

KONDENS PÅ GLAS

Nogle årsager, nogle råd

Udarbejdet af Glasindustrien · Revideret januar 2016

Indledning

De senere års stramninger i Bygningsreglementet har betydet en øget udvikling i energieffektive 2- og 3-lags energiruder. De nye velisolerede ruder har ændret på de traditionelle måder man hidtil har tænkt kondens på glas og ruder. Tidligere blev kondens på glas og ruder primært forbundet med kondens på den indvendige side, men fænomenet findes nu også på den udvendige side.

Denne publikation forklarer, hvorfor der opstår kondens og tilbyder nogle råd om kontrol:

- **udvendige overflader**
- **indvendige overflader**
 - Inklusiv: termoruders hulrum,**
 - i mellem glas i koblede løsninger**
 - i mellem glas i forsatsløsninger**

Definition af kondens

Kondens opstår når fugtig luft går fra dampform til fast form (væske). Det sker når temperaturen når en kritisk temperatur kaldet dugpunktstemperaturen.

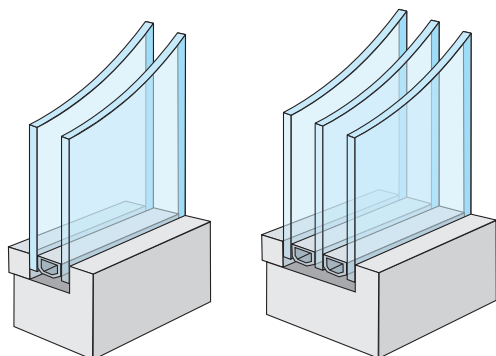
Oftest forekommer det i boliger, når kolde flader fra eksempelvis en indvendig rudekant kommer under dugpunktet for et indeklima med kombineret høj relativ fugtighed og høj temperatur.

Teknisk definition af kondens

Kondensering er defineret som den fysiske proces, ved hvilken en gas eller damp ændres til en væske. Hvis temperaturen af et objekt (for eksempel græs, metal, glas) falder til under det der er kendt som "Dugpunkt temperaturen" for en given relativ luftfugtighed, vil vanddamp fra atmosfære kondensere som vanddråber på overfladen. Dette "dugpunkt" varierer i henhold til den mængde af vand der er i atmosfæren og afhængig af luftens temperatur (kendt som relativ luftfugtighed).

I fugtige forhold opstår kondens ved højere temperaturer. Under kolde forhold opstår kondens på trods af forholdsvis lav luftfugtighed. Med hensyn til vinduer og døre, er det kombinationen af temperaturforskel mellem indre og ydre miljø, og glastype, der forårsager dannelse af kondens.

Hvor 2- eller 3-lags energiruder hjælper



Vinduer med 2- og 3-lags energiruder

2- og 3-lags energiruder er en isolator, der er designet til at reducere tabet af varme fra indersiden til ydersiden af en bygning.

Ved såvel nybyggeri som ved udskiftning af ruder og vinduer kan der benyttes energieffektive løsninger.

Under normale gennemsnitlige betingelser, og forudsat at rummet er opvarmet, vil temperaturen på det indvendige glas være væsentligt højere, end det ville være tilfældet med enkelt glas. Sandsynligheden for at indvendig kondens kan forekomme, når varm fugtig luft i rummet kommer i kontakt med et koldt glas vil være væsentligt reduceret.

Men hverken 2- eller 3-lags energiruder er kilde til varme; de styrer ikke mængden af vanddamp i luften. Når boligens rum er utilstrækkeligt opvarmet og der er for lidt varme, kan termoruder ikke opfylde det ønsket om ingen indvendig kondens. En af grundene til at der dannes kondens i en bolig er, hvis husejeren, af økonomiske årsager, ikke varmer op, så den indvendige overflade-temperatur på det indvendige glas bliver meget tæt på udetemperaturen. Hvis vinduerne i disse rum generelt holdes lukket, men vanddamp, der genereres andre steder i huset kommer ind i rummet, så er der to betingelser, der er nødvendige for at der dannes kondens - en lav glasoverflade temperatur og høj vanddamp indhold i luften.

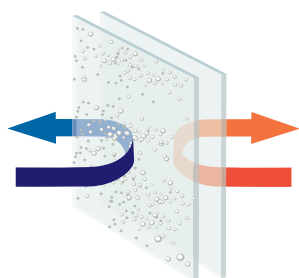
Se Bilag 1 med eksempler på indvendige overfladetemperaturer i forhold til forskellige glasløsninger.

Udvendig kondens

På grund af de nye effektive 2- og 3-lags energiruder, sammen med nye krav til bygninger, regler og sænkning af kulstof emissioner, bestemte vejrforhold kan alt sammen betyde dannelsen af udvendig kondens på energieffektive vinduer og døre. Dette er et naturligt fænomen og en klar indikation af, at vinduet eller dør forhindrer varmetab fra dit hus. Yderligere forklaringer ses i denne publikation.

Placeringen af kondens udvendigt på glasset

For at undgå kondens er det vigtigt at observere hvor kondensen opstår, på hvilken side af glasset, for at kunne finde en løsning der reducerer kondensen.



2-lag energirude med udv. kondens

Kondens dannes på den udvendige overflade af glasset, når glassets temperatur falder til under udendørs dugpunktstemperaturen. Vinduer med 2- og 3-lags energiruder har en meget bedre varmeisolerende egenskaber takket være en klar belægning, der reflekterer stuevarmen tilbage i rummet.

Resultatet er at varmen indefra ikke slipper ud gennem glasset og dermed bliver det yderste glas koldere i forhold til mindre effektive vinduer.

Udvendig kondens forekommer kun i visse klimatiske forhold - en variabel kombination af høj relativ fugtighed og klare kolde ude forhold som normalt opleves i foråret og efteråret. Udvendig kondens på 3-lags energiruder vil forekomme tre gange hyppigere end på 2-lags energiruder.

De nye generationer af varmeeffektive 2- og 3-lags energiruder tillader ringe eller ingen varme at komme ud til at opvarme yderglasset. Dette kan give en tilstand som tillader at kondens dannes på ydersiden af det yderste glas under visse vejrforhold. Dette er et stærkt bevis for, at varmen ikke kommer ud fra din bolig gennem vinduet.

Hvor kommer vanddamp fra udendørs?

Det er altid til stede, og niveauerne er afhængig af de atmosfæriske betingelser (temperatur og luftfugtighed). Et typisk eksempel er dannelsen af kondens på hele overfladen af en bil, herunder ruder, når den står uafdækket. Denne kondens fjerner vi typisk ved hjælp af både skraber, sprinklervæske og rudeviskerne.

Hvordan man kan reducere udvendig kondens?

Udvendig kondens er tegn på god isolering. Jo lavere U-værdi, jo større risiko for udvendig kondens.

Da dette er forårsaget af eksterne atmosfæriske forhold kan man ikke gøre meget for at forhindre dette på bestemte tidspunkter af året. I de fleste tilfælde vil kondens ikke optræde i lange perioder, og når solen varmer det yderste glas nok op vil fugten fordampe.

Se Bilag 2 med antal timer med udvendig kondens, fordeling på døgnet og på året.

BEMÆRK: Tilstedeværelsen af udvendig kondens er et tegn på, at glasset er termisk effektivt og bør ikke anses for skadeligt. De varmeeffektive energiruder har højere sandsynlighed for udvendig kondens.

Kan man undgå udvendig kondens?

Der er ikke meget, der kan gøres for at undgå risikoen for kondens på ydersiden af energiruder med almindelig glasoverflade yderst. I mange tilfælde varer kondensationen ikke så længe. Med blot lidt varme fra solen så varmes det ydre glas nok op til at fordampe fugt ligesom en blid brise eller vind vil hjælpe. Et udhæng, en baldakin eller et træ der afskærmer vinduet til en klar nattehimmel vil også reducere effekten.

Bemærk: Det er ofte tilfældet, at udvendig kondens ses på nogle vinduer, men ikke på andre, på grund af variabel mikroklimaer forskellige steder på facaden.

Glastyper der afviser udvendig kondens

Eloppvarmning af det yderste lag glas enten permanent til lige over luftens dugpunkt eller om morgenen efter behov ligesom det kendes fra biler. Det betyder blot at der forbruges energi, hvilket energiruder jo netop skulle reducere!

En effektiv løsning er at anvende en hård lavemissionsbelægning på det yderste lag glas, hvilket praktisk taget løser kondensproblemet for ruder med U-værdier ned til $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Løsningen indebærer imidlertid en reduktion i rudens g-værdi.

På markedet findes nu også anti-kondens glas. De bruges som det yderste glas i energiruden. Det er en videreudvikling af lavemissions glas, som er udformet til at forsinke udvendig kondens og dermed forbedre udsynet gennem vinduet.

En anden løsning kan være hydrofile belægninger, der ikke påvirker sol- og lys-transmittansen. Belægningen bevirker, at der ikke kan dannes vanddråber på overfladen, men at de trækkes ud over hele ruden. Kondens vil fortsat være på ruden, men ikke som dråber og derfor kan man se ud, men i hård frost vil vandet fryse og så kan man ikke se ud. Nogle typer af disse belægninger har som primært mål at mindske rengøringsbehovet.

Konklusion

Udvendig kondens

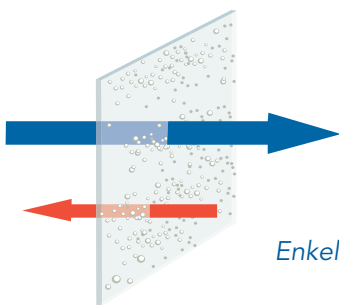
Med nuværende teknologi er det et tegn på god isolering, men glasindustrien er klar over dette klimatiske fænomen, og er som det ses ovenfor ved at undersøge og udvikle produkter der kan afhjælpe det.

Se *BYG-ERFA 030508: Kondens på glasflader – termoruder og energiruder*

Indvendig kondens

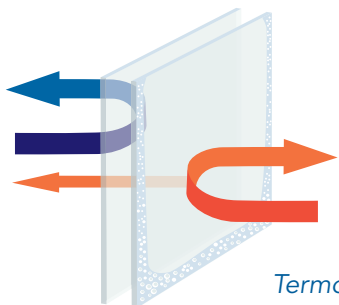
Kondens på vinduer og i udestuer, og den skade, det kan gøre for maling, gardiner, vægbeklædning og vinduesbeslag, er problemer vi alle undertiden er stødt på i alle typer af bygningen.

Moderne hjælpemidler til at forbedre hjemmets komfort har skabt værelser, der er varme, men som ofte har mindre ventilation og færre luftskifter. Resultatet, at vanddamp fremstilles ved normal stue aktiviteter er ikke længere i stand til at undslippe op i skorstenen eller gennem døren, vinduerne og andre åbninger. Under visse omstændigheder, kan alle disse former for komfortforbedringer give en kombination der skaber ideelle forhold for dannelsen af kondens, som kan dannes på den koldeste overflade i rummet. Dette er ikke nødvendigvis på ruden. Spørgsmålet om, hvordan man kan reducere kondensering uden at ofre fordelene ved øget komfort beskrives i denne publikation.



Enkeltglas med indv. kondens

Et vindue med et enkelt glas kan ikke holde på varmen i rummet og den lavere glastemperatur tillader fugt i luften at kondensere på den kolde overflade. Dette er ofte mere tydeligt i værelser i hvor der er en mangel på ventilation.



Termorude med indv. kondens

Selv om et vindue med 2-lags glas er i stand til at bevare langt mere indvendig varme, vil de mindre effektive typer tillade en vis energi at passere gennem luftmelle rummet og dermed varme det ydre glas op. Dette vil derfor ikke på samme måde give kondens på ruden, forudsat at rummet er opvarmet og ventileret.

Hvor kommer vanddamp fra indendørs?

Vejrtrækning: to sovende voksne producere ca. 1 liter fugtighed på 8 timer der optages som vanddamp i luften.

Madlavning: Damp skyer kan ses i nærheden af gryder og elkedler, som derefter tilsyneladende forsvinder. Skyerne er blevet absorberet i luften. Varmekilden selv kan være en kilde til vanddamp; fx vil et gennemsnitligt gaskomfur kunne producere ca. 1 liter vand pr time.

Opvask: Dampskyer afgives af det varme vand der absorberes hurtigt i luften. Badning, vaskeri, og vådt overtøj; disse er ofte væsentlige kilder til vanddamp i hjemmet.

Opvarmning: En gasvarmer kan producere op til 1 liter fugt pr time.

Stueplanter: en ofte ukendt, men ikke desto mindre væsentlig kilde til vand-damp.

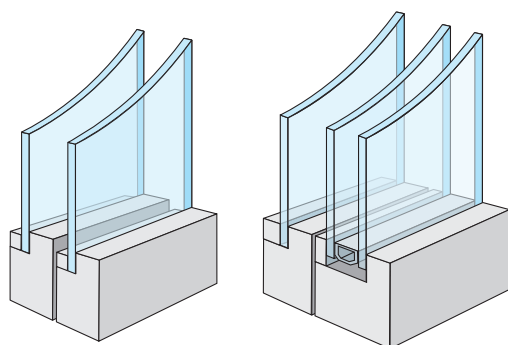
Nye huse: Mursten, træ, beton og andre materialer i en gennemsnitlig 3-værelses hus absorbere ca. 7000 liter vand under opførelsen. Meget af dette spredes i den indendørs luft under udtørnings perioden.

Placering af indvendig kondens

Kondens på det indvendige glas mod rummet betyder, at temperaturen på glasoverfladen er for lav i betragtning af vanddampindhold i luften i rummet. Det sker oftest på vinduer med enkeltglas, men kan også ske på 2- og 3-lags energiruder hvis rummet ikke er opvarmet.

I termorudens hulrum

Kondens i hulrummet i en hermetisk forseglet termorude eller energirude betyder et svigt i rudens forsegling og omtales oftest som om at ruden er punkteret..



Vinduer med
koblede/forsatsglas

Imellem to enkeltglas

Hvis kondensen dannes i hulrummet mellem to enkeltglas: koblede eller forsatsvinduer dannes kondensen oftest (men ikke altid) på det yderste glas som er koldest. Kondensen skyldes lækage i vinduet hvor fugtig luft kan komme ud i hulrummet. Det er ikke muligt at hermetisk forsegle koblede/forsats vinduer, så en vis vandring af luft til hulrummet kan forventes.

Kondens kan opstå lejlighedsvis på det inderste glas, når solen skinner på vinduet. Dette betyder, at noget fugt i bygningsdele/karm/rammer i selve hulrummet bliver frigjort. Dette kan også være kilde til kondens på det ydre glas.

Udarbejdet af Glasindustrien · Revideret januar 2016

Hvad betyder dette for boligen.

Luften omkring os i vores hjem vil altid indeholde vanddamp, som er usynlig. Et typisk eksempel er damp skyen fra en kedel, som hurtigt bliver usynlig - det er faktisk blevet absorberet i luften.

Jo varmere luften er, jo mere vanddamp kan den indeholde - men der er en grænse for den mængde, den kan indeholde ved en given temperatur. Når denne grænse er nået, siger vi at luften er "mættet". Når mættet luft kommer i kontakt med en overflade, som har en lavere temperatur end selve luften, vil den afgive sit overskud af vand damp på overfladen - i første omgang i form af en tåge, og eventuelt i form af dråber af fugt. Et eksempel på dette er, når en person ånder på et spejl: kondens opstår, fordi den udåndede luft er mættet, og dens temperaturen er højere end den på spejlet (som er ved stuetemperatur).

De fire vigtigste faktorer, der styrer indvendig kondens:

1. Vanddampindholdet i luften
2. Indvendig stuetemperatur
3. Udvendig temperatur
4. Variation mellem inde stuetemperatur, udetemperatur og rudetype

De to første faktorer kan normalt styres.

1. Vanddampindholdet i luften

Det er produceret af de normale gøremål såsom vask, madlavning, badning o.s.v og kan styres ved anvendelse af luftudsugninger og ventilation på passende steder.

2. Indvendig stuetemperatur

Dette kan i nogen grad kontrolleres ved at erstatte enkelt ruder med 2-lag eller 3-lags energiruder, og dermed få en højere overfladetemperatur på glasset på værelses siden, og ved at øge lufttemperatur, så den kan holde mere vanddamp uden kondensering.

3. Udvendig temperatur

Dette kan ikke kontrolleres, men dens virkning på indersidens temperatur kan påvirkes ved installation af bedre isolerende 2- eller 3-lags energiruder.

4. Variation mellem inde stuetemperatur, udetemperatur og rudetype

Dette kan ikke styres ligesom den betydningsfulde varierende udetemperatur. Imidlertid kan denne variation også påvirkes ved hvordan bygningen er udformet med udhæng, er orienteret, med lokale atmosfæriske forhold, læ fra nærliggende træer eller bygninger, luftstrømme, vindhastigheder og nærliggende vegetation.

Se BYG-ERFA 030508: Kondens på glasflader
– termoruder og energiruder

Hvordan kan man reducere indvendig kondens?

Indvendig kondens er meget ofte et tegn på dårlig isolering.

Det er vigtigt at fjerne overskydende fugt ved at ventilere rum. Et værelse kan udluftes uden at skabe træk eller forårsage, at det bliver koldt. En måde at gøre dette på er at åbne vinduet lidt eller bruge udluftningsventiler hvis de er monteret.

Ved at åbne vinduer eller ventilerende dit hjem kan det vise sig, at du mister lidt varme, men hvad du rent faktisk gør, er at tillade varm fugtladet luft slippe ud og tillade kølig tør luft komme ind i dit hjem.

Tør kold luft er faktisk billigere at varme op end varm fugtig luft.

A) Når der dannes kondens indvendig på vinduets indvendige glas

- I. Sørg for naturlig ventilation ved at åbne vinduet, ved hjælp af friskluftventiler eller ved mekanisk ventilation.
- II. Sørg for at ventilationshætter i vægge er monteret og holdes fri.
- III. Åbn mindst et vindue i hvert rum, hver dag, en del af dagen for at sikre luftskiftet.
- IV. Sikre permanent ventilation af alle lokaler, hvor gas og olie varmeapparater anvendes.
- V. Kontroller emhætter over komfurer og andet udstyr, der frembringer damp, og vær sikker på at de ventilerer til luften udenfor.
- VI. Sørg for, at badeværelser og køkkener er ventileret.
- VII. Sørg for at indvendige døre holdes lukket, for at forhindre overførsel af luft med høj vanddamp indhold fra vigtigste fugt producerende værelser: køkkener, badeværelser og tøjtørring. Husk at vanddamp ikke forbliver i det rum, hvor det er først dannet, men har tendens til at fordele sig i hele huset, fordi:
 - a. Lufttrykket i det oprindelige rum kan være højere end andetsteds, og så vil den fugtige luft blive tvunget ud i værelser med et lavere tryk, og
 - b. Luftbevægelse vil bære det gennem huset.
- VIII. Skru lidt op for luft temperatur i huset.
- IX. I koldt vejr, hold en eller anden form af permanent opvarmning i huset.
- X. Ved dårligt isolerende vinduer placer radiatorer under vinduer for at opretholde temperatur af det indvendige glas ved et rimeligt niveau. Ved velisolerede vinduer er der fri placering af radiatorer.

Kun for koblede/forsats ruder

- XI. Kondensen kan være forårsaget af at varm luft i rummet ikke når ud til glasset hvis der er trukket tunge gardiner som isolerer. Tillad fri passage af varm luft til glassets inderside, hold gardiner 15cm til 20cm væk fra vinduet, og sørg for, at der er tilstrækkeligt med ventilationsmulighed ved toppen og bunden for at tillade kontinuerlig cirkulation.

B) Når der dannes kondens i inde i termorudens hulrum

Kondens vil ikke dannes på indersiden af en korrekt fungerende termorude eller energirude. Men det kan ske i mellemrummet i koblede/forsatsvinduer.

C) Ved kondens dannet på rammen

Der er omstændigheder, hvor der dannes kondens på den indvendige overflade af vinduesrammen. Dette er mest almindeligt på stål eller aluminiumsrammer. De fleste vinduer i dag har indbygget isolering der forhindrer kuldebroer.

Kun koblede/forsats vinduer

Ved kondens dannet på indersiden af det yderste glas: kontroller tætheden af den indvendige ramme så den bliver så lufttæt som muligt, alle indvendige samlinger skal være tætte og forhindre varm fugtig luft kommer ud i hulrummet.

Konklusion

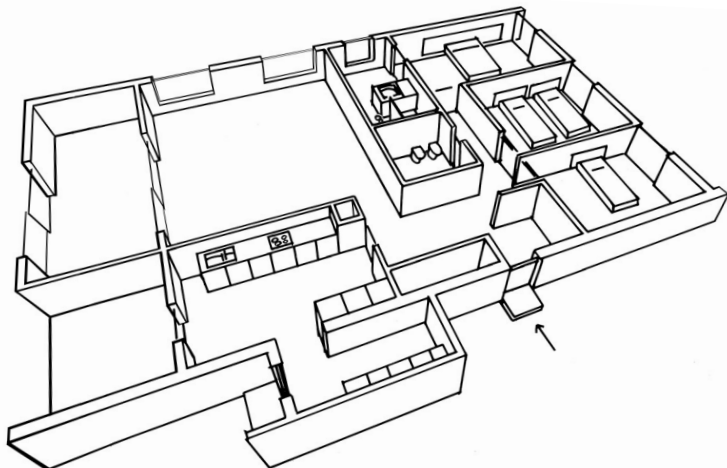
Indvendig kondens

Dette er oftest et ventilation problem og skyldes montering af 2- eller 3-lags ruder. Ved at sikre at vinduets inderste glas er betydeligt varmere end det yderste glas, kan kondens dannelse reduceres.

Moderne bygninger er designet til at eliminere varmetab og har ikke den naturlige ventilation som i ældre huse med deres skorstene, utætheder og dårligt monterede vinduer og døre. Huse, som er helt lufttætte med hulmurs isolering, loftsisolering, 2- og 3-lags energiruder og trykprøvet kan forvente at blive fugtfælder. I sådanne tilfælde er kondens et ventilations problem. Forudsættes rummene opvarmes normalt, vil løsningen sandsynligvis ved kondens være igangsætning af kontrolleret ventilation.

I tilfælde af ældre, renoveret og "tætnet" byggeri, er den dominerende faktor sandsynligvis, at undersøge den indendørs temperatur, og evt tilføre yderligere varme, eller indførelse af lokal varme nær vinduerne.

Rumtyper hvor indvendig kondens dannes



Udestue

- Overvej tværstrømnings- ventilation med brug af ventiler i mure og tage især hvis udestuen er sydvendt.
- Ventilation i væggen, tagudhæng og rygningen kan også hjælpe.

Køkken og vaskerum

- Luk indvendige døre og hold et vinduer åbent. Installer emhætte ventileret til den omgivende luft.

Stue

- Lad rummets varme nå vinduerne. Ved dårligt isolerede vinduer: placer radiatorer under vinduerne og hold gardinerne mindst 15cm til 20cm væk fra glasset for at tillade fri bevægelighed for varm luft.
- Åbn vinduer i mindst et par minutter hver dag for at få luften udskiftet.
- Kontroller at væg og vindues ventilationsåbninger er monteret og holdes frie og åbne.

Badeværelse

- Undgå at vanddamp ledes ind i resten af huset, især under og efter badning.
- Efter et bad eller brusebad, luk døren og åbn et vindue i et par minutter. Placer radiator, eller håndklædetørrer, under vinduet.
- Overvej at installere en mekanisk ventilator.

Soveværelse

- Som i stuer: kontroller gardinplacering og ventilationsmuligheder.
- Overvej montage af termostat på radiator for at kompensere for nattens fald i udendørstemperaturen, og stigningen i vanddamp forårsaget af de sovendes vejtrækning.
- Soveværelse vinduer bør åbnes hver dag for at få mindst ét komplet luftskifte.

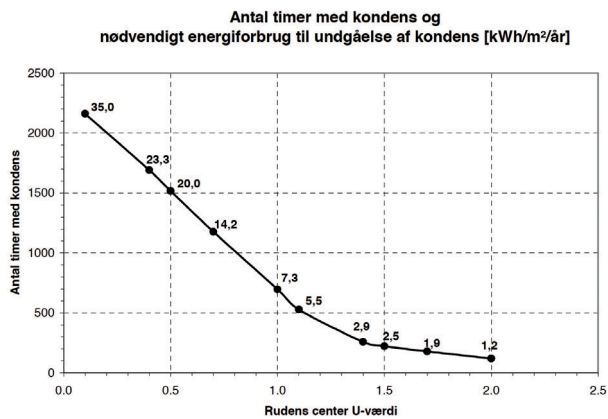
Typiske glasløsninger

Glasløsning	U-værdi (W/m ² K)			Indvendig glas- overfladetemperatur (°C) -10° ude/+20° inde			
	3	2	1	0	5	10	15
Glastykkelse og afstand							
Enkeltglas Floatglas							
4	5,8			-1,8			
Gammeldags termorude Floatglas – floatglas							
4-12-4		2,9			9,1		
Energiruder Floatglas – *energiglas							
4-15-*4			1,1			15,9	
4-15-4-15-*4			0,9			16,8	
4*-15-4-15-*4			0,6			17,8	
Solafskærmende termoruder Solafskærmende glas (*belagt inkl.energibelægning) – floatglas							
6*klar-15-4			1,1			15,9	
6*klar-15-4-15-*4			0,6			17,8	
Energirude i forsatsramme (1+2) Forsats floatglas + (floatglas – *energiglas)							
4+30+4-15-*4			0,9			16,8	

Eksempler på forskellige egenskaber der viser variationerne for forskellige typiske glasløsninger

* Energibelægning.

Udvendig kondens

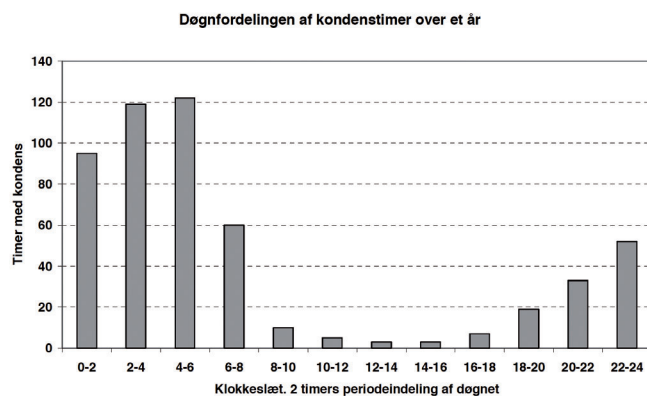


Figur 1.

Timer om året med kondens på ruder med forskellige U-værdier. Ingen udhæng. Tallene angiver det maksimale energiforbrug der kræves til at fjerne kondensen ved opvarmning af det yderste lag glas.

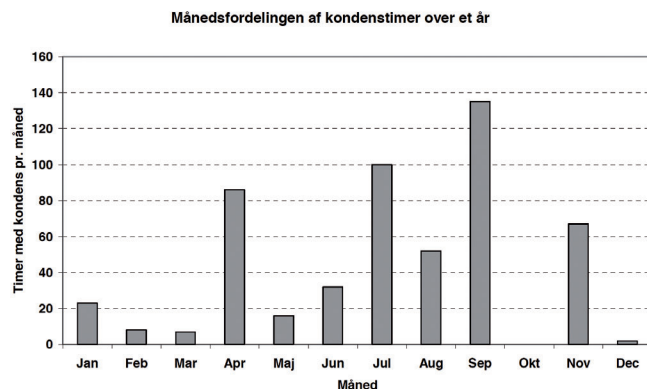
Dvs. med nye 3-lags energiruder med $U=0,5$ vil der dannes 3 gange så meget udv. kondens som ved $U=1,1$, svarende til 2-lags energiruder, som i dag giver problemer!

(Sidste afsnit er ikke originaltekst)



Figur 2.

Fordeling af kondentimer gennem døgnet for en rude med en U-værdi på $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ og en udvendig emittans på $0,85$.



Figur 3.

Fordeling af kondentimer på månedsbasis for en rude med en U-værdi på $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ og en udvendig emittans på $0,85$.

Figurer fra: Rapport BYG·DTU R-035 2002, ISSN 1601-2917 - ISBN 87-7877-093-9
Energimæssig helhedsvurdering af vinduer. Jørgen M. Schultz, Finn H. Kristiansen