil kræve optimering af sammenklæbningen og afhængig af vindues- og facadeprofilen en optimering af afstandsprofiler. Tidligere var det aluminium, i dag er over 80% af stål, hvor allerede 'varm kant' af enten rustfrit stål eller plastkomposit yderligere vil blive udviklet. Glaslagenes antal har indflydelse på isoleringen, lyset og solenergien. Jo flere lag glas med eller uden lavemissionsbelægninger, der er i ruden, jo mindre varmetab og lys- og solindfald.

Det vil være oplagt at udvikle en 3-lags ener-

girude med optimerede energimæssige egenskaber, herunder hensyntagen til konstruktive og monteringsmæssige problemer, som følge af en 50 % forøgelse af vægten.

Anvendelse af tyndere glas eller nye monteringsmetoder vil kunne gøre 3-lags løsningen mere attraktiv. I en 3-lags rude er de to belægninger placeret på det yderste hhv. det inderste lag glas, hvor den absorberede varme nemt afgives. En alternativ 3-lags løsning er en 2+1 eller 1+2 løsning, hvor der til energiruden tilføjes et ekstra glaslag ud- eller indvendigt. En mulighed var også en 2+2 løsning.

Udvendig kondens på højisolerede ruder er et problem, der er betydeligt større for 3-lags energiruder frem for 2-lags energiruder. En mulig løsning er en hydrofil belægning evt. ved hjælp af nanoteknologi på det yderste lag glas, som får kondensvand til at flyde ud på ruden, så forvrængningen af lyset bliver mindre, hvorved det vil være muligt at se ud. En anden løsning er brug af solafskærmning/skodder om natten til at holde den udvendige overfladetemperatur over dugpunktet.

Fremtiden vil igen bringe forskningen af specielle ruder som aerogel ruder, vakuumbuder, forskellige former for elektrokrome ruder (elektriske belægninger og flydende krystal mellemlag).

## Vinduer

Rudedelen har tidligere været det energimæssige svage led i vinduet, så der har historisk set været lille fokus på de energimæssige egenskaber af ramme/karmkonstruktioner. Udbredelsen af energiruder har ændret på dette, så ramme/karmkonstruktionen nu er den del af vinduet, hvor varmetabet er størst. For eksempel findes der mange udbredt anvendte ramme/karmkonstruktioner med et varmetab, der er ca. en faktor 2,5 større end varmetabet fra en energirude. Ramme/karmkonstruktionens bidrag til det samlede varmetab er betydeligt, da glasandelen typisk er 60-80 % og ramme/karmandelen derfor 20-40 %.

Isoleringsevnen kan forbedres ved at isolere i eventuelle tilstedeværende hulrum, udskifte eller



Glasfacaden bør ikke betragtes som en simpel skærm, der beskytter det kontrollerede indeklima mod det varierende udeklima. Derimod bør glasfacaden betragtes som et system, der skal opfylde en lang række funktioner for at opfylde grundlæggende komfortkrav.

Foto Jørgen Witved

tilføje massivt materiale med isoleringsmateriale, opdele store hulrum til mindre hulrum eller erstatte metal-afstivningsprofiler med profiler i andre materialer med lavere varmeledningsevne. En mulighed er også smallere ramme/karmkonstruktioner, der alt andet lige giver både et forøget solenergitilskud samt mindre varmetab.

Samlingen mellem Energiruder og karm/ramme vil kræve yderligere udvikling for at leve op til BR-kravet om nedsat kuldebro for at undgå kondens og skimmelsvamp. Ramme/karmkonstruktioners sammenbygning og brug af forskellige typer af glaslister, tætningslister og fugebånd er det nødvendigt yderligere at optimere.

### Glasfacader

Selv om der kan være behov for en teknologisk udvikling af facadesystemets enkelte dele, er det vigtigt, at forsknings- og udviklingsindsatsen er baseret på helhedsløsninger frem for komponent- og detaljløsninger.

Glasfacaden bør betragtes som et system, der skal opfylde en lang række funktioner for at opfylde grundlæggende komfortkrav samtidig med at det sker på en energieffektiv måde:

- begrænse varmetabet fra bygningen til det fri
- udnytte solvarme, passivt og aktivt
- beskytte mod store solindfald, som vil medføre overtemperaturer i bygningen

>

- udnytte dagslys og regulere til aktuelt behov
- tillade udsyn til omgivelserne
- beskytte mod blænding, store kontraster og refleksioner i blanke overflader
- bidrage til (naturlig) ventilation, manuelt eller automatisk reguleret
- beskytte mod støj udefra

Der er således tale om flere modsætningsfyldte funktioner, og derfor må facaden designes ud fra en optimeringsstrategi, hvor de enkelte hensyn vægtes efter den aktuelle prioritering.

Netop fordi glasfacaden opfattes som et system, omfatter delområdet også solafskærmningen, der således betragtes som en integreret del af systemløsningen. Endvidere må det også være klart, at facadesystemet skal fungere i samspil med bygningens øvrige systemer (installationer og anlæg), primært opvarmning, belysning, ventilation og køling. På grund af denne kompleksitet beskrives facadeløsninger også som 'multifunktionelle facader', 'dynamiske facader' eller 'intelligente facader', betegnelser som alle dækker over, at facadens ydeevne (performance) kun kan beskrives, når dens funktion ses i en større sammenhæng. Med de skærpede energikrav vil solafskærmninger (og dagslyssystemer) vinde yderligere frem i forbindelse med glasfacader og -tage. Et ønske hos arkitekter og bygherrer om at kunne fastholde nogle af de æstetiske og designmæssige fordele som glasset giver, vil uundgåeligt medføre en udvikling af mere integrerbare, indbyggede eller udvendige og dynamiske afskærmningsløsninger. Men samtidig kan der ligge en svaghed i, at solafskærmninger kan være vanskelige at indpasse i arkitektens forestilling om bygningens arkitektoniske udtryk.



Der ligger et stort forsknings- og udviklingsarbejde samt demonstrationspotentialer i videreudvikling af effektive solafskærmninger.

### Fokusområder

BYG.DTU m.fl. har i de senere år beskæftiget sig intensivt med ruder og vinduer og deres energimæssige egenskaber. Mange projekter er udført i relation til energimærkning af ruder og vinduer i regi af projekt vindue (1998-2004) støttet af energistyrelsen.

Dette har bl.a. resulteret i et omfattende kompendiemateriale vedrørende ruder og vinduers energimæssige egenskaber. Sideløbende er der foretaget detaljerede beregninger og prøvninger for producenter af ruder og vinduer m.fl., og der forskes i aerogelruder, bedre ramme/karmkonstruktioner og helhedsvurdering af vinduer. Fokusområder for BYG.DTU vil også i fremtiden omhandle ovenstående.

Teknologisk Institut har særlig ekspertise og faciliteter til dimensionering og prøvninger af glas, ruder og vinduer og døre. Desuden har de fokus på forskning/udvikling af intelligente vinduer, vakuumbuder samt integreret solafskærmning med solceller.

Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) har gennem mange år forsket i energimæssige og komfortmæssige aspekter af forskellige facadeudformninger, solafskærmninger, dagslyssystemer, rudetyper m.m. Gennem samarbejde med projekterende, glasbranchen, vinduesfabrikanter samt solafskærmningsbranchen er der gennemført en række projekter som sigter på at afdække energi- og komfortforhold ved anvendelse af glasfacader.

Aalborg Universitet (AAU) har opbygget en unik testfacilitet til afprøvning af facadesystemers funktion, og deltager i øjeblikket i det Internationale forskningsprojekt IEA SHC Task 34 "Testing and Validation of Building Energy Simulation Tools". I projektet udvikler AAU en model til beregning af energi- og luftstrømningsforhold i dobbeltfacader, og AAU har her ansvaret for udvikling af en benchmark testcase for dobbeltfacader, der både består af en serie beregnings-testcases og af en serie eksperimentelle laboratorium testcases. Dette arbejde er finansieret af STVF og afsluttes i begyndelsen af 2007.

Reference: Strategiplan for integrerede lavenergiløsninger til nye bygninger, se [www.lavebyg.dk](http://www.lavebyg.dk)

**Ramme/karmkonstruktionen er nu den del af vinduet, hvor varmetabet er størst. For eksempel findes der mange udbredt anvendte ramme/karmkonstruktioner med et varmetab, der er ca. en faktor 2,5 større end varmetabet fra en energirude.**  
Foto Jørgen Witved