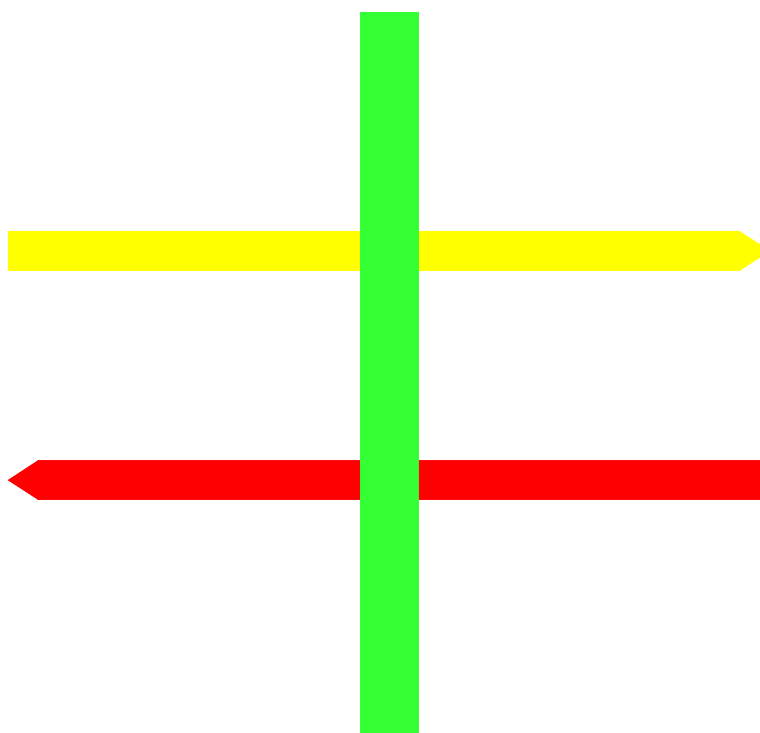


RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER

Kompendium 1:

GRUNDLÆGGENDE ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER



Indholdsfortegnelse

FORORD TIL KOMPENDIUM 1	5
1 RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER.....	7
1.1 ENERGIMÆRKNINGSDATA	7
1.2 RUDERS ENERGIKLASSE	8
2 RUDERS OPBYGNING.....	9
2.1 GLAS.....	9
2.2 BELÆGNINGER	9
2.2.1 Lavemissionsbelægninger	9
2.2.2 Solafskærmende belægninger	10
2.3 GASSER.....	11
2.4 AFSTANDSPROFILER	13
2.5 RUDETYPER	14
3 VINDUERS OPBYGNING	15
3.1 VINDUETS BESTANDDELE	15
3.1.1 Ramme-karmtyper	15
3.1.2 Ramme-karm af træ.....	16
3.1.3 Ramme-karm af træ og aluminium	16
3.1.4 Ramme-karm af plast	16
3.1.5 Ramme-karm af aluminium.....	17
3.1.6 Ramme-karm af blandede materialer	17
3.2 DEFINITIONER AF VINDUERS AREALER MM.	18
4 RUDERS ENERGIMÆRKNINGSDATA	19
4.1 VARMETRANSMISSIONSKOEFFICIENT FOR RUDER	19
4.2 SOLLYSTRANSMITTANS FOR RUDER.....	19
4.3 TOTAL SOLENERGITRANSMITTANS FOR RUDER	20
4.4 ÆKVIVALENT VARMELEDNINGSEVNE AF KANTKONSTRUKTIONEN	20
5 VINDUERS ENERGIMÆRKNINGSDATA.....	22
5.1 VARMETRANSMISSIONSKOEFFICIENT FOR VINDUER.....	22
5.2 SOLLYSTRANSMITTANS FOR VINDUER	23
5.3 TOTAL SOLENERGITRANSMITTANS FOR VINDUER.....	23
6 EKSEMPLER PÅ RUDERS ENERGIMÆRKNINGSDATA	24
7 EKSEMPLER PÅ VINDUERS ENERGIMÆRKNINGSDATA.....	26
8 RUDERS ENERGITILSKUD OG ENERGIKLASSIFIKATION.....	27
8.1 TILFØRT SOLENERGI	27
8.2 VARMETAB	27
8.3 ENERGITILSKUD	27
8.4 KLASSIFIKATION AF RUDER.....	28
8.5 DIAGRAMMER MED ENERGITILSKUD.....	29
9 VINDUERS ENERGITILSKUD.....	32
9.1 TILFØRT SOLENERGI	32
9.2 VARMETAB	32
9.3 ENERGITILSKUD	32
9.4 DIAGRAMMER MED ENERGITILSKUD.....	32
10 OPVARMNINGSBEHOV.....	35

10.1	METODER TIL VURDERING AF RUDER OG VINDUERS INDFLYDELSE PÅ ENERGIFORBRUGET	35
10.2	FORENKLEDE BEREGNINGSMETODER	35
10.3	DETALJEREDE BEREGNINGSMETODER	37
10.4	SAMMENLIGNING AF FORENKLEDE OG DETALJEREDE METODER	37
11	LYS	38
	ORDLISTE	39
	LITTERATUR	41
	ADRESSER	43
A.	SAMMENFATNING AF ENERGIMÆRKNINGSORDNINGEN FOR RUDER OG VINDUER	44
A.1	RUDER	44
A.1.1	PRODUKTBEKRIVELSE (ENERGIMÆRKNINGSDATA)	44
A.1.2	ENERGIKLASSIFIKATION (PERMANENT MÆRKNING)	44
A.1.3	SAMMENFATNING RUDER	45
A.2	VINDUER	45
A.2.1	PRODUKTBEKRIVELSE	45
A.2.2	PERMANENT MÆRKNING	45
A.2.3	SAMMENFATNING VINDUER	45
B.	DIAGRAMMER TIL BESTEMMELSE AF ENERGITILSKUD FRA RUDER OG VINDUER	46
B.1	DIAGRAMMERNES ANVENDELSE	46
B.2	GRUNDLAGET FOR DIAGRAMMERNE OG KLASSIFIKATIONEN AF RUDER	46

Forord til kompendium 1

Målet med kompendiet er at give en bred introduktion til ruder og vinduers energimæssige egenskaber samt gøre det muligt at vurdere ruder og vinduers energitilskud til bygningen de skal sidde i. Målgruppen for det nærværende kompendium er meget bred og omfatter producenter af ruder og vinduer, rådgivere indenfor byggeriet, professionelle bygherrer, entreprenører, glarmestre, trælastere, leverandører.

I kompendiet defineres og beskrives de grundlæggende begreber i forbindelse med ruder og vinduer. Ruder og vinduers opbygning og energimæssige egenskaber beskrives. Desuden gennemgås en simpel metode til sammenligning af energitilskuddet til bygningen for forskellige ruder eller vinduer. Endelig beskrives en energimæssig klassifikation af ruder baseret på ruders energitilskud i fyringssæsonen. I kompendiet henvises til de standarder, der behandler forenklede metoder til bestemmelse af ruder og vinduers energimæssige egenskaber.

Det er tilstræbt, at de enkelte kapitler kan læses uafhængigt af hinanden, så kompendiet kan bruges som opslagsværk. Ruder og vinduer gennemgås derfor konsekvent i separate kapitler. Denne opbygning af kompendiet giver anledning til, at en del oplysninger står flere steder, hvilket fører til, at der vil forekomme en del gentagelser, hvis materialet læses fra ende til anden.

Bagest i kompendiet er en ordliste, hvor visse begreber der benyttes i teksten forklares. Listen er inddelt efter det kapitel i teksten hvor begrebet først benyttes.

Før udgivelsen har 1. udgave af kompendiet været til høring hos følgende repræsentanter for brancherne på området og målgruppen i øvrigt:

Carl Axel Lorentzen, Pilkington Floatglas A/S
Harald Brauer, Scanglas A/S
Claus Ørum Nielsen, Troldglas A/S
Poul Thorsen, GlasBranche Foreningen
Paul-Apraham Ohannessian, Glarmesterlauget i Danmark
Erik Aggerholm, Rationel Vinduer
Niels Peter Pretzmann, Storke Vinduer A/S

Karl Peter Sørensen, KPK Døre og Vinduer A/S
N. J. Graversen, H. S. Hansen
Carsten Andersen, Primo Danmark A/S
Knud Prebensen, COWI Rådgivende Ingeniører A/S
Ida Garre, COWI Rådgivende Ingeniører A/S
Jørn Trelldal, Rambøll
Søren Svare, Birch & Krogboe A/S
Jan Volkmann, Herfølge Byggemarked
Jan Mathiesen, Karmas Bygge Center
Ove Bjerregård Broch, Horsens Tekniske Skole
Lars Krog, Odense Tekniske Skole
Jørgen Hansen, Haandværkerskolen Haslev Tekniske Skole
Gert Martinussen, Skive tekniske skole
Normann Poulsen, Ingeniørhøjskolen Horsens
Erik Malling, Ingeniørhøjskolen i Århus
Lisbeth Lindbo Larsen, Ingeniørhøjskolen Københavns Teknikum
Niels Uhre Christensen, Ingeniørhøjskolen Odense Teknikum
Henrik Brohus, Aalborg Universitet
Børge Howald Petersen, DTU
Gøsta Knudsen, Arkitektskolen i Aarhus
Robert Knudsen, TI Byggeri
Hans Nielsen, TI Byggeri
Flemming Søgård Sørensen, Advice
Karen Marie Pagh Nielsen, Energi Oplysningen
Dorthe Bechmann, Energistyrelsen

Ovennævnte takkes for høringssvar.

Følgende har medvirket til udarbejdelsen af kompendiet:

Toke Rammer Nielsen, Svend Svendsen, Karsten Duer, Jørgen M. Schultz, Morten Møller Mogensen, Jesper Kragh og Jacob B. Laustsen.

Konstruktiv kritik og forslag til forbedringer modtages gerne og kan sendes til:

Professor Svend Svendsen
Danmarks Tekniske Universitet
Institut for Bygninger og Energi
Bygning 118, Brovej
DK-2800 Kgs. Lyngby

Copyright

Copyright © DTU Byg, Danmarks Tekniske
Universitet, 2009

Materialet må i sin helhed frit kopieres og
distribueres uden vederlag.

Eftertryk i uddrag er tilladt, men kun med
kildeangivelsen:

*Ruder og vinduers energimæssige egenska-
ber. Kompendium 1: "Grundlæggende ener-
gimæssige egenskaber".*

*DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet,
2009*

1 Ruder og vinduers energimæssige egenskaber

Udgangspunktet for kompendierne er "Energimærkningsordningen for vinduer og ruder", der sætter fokus på ruder og vinduers termiske og optiske egenskaber (bestemmelserne for energimærkningsordningen er beskrevet i ordningens vedtægter [15] samt tekniske bestemmelser for vinduer [17] og ruder [16]). Dette har medført et generelt informationsbehov på området. Kompendierne skal give læserne generel information om energimæssige egenskaber af ruder og vinduer. Herunder oplysning om forenklede og detaljerede metoder, til bestemmelse af ruder og vinduers energimærkningsdata samt eventuelt ruders energiklasse. Desuden behandler kompendierne energirigtigt valg af ruder og vinduer samt udvikling af energirigtige ruder og vinduer. I appendiks A er retningslinierne for selve energimærkningsordningen sammenfattet.

I energimærkningsordningen opereres med følgende tre benævnelser:

1. **Energimæssige egenskaber:** Fællesbetegnelse for energimærkningsdata og energiklasse.
2. **Energimærkningsdata:** De grundlæggende energimæssige data for ruder/vinduer.
3. **Energiklasse:** Bogstavbenævnelse for ruder på basis af energitilskuddet.

1.1 Energimærkningsdata

En oversigt over ruder og vinduers energimærkningsdata er vist i Tabel 1.

Ruders energimærkningsdata omfatter:

- varmetransmissionskoefficienten (U_g -værdien) for rudens midte der angiver rudens evne til at begrænse varmetabet gennem ruden.
- sollystransmittansen (τ_r -værdien) for ruden der angiver rudens evne til at transmittere den synlige del af solstrålingen.

- den totale solenergitransmittans (g -værdien) for ruden der angiver rudens evne til at transmittere solstråling både direkte som solstråling og indirekte som varme.
- kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne (λ_k) der angiver kantkonstruktionens indflydelse på varmetabet i samlingen mellem ruden og ramme-karmkonstruktionen.

Vinduers energimærkningsdata - alle baseret på vinduets udvendige areal - omfatter:

- varmetransmissionskoefficienten (U -værdien) der angiver vinduets evne til at begrænse varmetabet gennem vinduet.
- sollystransmittansen (τ_r -værdien) der angiver vinduets evne til at transmittere den synlige del af solstrålingen
- den totale solenergitransmittans (g -værdien) der angiver vinduets evne til at transmittere solstråling både direkte som solstråling og indirekte som varme.

Ruder og vinduers U -værdi og g -værdi er tilsammen bestemmende for energitilskuddet til bygningen de sidder i. Sollystransmittansen har indflydelse på lysindfaldet. Den ækvivalente varmeledningsevne for rudernes kantkonstruktion karakteriserer kantkonstruktionen og benyttes til at bestemme størrelsen af kuldebroen i samlingen mellem rude og ramme-karm.

Tabel 1. Oversigt over energimærkningsdata for ruder og vinduer

	Energimærkningsdata
Ruder	<ul style="list-style-type: none"> - Varmetransmissionskoefficient - Sollystransmittans - Total solenergitransmittans - Ækvivalent varmeledningsevne af kantkonstruktionen
Vinduer	<ul style="list-style-type: none"> - Varmetransmissionskoefficient - Sollystransmittans - Total solenergitransmittans

1.2 Ruders energiklasse

Energiltuskuddet fra ruden til bygningen er den tilførte solenergi minus varmetabet ud gennem ruden. Hvis der tilføres mere solenergi ind gennem ruden end der ledes ud som varmetab, er energiltuskuddet positivt, og det resulterer i en opvarmning af bygningen. Energiltuskuddet for en rude kan altså indikere, hvor "god" ruden samlet er til at mindske varmetabet fra og tilføre solvarme til en bygning. Dette udnyttes i den energimæssige klassifikation af ruder, som baseres på rudernes energiltuskud til et referencehus. Der opstilles tre energiklasser som vist i Tabel 2:

Tabel 2 Klassifikation af ruder på basis af deres energiltuskud

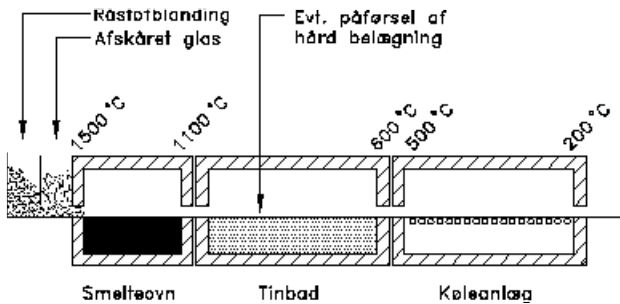
Energiklasse	Grænseværdier
A	Energiltuskud større end 20,0 kWh/m ²
B	Energiltuskud større end 10,0 kWh/m ² til og med 20,0 kWh/m ²
C	Energiltuskud større end 0,0 kWh/m ² til og med 10,0 kWh/m ²

Energiklassifikation af ruder bør kun anvendes i forbindelse med ruder i opvarmningsdominerede boliger, hvor et positivt energiltuskud er ønsket. I f.eks. kontorbyggerier, hvor der ofte er stor intern varmeproduktion, kan ruder med stort energiltuskud give anledning til overtemperaturer. I kontorbyggerier er det altså ikke nødvendigvis fordelagtigt at anvende ruder med stort energiltuskud.

2 Ruders opbygning

2.1 Glas

Almindeligt vinduesglas fremstilles af sand, soda og kalk, der smeltes sammen til en flydende glasmasse. Ved at tilsætte forskellige metaloxider kan der opnås en farvning af glasset.



Figur 1. Floatprocessen med evt. påførsel af hård lavemissionsbelægning.

Praktisk talt alt vinduesglas, der produceres i dag, er floatglas. Floatglas fremstilles ved, at den flydende glasmasse ledes ud på et bad af flydende tin, hvorved tyngdekraften sørger for at glasoverfladerne bliver helt planparallelle. Herefter transporteres glasset videre på ruller under kontrolleret afkøling inden udskæring. Tykkelsen af det færdige glas reguleres ved at kontrollere hastigheden hvormed glasmassen føres frem over tinbadet. Floatglasprocessen er vist i Figur 1.

Almindeligt floatglas indeholder jernoxid i meget små mængder, men nok til at det ser grønligt ud, hvis man kigger ind på kanten af glasset. Jernindholdet i glasset kan sænkes ved at anvende renere råvareforekomster eller gennem kemisk rensning af råvarerne. Glas med lavt jernindhold vil i mindre grad end almindeligt glas påvirke lysets farvesammensætning og samtidig absorbere en mindre del af solenergien.

2.2 Belægninger

Glas kan påføres forskellige belægninger på overfladen. Der skelnes mellem lavemissionsbelægninger, der har til formål at nedsætte varmetabet gennem ruden, og solafskærmende belægninger, der har til formål at begrænse solindfaldet gennem ruden. Desuden kan de to typer belægninger kombineres så en belægning både får lavemissionsvirkning og solafskærmende virkning.

2.2.1 Lavemissionsbelægninger

Isoleringsevnen for ruder er afhængig af den isolerende virkning af hulrummet mellem glaslagene. Varmeoverføringen i hulrummet mellem glaslagene foregår ved ledning, konvektion og varmestråling, hvor varmetransporten ved varmestråling udgør ca. $2/3$ af den samlede varmetransport for ruder med almindeligt glas. Ved at belægge glasset med en lavemissionsbelægning nedsættes varmestrålingen, hvormed den samlede varmestråling gennem ruden nedsættes betydeligt.

Lavemissionsbelægningen medfører en større absorption og refleksion af solstråling i ruden, så en mindre del af solstrålingen transmitteres gennem ruden til det bagvedliggende rum.

Lavemissionsbelægningerne består af tynde, gennemsigtige metallag, som har lav emissivitet og derfor udsender og absorberer varmestråling i meget mindre grad end almindeligt glas. Der skelnes mellem hårde og bløde belægninger.

Den hårde lavemissionsbelægning består normalt af tinoxid. Tinoxiden påføres som vist i Figur 1 glassets overside, mens det befinder sig i tinbadet, hvorved belægningen ”brændes” fast i glasset. Hårde belægninger påvirkes ikke af klima, rengøring og efterbehandling af glasset og kan derfor benyttes på både indvendige og udvendige flader.

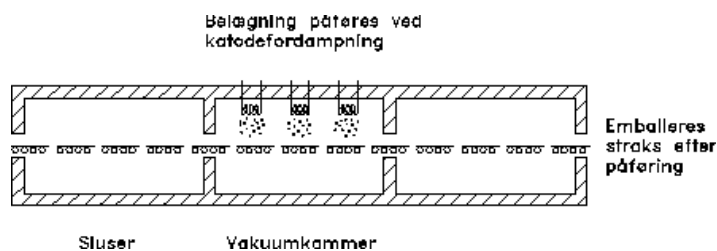
Bløde belægninger påføres som vist i Figur 2 i et vakuumkammer, hvor de aktuelle metalatomer udfældes på glasset. Bløde belægninger skal beskyttes mod fugt og mekaniske påvirkninger. Glas med bløde belægninger skal derfor straks efter påførelse af belægningen emballeres forsvarligt. I ruder skal glas med bløde belægninger placeres på glasoverflader, der vender ind mod hulrummet i en forseglede rude. Bløde belægninger nedsætter typisk varmestrålingen mere end hårde belægninger, men absorberer og reflekterer typisk en større del af solenergien.

2.2.2 Solafskærmende belægninger

I rum med stor intern varmeproduktion f.eks. kontorer vil tilførsel af solenergi ofte medføre høje indetemperature. For at nedsætte mængden af solenergi, der transmitteres gennem ruderne, kan forskellige former for solafskærmende glas benyttes.

Én type solafskærmende glas benytter en belægning, der reflekterer den del af solenergien, der ligger udenfor bølgelængdeområdet for synligt lys. Herved opnås en delvis afskærmning for solstrålingen uden at nedsætte dagslysindfaldet nævneværdigt. Disse glas har således en højere sollys-transmittans end soltransmittans og kan være helt klare.

En anden type solafskærmende glas benytter en belægning, som reflekterer og absorberer



Figur 2. Påførelse af blød lavemissionsbelægning.

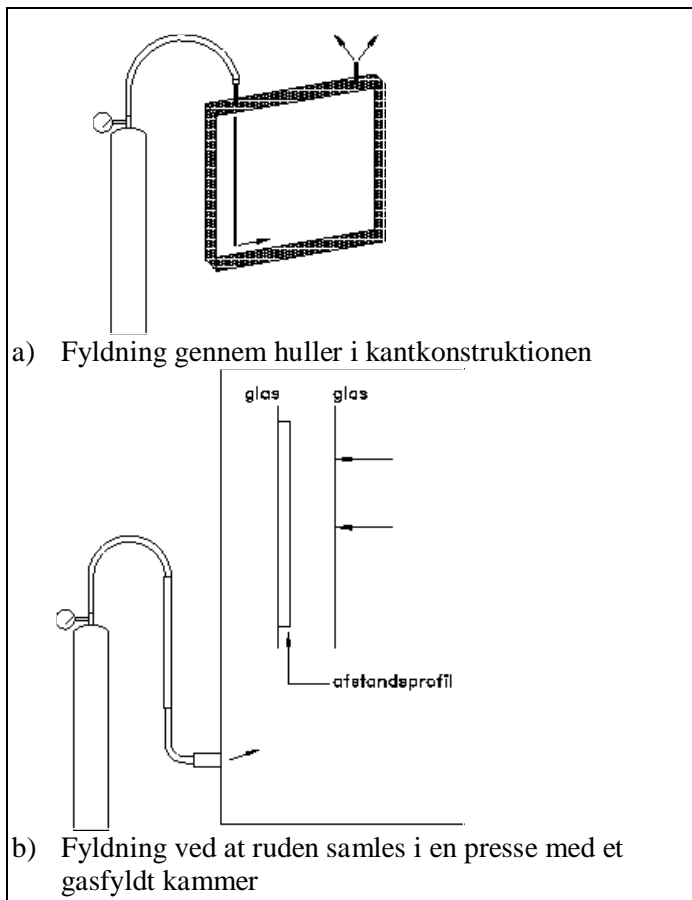
solstrålingen og dermed reducerer transmissionen af solstrålingen. Denne type solafskærmning vil samtidig sænke dagslysindfaldet og typisk virke spejlende.

En tredje type solafskærmende glas benytter gennemfarvet glas. Gennemfarvet glas vil absorbere en del af solstrålingen, men samtidig nedsætte dagslysindfaldet. Desuden vil gennemfarvet glas medføre en farveændring af lyset, men være mindre lysreflekterende end almindeligt glas.

2.3 Gasser

De varmetekniske egenskaber af gassen mellem glaslagene vil i forseglede termoruder have betydning for rudens isoleringsevne. Varmeoverføringen mellem glaslagene i ruden ved ledning og konvektion kan nedsættes ved at benytte andre gasser end tør atmosfærisk luft mellem glaslagene f.eks. argon, krypton eller xenon.

Gasfyldningen af ruderne udføres oftest ved, at den færdigsamlede rude er udstyret med to huller i kantforseglingen. Det ene hul anvendes til påfyldning af den ønskede gasart, mens det andet lader den atmosfæriske luft slippe ud. Gassen, der fyldes på ruden, er tungere end atmosfærisk luft og vil fortrænge luften nedefra og op. Efter påfyldning af den ønskede gas lukkes hullerne i kantforseglingen. En anden metode består i at samle ruden i en presse med et kammer fyldt med den aktuelle gasart. De to metoder er skitseret i Figur 3.



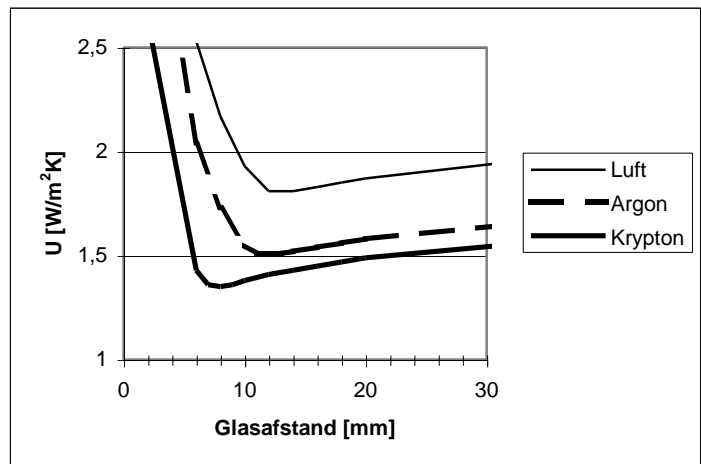
Figur 3. Metoder for påfyldning af gasser.

De enkelte gasarter har forskellige værdier for varmeledningsevne og viskositet, hvilket påvirker den isoleringsmæssige optimale glasafstand for ruden. For udvalgte gasarter er materialeværdierne angivet i Tabel 3.

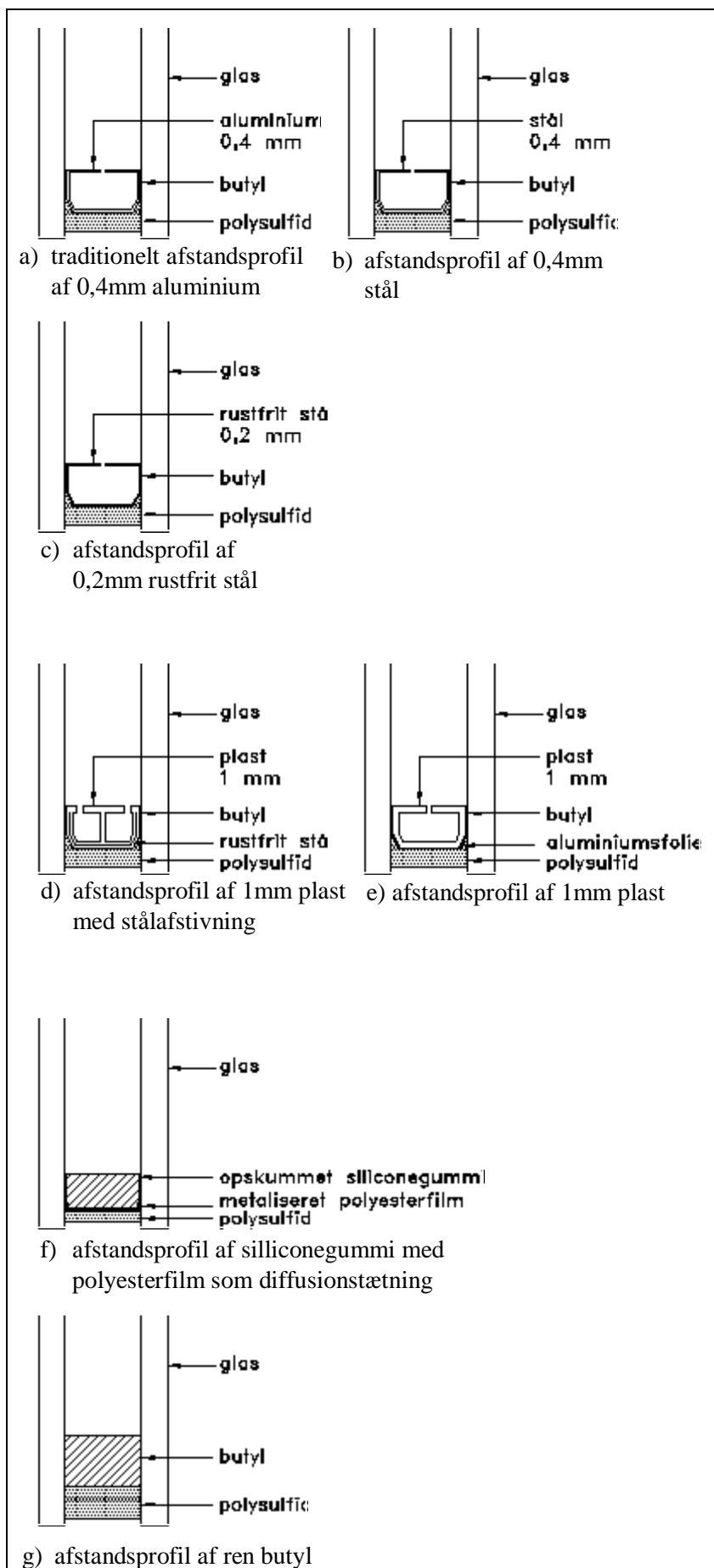
I Figur 4 er rudens isoleringsevne vist for forskellige gasser mellem glaslagene afhængig af glasafstanden.

Tabel 3. Materialeværdier for udvalgte tørre gasarter ved temperaturen 10°C (værdier ifølge EN 673 [3])

Gas	Densitet ρ [kg/m ³]	Dynamisk Viskositet μ [kg/m·s]	Varmeledningsevne λ [W/mK]	Specifik varmekapacitet c_p [J/kg·K]
Luft	1,232	$1,761 \cdot 10^{-5}$	0,02496	1008
Argon	1,699	$2,164 \cdot 10^{-5}$	0,01684	519
Krypton	3,560	$2,400 \cdot 10^{-5}$	0,00900	245
Xenon	5,689	$2,226 \cdot 10^{-5}$	0,00529	161



Figur 4. Isoleringsevnen for en lodret 2-lags energirude afhængig af glasafstanden og gasfyldningens art fundet med programmet Window [18]. Lavemissionsbelægningen har emissivitet 0,1.



Figur 5. Forskellige typer afstandsp profiler. I afstandsp profilerne a) til e) angiver hullet i profilets indvendige side en delvis perforering. Materialet hænger sammen af styrkemæssige årsager, men er perforeret for at gassen i glasmellemrummet er i kontakt med tørremidlet i profilet.

2.4 Afstandsp profiler

I forseglede ruder sikrer et afstandsp profil langs rudens kanter den ønskede afstand mellem glassene. Profilet begrænser fugtindtrængen i hulrummet mellem glassene og forhindrer en eventuel gasfyldning i at sive ud af ruden. Afstandsp profilet indeholder et tørringsmiddel, der sikrer at luften i ruden forbliver tør, så der ikke opstår kondens på glasoverfladerne, der vender ind mod hulrummet.

Afstandsp profilet i ruden har en højere varmeledningsevne end resten af ruden. Det betyder, at afstandsp profilet giver anledning til en kuldebro, der øger varmetabet gennem ruden og øger risikoen for kondens indvendigt langs rudens kant.

Nogle typer af afstandsp profiler er vist i Figur 5. Traditionelle afstandsp profiler fremstilles som hulprofiler af aluminium eller galvaniseret stål. Profilerens varme-tekniske egenskaber kan forbedres ved at anvende andre materialer som f.eks. rustfrit stål eller plast. Kontakten mellem rudens glas og afstandsp profilet samt tæthed overfor fugt og udsivning af gas sikres med en forseglingsmasse. Der benyttes traditionelt en dobbelt forsegling. Forseglingen består dels af plastisk butyl, der sikrer kontakten mellem glaslagene og afstandsp profilet, dels af en ydre, elastisk polysulfid.

Udover afstandsp profiler af metal eller plast, findes afstandsp profiler, der hverken indeholder metal- eller plastdele.

Afstandsp profilet inklusiv forseglingen benævnes for rudens kantkonstruktion. Ofte anvendes benævnelsen ”varm kant”, hvilket beskriver at ruden er samlet om en kantkonstruktion med god isoleringsevne.

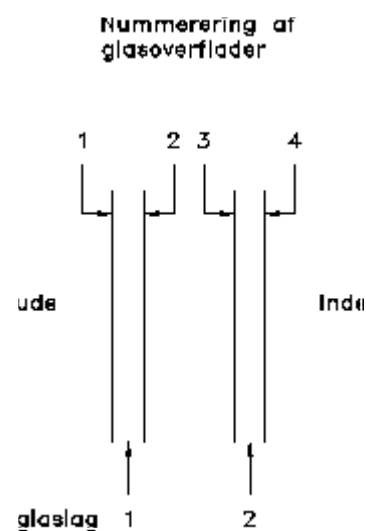
2.5 Rudetyper

Rudetyper kan karakteriseres udfra antallet af glaslag i ruden, den anvendte glastype, glas-tykkelse, glasafstand, placering og type af eventuelle lavemissions- eller solafskærmende belægninger på glassene samt typen af gasfyldning i hulrummene mellem glaslagene.

Ruder med et enkelt almindeligt glaslag er den simpleste rudetype. På grund af rudens dårlige varmetekniske egenskaber benyttes den ikke som eneste adskillelse mellem ude- og indeklima. Ruder med et enkelt glaslag kan benyttes i forbindelse med vinduer med koblede rammer eller som forsatsruder. Forsatsruder med et enkelt glaslag kan udnytte hårde lavemissionsbelægninger. Derimod vil bløde lavemissionsbelægninger ikke kunne benyttes, da glasoverfladerne vil blive påvirket af fugt fra enten ude- eller indeklima, samt være udsat for mekaniske belastninger ved pudsning.

Forseglede ruder er opbygget af flere lag glas, der langs kanten er samlet med afstandsprofiler og forsegling (Kantkonstruktion). Hulrummene i ruderne er afskåret fra omgivelserne, hvorved rengøring af ruden begrænses til to glasflader. De forseglede hulrum gør det muligt at udskifte den atmosfæriske luft med andre gasarter, der har bedre isoleringsevne, samt anvende bløde lavemissionsbelægninger til reduktion af varmeoverføringen ved varmestråling.

I forbindelse med ruder med flere glaslag er der behov for at kunne angive, hvilket glaslag og hvilken side af det aktuelle glas der tales om, f.eks. i forbindelse med angivelse af placering af en belægning. Ruderne beskrives altid udefra, og glassene og glasoverfladerne nummereres udefra og indefter, som vist i Figur 6.



Figur 6. Nummerering af glasoverflader.

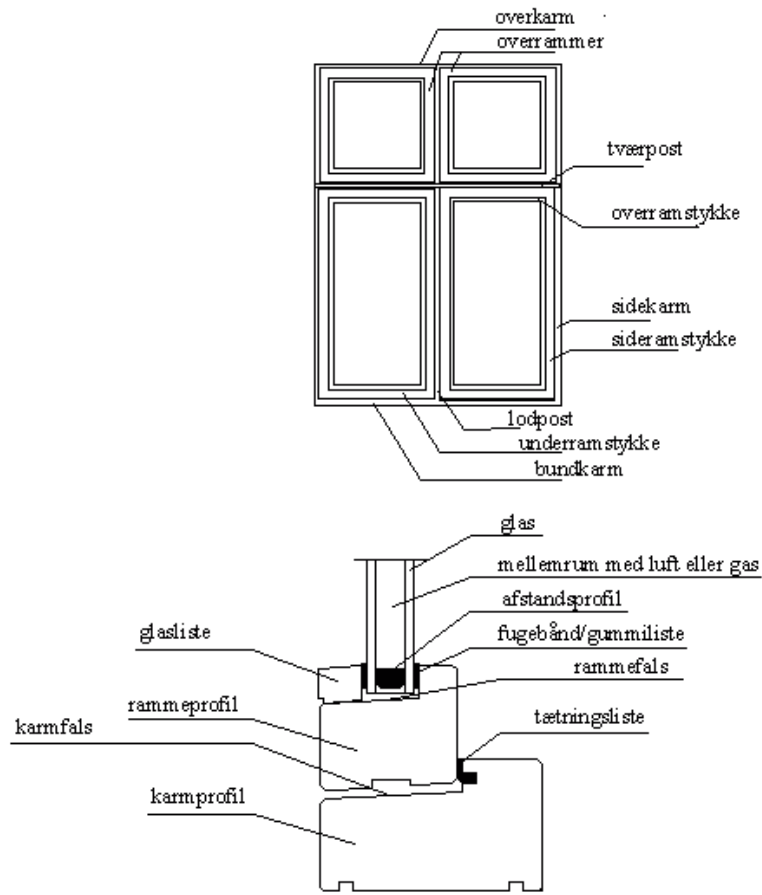
3 Vinduers opbygning

3.1 Vinduets bestanddele

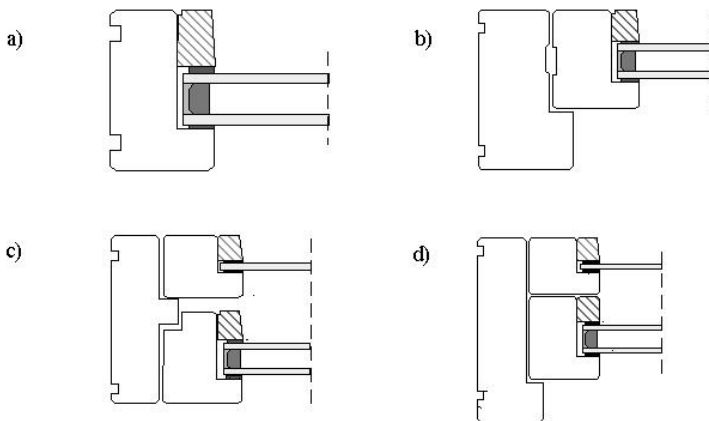
Et vindue består normalt af en rude placeret i en ramme, der fastgøres i en karm, så det er muligt at åbne og lukke vinduet. Vinduer, der ikke kan åbnes, består af en rude i en fast karm. Vinduets bestanddele er vist i Figur 7.

3.1.1 Ramme-karmtyper

Ved faste vinduer er ruden monteret direkte i karmen. For oplukkelige vinduer findes flere principper. I Figur 8 er vist eksempler på forskellige ramme-karmtyper: et fast vindue og oplukkelige vinduer med gående eller koblede rammer.



Figur 7. Vinduets bestanddele set forfra og i et lodret snit.



Figur 8. Forskellige typer af ramme-karmkonstruktioner. a) fast vindue, b) enkelt gående, c) gående rammer med enkelt glas udvendigt og to-lags forsejlet rude indvendigt, og d) koblede rammer med enkelt glas plus to-lags forsejlet rude.

3.1.2 Ramme-karm af træ

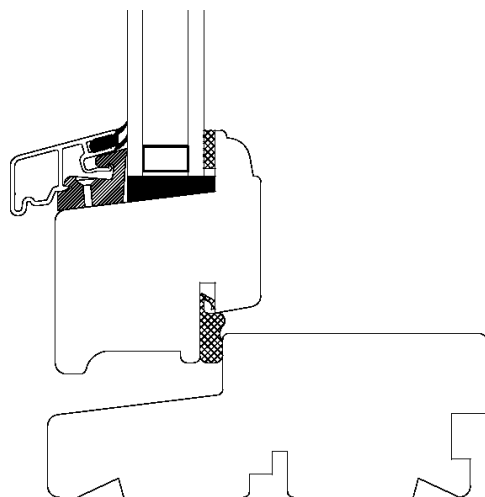
Træ har en lav varmeledningsevne, hvilket medfører et lavt varmetab gennem ramme-karmkonstruktioner af træ, se Figur 9. Træet skal beskyttes mod fugt pga. fare for råd og svamp. Ramme-karmkonstruktioner af træ produceres derfor hovedsageligt af imprægneret træ, der overfladebehandles. En lang levetid for ramme-karmkonstruktioner af træ kræver regelmæssig vedligeholdelse af overfladebehandlingen.

3.1.3 Ramme-karm af træ og aluminium

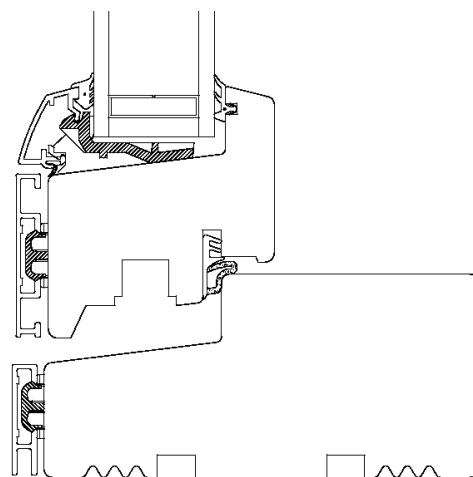
Ved at beklæde ramme-karmkonstruktioner af træ med aluminium kombineres træets gode isolerende egenskaber og lave pris med aluminiumsmaterialets gode vejrbestandighed, se Figur 10. Aluminiumsbeklædningen ændrer ikke væsentligt på isoleringsevnen i forhold til traditionelle ramme-karmkonstruktioner af træ og har hovedsageligt til formål at beskytte træet mod klimapåvirkninger. Herved øges holdbarheden og vedligeholdelsesarbejdet mindskes.

3.1.4 Ramme-karm af plast

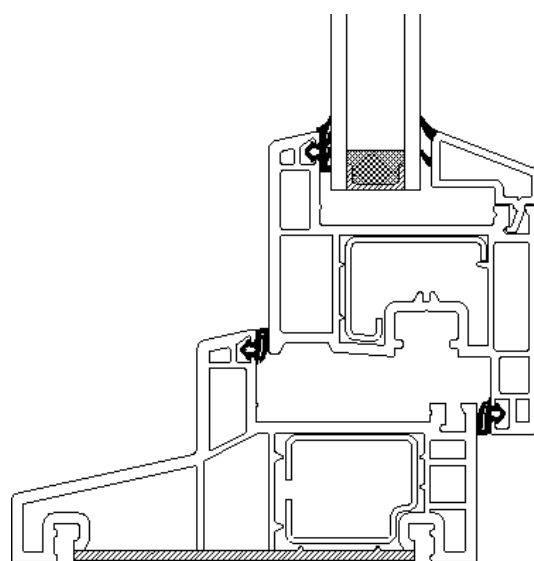
Ramme-karmprofiler af PVC fremstilles af materialebesparende og varmetekniske årsager som hule profiler, se Figur 11, idet PVC i forhold til træ har en varmeledningsevne der er lidt højere. Den isolerende effekt i PVC-profilerne ligger således hovedsageligt i de luftfyldte hulrum. Ramme-karmkonstruktioner af plast kræver ikke nogen videre vedligeholdelse. Profilerne fremstilles ved ekstrudering af endeløse profiler, der skæres til i de ønskede længder. Plastprofiler af PVC har ikke i sig selv den fornødne styrke og stivhed. Derfor indlægges afstivende stålprofiler af varierende tykkelse afhængigt af vinduets størrelse og rudens vægt. Stålprofilet udgør en potentiel kuldebro i ramme-karmkonstruktionen, hvorfor plastprofilet udformes som et flerkammerprofil så metalprofilet ikke er i direkte kontakt med både den yderste og inderste flade.



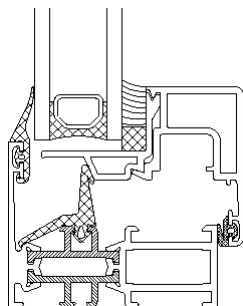
Figur 9. Bunden i ramme-karm af træ (venstre side er udvendig side)



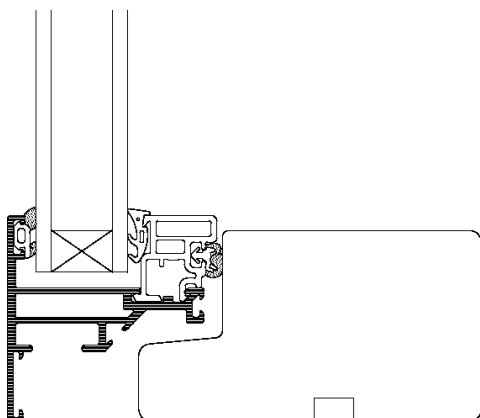
Figur 10. Bunden i ramme-karm af træ beklædt med aluminium (venstre side er udvendig side).



Figur 11. Ramme-karm af plast (pvc) (venstre side er udvendig side).



Figur 12. Ramme-karm af aluminium. Bemærk kuldebroafbrydelsen mellem den udvendige og indvendige del af karmen (venstre side er udvendig side).



Figur 13. Ramme-karm af blandede materialer med rammekonstruktion af aluminium og plast og karmkonstruktion af træ (venstre side er udvendig side).

3.1.5 Ramme-karm af aluminium

Anvendelsen af aluminium til ramme-karmkonstruktioner reducerer vedligeholdelsesarbejdet til et minimum og muliggør opbygning af meget slanke profiler, se Figur 12. Aluminium har en meget høj varmeledningsevne, der i forhold til træ er mere end 1000 gange så stor. Derfor skal ramme-karmkonstruktionerne udføres med kuldebroafbrydelser af f.eks. plast. Det er vigtigt at kuldebroafbrydelsen udføres effektivt, da isoleringsevnen af ramme-karmkonstruktionen ellers kan blive meget dårlig. Profilerne fremstilles som for plastprofiler ved ekstrudering.

3.1.6 Ramme-karm af blandede materialer

Frem for at benytte hovedsageligt et enkelt materiale i ramme-karmkonstruktionen kan flere forskellige materialer benyttes. Det kan være ønsket om lav pris, gode varmetekniske egenskaber, holdbarhed og udseende, der bestemmer materialesammensætningen.

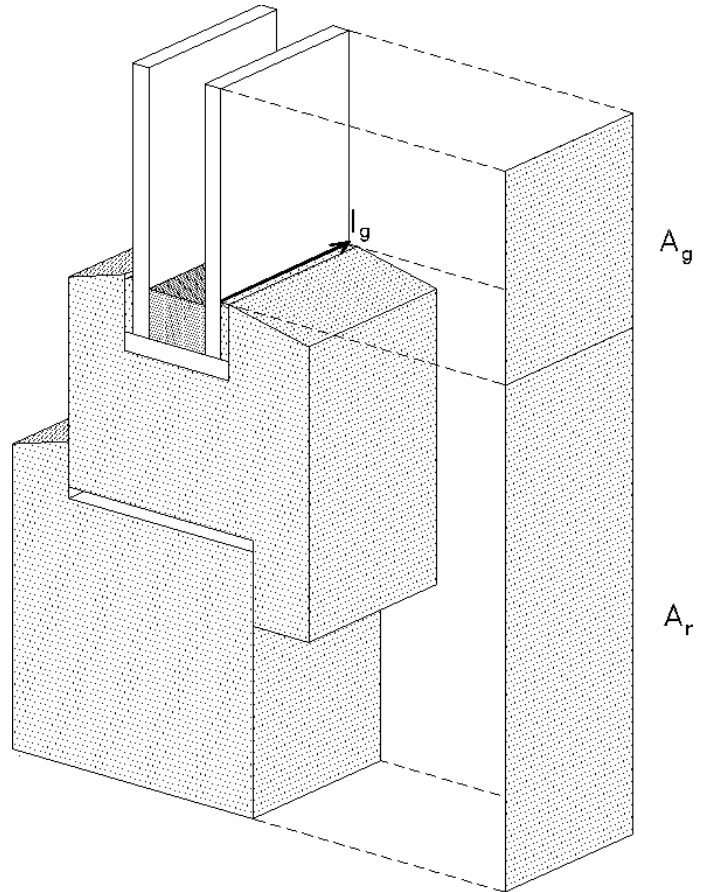
Et eksempel på en konstruktion af blandede materialer er vist i Figur 13. Der indgår aluminium og plast i rammekonstruktionen og træ i karmkonstruktionen. Herved fås et vejrbestandigt ydre og et traditionelt indre.

3.2 Definitioner af vinduers arealer mm.

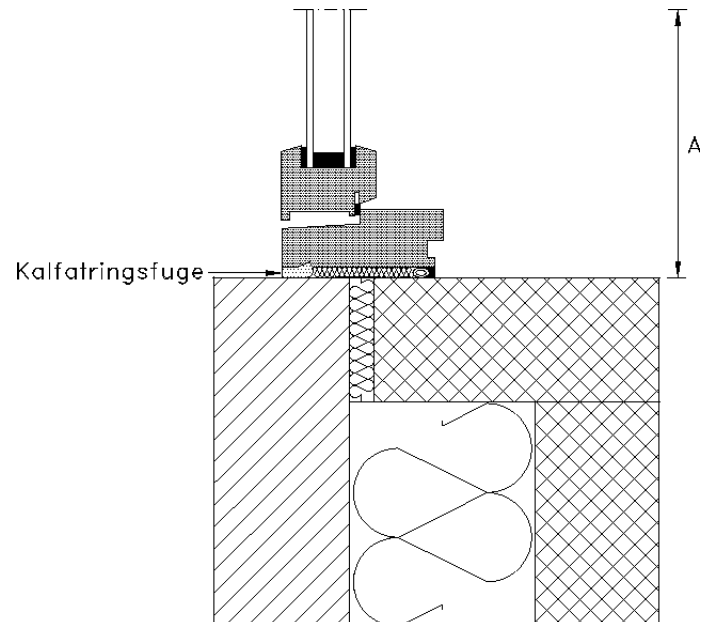
Ramme-karmarealet A_r er arealet af ramme og karm projiceret på en flade parallel med ruden. Er der forskel på det udvendige og indvendige ramme-karmareal, skal det største af de to arealer benyttes. Glasarealet A_g er det synlige areal af ruden. Er der forskel på det udvendige og indvendige glasareal, skal det mindste af de to arealer benyttes. Hele vinduets areal A' er summen af glasarealet og ramme-karmarealet. Arealerne er skitseret i Figur 14. Omkredsen af glasarealet l_g er den synlige omkreds af glasarealet. Er der forskel på den udvendige og indvendige omkreds skal den største af de to benyttes. Ved beregning af vinduets varmetransmissionskoefficient benyttes vinduesarealet A' .

Vinduet placeres i et murhul og sprækken mellem karm og mur tættes med en kalfatringsfuge. I vinduesarealet A' indgår kalfatringsfugen ikke. Ved beregning af transmissionstab gennem vinduet tillægges kalfatringsfugen samme varmetransmissionskoefficient som vinduet, og transmissionsarealet A er arealet af den åbning vinduet indbygges i som vist i Figur 15.

Definitionerne af arealerne fremgår af standarden EN ISO 10077-1 : 2000 [4].



Figur 14. Definition af arealer.



Figur 15. Vinduets placering i murhullet.

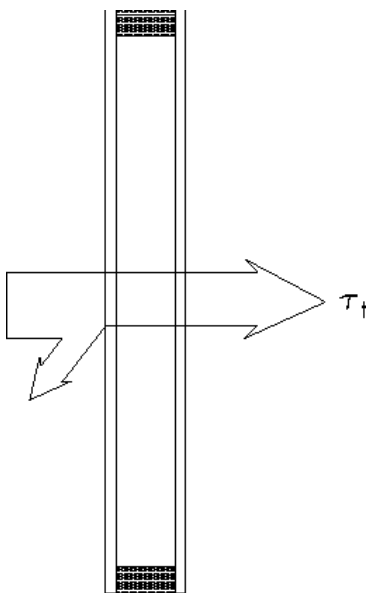
4 Ruders energimærkningsdata

I det følgende beskrives de størrelser, der karakteriserer ruders grundlæggende energimæssige egenskaber. Disse størrelser indgår i forbindelse med energimærkning af ruder, hvor de yderligere er grundlaget for en eventuel klassifikation af ruder.

4.1 Varmetransmissionskoefficient for ruder

Ruders isoleringsevne beskrives ved varmetransmissionskoefficienten også kaldet U-værdien. U-værdien for ruder betegnes med symbolet U_g og defineres som U-værdien bestemt for rudens midte. I U-værdien for ruder indgår således ikke påvirkninger fra kantkonstruktionen. U-værdien for ruder kaldes også "center U-værdien".

En metode til at beregne ruders varmetransmissionskoefficient fremgår af standarden EN 673 [3].



Figur 16. Sollystransmittans for ruder opgives for vinkelret indfald af sollyset.

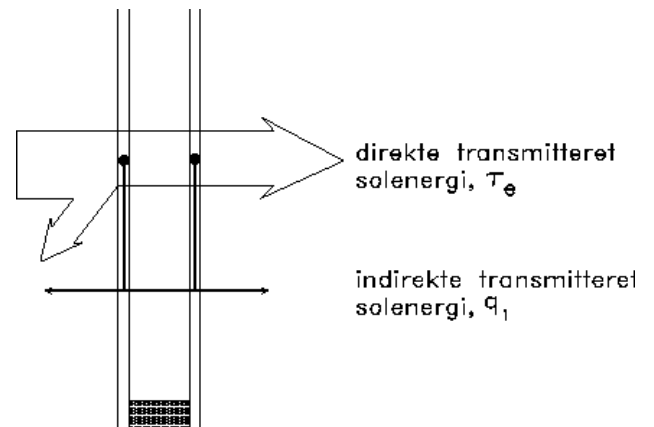
4.2 Sollystransmittans for ruder

Sollystransmittansen betegnes med symbolet τ_t og angiver hvor stor en del af sollyset (den synlige del af solstrålingen), der rammer en rudes yderside, som tilføres det bagvedliggende rum. Definitionen af sollystransmittansen er skitseret i Figur 16. Sollystransmittansen er afhængig af sollysets indfaldsvinkel. Værdien for sollystransmittansen opgives for vinkelret indfald af sollyset.

Metoden til at beregne ruders sollystransmittans fremgår af standarden EN 410 [5].

4.3 Total solenergitransmittans for ruder

Den totale solenergitransmittans også kaldet g-værdien betegnes med symbolet g og angiver hvor stor en del af solstrålingen, der rammer en rudes yderside, der tilføres det bagvedliggende rum. Når solstrålingen rammer ruden reflekteres en del af solstrålingen, en del absorberes i ruden og en del transmitteres direkte gennem ruden. Den solstråling, der absorberes i ruden, vil medføre en opvarmning af glaslagene i ruden. Det medfører, at en del af den absorberede solenergi bliver tilført det bagvedliggende rum ved varmestråling og konvektion. Som vist i Figur 17 er bidragene til g -værdien den direkte transmitterede solenergi og den del af den absorberede solenergi, der tilføres det bagvedliggende rum. Den totale solenergitransmittans er afhængig af solstrålingens indfaldsvinkel og skal opgives for vinkelret indfald af solstrålingen.



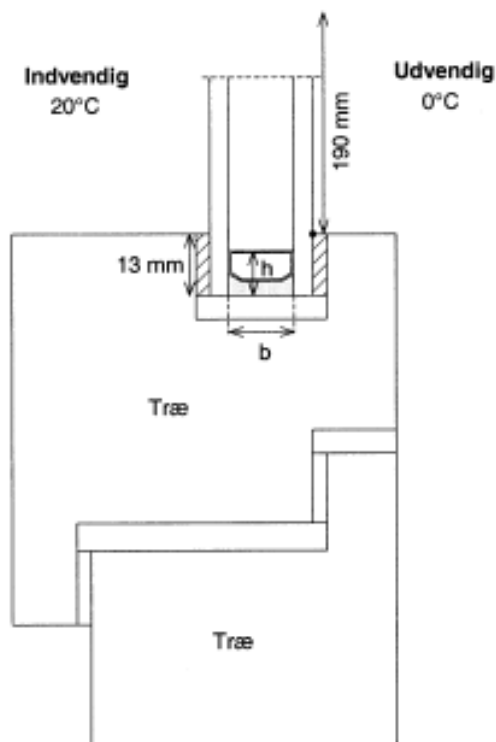
Figur 17. Bidrag til g -værdi for ruder opgives for vinkelret indfald af solstråling.

Metoden til at beregne ruders g -værdi fremgår af standarden EN 410 [5].

4.4 Ækvivalent varmeledningsevne af kantkonstruktionen

Kantkonstruktionen består af et afstandsprofil, tørremiddel og forseglingsmasser og er således som regel sammensat af flere materialer med forskellig varmeledningsevne. Til beskrivelse af kantkonstruktionens varmetekniske egenskaber indføres den ækvivalente varmeledningsevne, der betegnes med symbolet λ_k . Den ækvivalente varmeledningsevne benyttes således til at karakterisere den resulterende effekt af de forskellige dele i rudens kantkonstruktion. Ordet ækvivalent benyttes i denne sammenhæng for at pointere, at det ikke er kantkonstruktionens varmeledningsevne, men en varmeledningsevne der er repræsentativ for kantkonstruktionen.

Varmestrømmen gennem kantkonstruktionen er kompliceret, da kantkonstruktionen er sammensat af forskellige materialer. Ved at modellere kantkonstruktionen ved hjælp af detaljerede beregningsprogrammer kan varmemstrømmen Φ gennem kantkonstruktionen bestemmes ved givne randbetingelser. Den ækvivalente varmeledningsevne bestemmes ved i beregningsprogrammerne at erstatte kantkonstruktionen med et homogent materiale med samme geometri



Figur 18. Skitse der illustrerer DS 418 metoden til bestemmelse af den ækvivalente varmeledningsevne for kantkonstruktioner.

som kantkonstruktionen. Den ækvivalente varmeledningsevne er givet ved varmeledningsevnen af et homogent materiale, der giver anledning til den samme varmestrøm Φ gennem det homogene materiale og kantkonstruktionen ved de samme randbetingelser. Dvs. ved at erstatte kantkonstruktionen i ruden med det homogene materiale ændres ikke på linjetabet i samlingen mellem ruden og ramme-karmkonstruktionen.

Der findes flere beregningsprocedurer til bestemmelse af kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne. Til beregningerne af varmestrømmene kræves et 2-dimensionelt beregningsprogram.

Beregningsmetoden i DS 418 [2]

Kantkonstruktionen implementeres i en model for ramme/karmprofil (beskrevet i EN ISO 10077-2).

1) Den samlede varmestrøm gennem ramme/karmprofilet beregnes med den detaljerede kantkonstruktion indsat.

2) Kantkonstruktionen erstattes af en homogen klods. Klodsens varmeledningsevne ændres indtil den samlede varmestrøm er den samme som for beregningen med den detaljerede kantkonstruktion indsat. Herved er kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne fundet.

DS 418 metoden til bestemmelse af den ækvivalente varmeledningsevne er skitseret i Figur 18.

5 Vinduers energimærkningsdata

I det følgende beskrives de størrelser, der beskriver vinduers grundlæggende energimæssige egenskaber. Disse størrelser indgår i forbindelse med energimærkning af vinduer.

5.1 Varmetransmissionskoefficient for vinduer

Vinduers isoleringsevne beskrives ved varmetransmissionskoefficienten også kaldet U-værdien. U-værdien for vinduer betegnes med symbolet U og findes på baggrund af kendskab til U-værdien for ramme-karmkonstruktionen og ruden, samt kendskab til den lineære transmissionskoefficient. Den lineære transmissionskoefficient betegnes med symbolet Ψ_g og angiver det ekstra varmetab, der finder sted i samlingen mellem rude og ramme på grund af kuldebrovirkningen af rudens kantkonstruktion. U-værdien for vinduer bestemmes ved udtrykket:

$$U = \frac{A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g + A_r \cdot U_r}{A'}$$

Hvor

A_g er glasarealet [m^2].

l_g omkredsen af den synlige del af ruden [m].

A_r ramme-karmarealet [m^2].

A' vinduets areal [m^2].

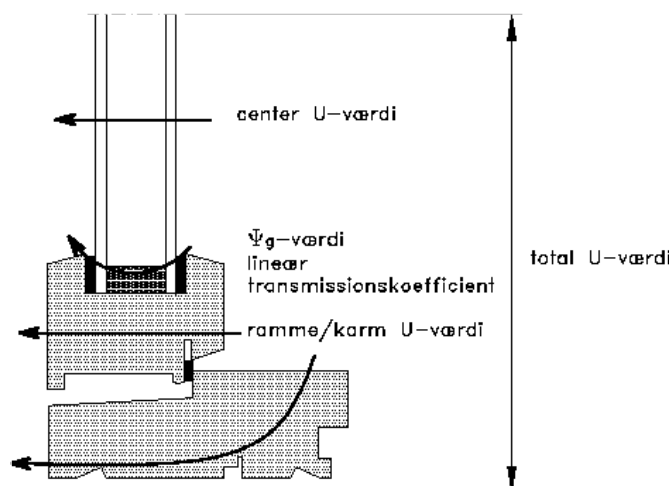
U_g varmetransmissionskoefficienten midt på ruden [W/m^2K].

Ψ_g den lineære transmissionskoefficient for rudens afstandsprofil [W/mK].

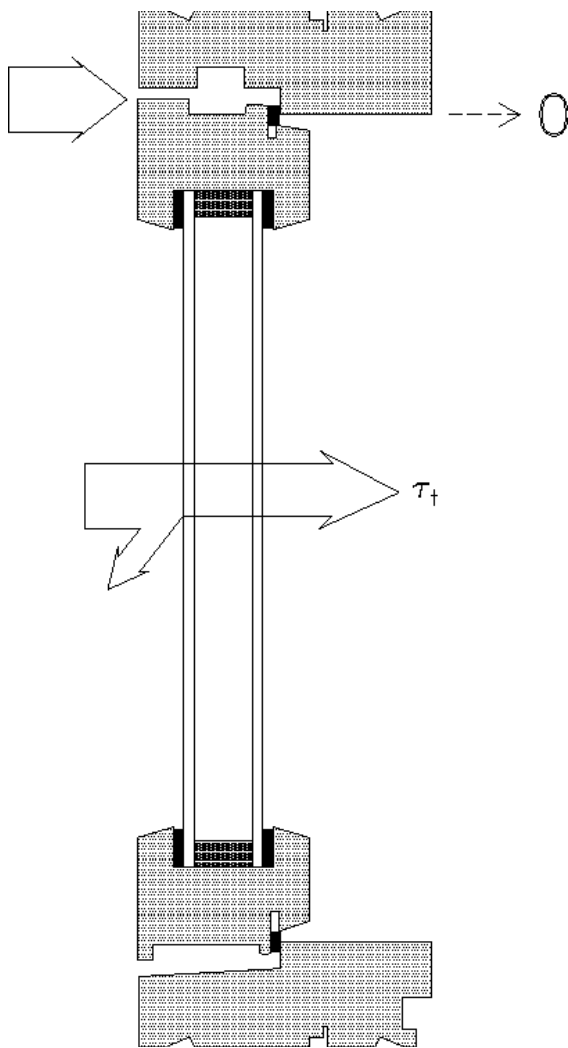
U_r varmetransmissionskoefficienten for ramme-karmarealet i [W/m^2K].

U-værdien for vinduet bestemmes således ud fra en arealvægtning af U-værdien for ruden og ramme-karmkonstruktionen mht. glasarealet og ramme-karmarealet samt et ekstra bidrag, der skyldes kuldebroen i samlingen mellem ruden og rammen. De enkelte bidrag til vinduets U-værdi er illustreret i Figur 19.

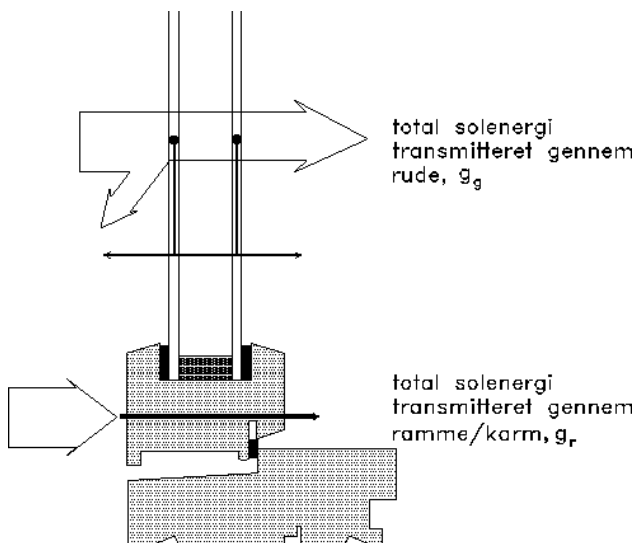
Den simple metode til at beregne vinduers varmetransmissionskoefficient fremgår af standarderne DS 418, 6. udgave[2] og EN ISO 10077-1:2000 [4].



Figur 19. Bidrag der indgår i U-værdien for vinduer.



Figur 20. Sollystransmittans for vinduer opgives for vinkelret indfald af sollyset.



Figur 21. Bidrag til g-værdi for vinduer opgives for vinkelret indfald af solstrålingen.

5.2 Sollystransmittans for vinduer

Sollystransmittansen τ_t angiver hvor stor en del af sollyset, der rammer et vindues yderside, som tilføres det bagvedliggende rum. Definitionen af sollystransmittansen er skitseret i Figur 20. Vinduets sollystransmittans findes som rudens sollystransmittans gange forholdet mellem glasarealet og vinduesarealet. Sollystransmittansen er afhængig af sollysets indfaldsvinkel og opgives for vinkelret indfald af sollyset.

Metoden til at beregne vinduers sollystransmittans fremgår af præstandarden ISO 15099 [6].

5.3 Total solenergitransmittans for vinduer

Den totale solenergitransmittans også kaldet g-værdien betegnes med symbolet g og angiver hvor stor en del af solstrålingen, der rammer et vindues yderside, der tilføres det bagvedliggende rum. g -værdien for et vindue afhænger af g -værdien for ruden, der indgår i vinduet, og absorptionen af solstråling i ramme-karmkonstruktionen. Den direkte transmitterede solstråling gennem vinduets glasareal, samt den del af solstrålingen, der absorberes i glasset og ramme-karmkonstruktionen, som tilføres det bagvedliggende rum udgør bidragene til g -værdien. Dette er illustreret i Figur 21. I detaljerede beregningsprogrammer kan der tages hensyn til alle tre bidrag ved bestemmelse af g -værdien. I praksis udgør den del af solstrålingen, der tilføres det bagvedliggende rum på grund af absorption i ramme-karmmaterialet, en meget lav værdi. Derfor kan vinduets g -værdi i praksis findes som rudens g -værdi gange forholdet mellem glasarealet og vinduesarealet. g -værdien for vinduer vil derfor være betydeligt lavere end for ruder. g -værdien er afhængig af solstrålingens indfaldsvinkel og skal opgives for vinkelret indfald af solstrålingen.

Metoden til at beregne vinduers g -værdi fremgår af præstandarden ISO 15099 [6].

6 Eksempler på ruders energimærkningsdata

I Tabel 4 er vist en oversigt over de mest almindelige rudetyper med almindeligt glas på markedet med angivelse af U-værdi, sollystransmittans og g-værdi.

Tabel 4. Oversigt over de mest almindelige ikke-solafskærmende rudetyper på markedet med angivelse af varmetransmissionskoefficient, sollystransmittans og total solenergitransmittans. Varmetransmissionskoefficienten er angivet for tre luftarter. Argon90 og krypton90 er en blanding af 90% argon hhv. krypton og 10% luft. Den totale solenergitransmittans er angivet i tilfældet med luftfyldning, men er næsten uafhængig af gasfyldningens type.

Rudetype Glastykkelse og afstande	Belægning Belagt overflade talt udefra	Varmetransmissionskoefficient	Sollystransmittans	Total Solenergitransmittans
		U_g	τ_t	g
mm	Position	W/m ² K		
		luft-argon90-krypton90		luft
Almindeligt floatglas				
4		5,8 -	0,90	0,86
4-12-4		2,9 - 2,7 -	0,82	0,76
4-12-4-12-4		1,9 - 1,8 -	0,74	0,68
Almindeligt floatglas + *energiglas (type 1, 2 eller 3)				
4-koblet- 4 (1)	3	1,8 -	0,75	0,71
4-12-4-koblet- 4 (1)	5	1,3 -	0,69	0,63
4-12- 4 (1)	3	1,9 - 1,6 - 1,5	0,75	0,71
4-15- 4 (1)	3	1,7 - 1,5 - 1,5	0,75	0,71
4-24- 4 (1)	3	1,7 - 1,5 - 1,5	0,75	0,71
4-12- 4 (2)	3	1,8 - 1,5 - 1,3	0,77	0,66
4-15- 4 (2)	3	1,6 - 1,3 - 1,3	0,77	0,66
4-24- 4 (2)	3	1,6 - 1,4 - 1,4	0,77	0,66
4-15- 4 (3)	3	1,4 - 1,1 - 1,1	0,75	0,63
6-15- 6 (2)	3	1,6 - 1,3 -	0,75	0,63
4* -15-4 (2)	2	1,6 -1,3 -	0,77	0,61
4-12-4-12- 4 (2)	5	1,4 - 1,1 -	0,70	0,59
4-15-4-15- 4 (3)	5	1,1 - 0,9 - 0,8	0,68	0,53
4* -12-4-12- 4 (3)	2 + 5	0,8 - 0,6 - 0,5	0,62	0,40

Energiglas er betegnelsen for glas med en emissivitet $\varepsilon < 0,2$

Energiglas type 1: Hård lavemissionsbelægning

Energiglas type 2: Blød lavemissionsbelægning $\varepsilon = 0,1$

Energiglas type 3: Blød lavemissionsbelægning $\varepsilon = 0,04$

I Tabel 5 er vist en oversigt over de mest almindelige rudetyper med solafskærmning på markedet med angivelse af U-værdi, sollystransmittans og g-værdi.

I Tabel 6 er den ækvivalente varmeledningsevne vist for nogle forskellige typer af kantkonstruktioner.

Tabel 5. Oversigt over de mest almindelige solafskærmende rudetyper på markedet med angivelse af varmetransmissionskoefficient, sollystransmittans og total solenergitransmittans. Varmetransmissionskoefficienten er angivet for tre luftarter. Argon90 og krypton90 er en blanding af 90% argon hhv. krypton og 10% luft. Den totale solenergitransmittans er angivet i tilfældet med luftfyldning, men er næsten uafhængig af gasfyldningens type.

Rudetype Glasykkelse og afstande	Belægning Belagt overflade talt udefra	Varmetransmissionskoefficient	Sollystransmittans	Total Solenergitransmittans
		U_g	τ_t	g
Mm	Position	W/m^2K		
		luft-argon90-krypton90		luft
Solafskærmende glas (gennemfarvet) + *energiglas (2)				
6 grå-15- [*] 6 (2)	3	1,6 - 1,3 -	0,36	0,37
6 grøn-15- [*] 6 (2)	3	1,6 - 1,3 -	0,63	0,39
Solafskærmende glas (belagt) + *energiglas (2)				
6 silver-15- [*] 6 (2)	3	1,5 - 1,3 -	0,17	0,17
6 blå-15- [*] 6 (2)	3	1,5 - 1,3 -	0,26	0,22
6 grå-15- [*] 6 (2)	3	1,5 - 1,3 -	0,27	0,27
Solafskærmende glas (belagt inkl. energibelægning) + almindeligt floatglas (eller *energiglas (2))				
4 klar-15-4	2	1,4 - 1,1 -	0,65	0,44
6 klar-15-6	2	1,4 - 1,1 -	0,65	0,44
6 neutral-15-6	2	1,6 - 1,3 -	0,54	0,44
6 silver-15-6	2	1,4 - 1,1 -	0,41	0,27
6 klar-15- [*] 6 (2)	2 + 3	- 1,1 - 1,1	0,61	0,39
6 klar-12-4-12- [*] 6 (2)	2 + 5	- 0,8 - 0,6	0,55	0,36
Solafskærmende glas (gennemfarvet) + solafskærmende glas (belagt inkl. energibelægning)				
6 grå-15-klar 4	3	1,4 - 1,1 -	0,31	0,30
6 grå-15-silver 6	3	1,4 - 1,1 -	0,20	0,22
6 grøn-15-klar 4	3	1,4 - 1,1 -	0,54	0,32
6 grøn-15-silver 6	3	1,4 - 1,1 -	0,35	0,23

Energiglas er betegnelsen for glas med en emissivitet $\varepsilon < 0,2$

Energiglas type 1: Hård lavemissionsbelægning

Energiglas type 2: Blød lavemissionsbelægning $\varepsilon = 0,1$

Energiglas type 3: Blød lavemissionsbelægning $\varepsilon = 0,04$

Tabel 6. Ækvivalent varmeledningsevne for forskellige afstandsprofil inklusiv forsejling ved en glasafstand på 12mm bestemt vha. Therm [12].

Den ækvivalente varmeledningsevne for kantkonstruktioner bestemmes som beskrevet i DS 418, 6. udgave, annek I [2]

Type afstandprofil	Ækvivalent Varmeledningsevne λ_K [W/mK]
Aluminiumsprofil	2,7
Stål	2,1
Rustfrit stål	0,71
PVC/rustfrit stål	0,31

7 Eksempler på vinduers energimærkningsdata

I Tabel 7 er U-værdien for flere typiske ramme-karmkonstruktioner vist.

I Tabel 8 er den lineære transmissionskoefficient opgivet for forskellige afstandsprofiler.

En mere præcis bestemmelse af ramme-karmkonstruktionens U-værdi og den lineære transmissionskoefficient kræver en detaljeret beregning af det aktuelle afstandsprofil.

Tabel 7. Varmetransmissionskoefficienter for typiske ramme-karmkonstruktioner ifølge DS 418, 6. udgave [2]

Materiale	Beskrivelse	Varmetransmissionskoefficient U _r -værdi [W/m ² K]
Træ	30 mm ramme-karmtykkelse, fyr eller gran	2,3
	85 mm ramme-karmtykkelse, fyr eller gran	1,6
	135 mm ramme-karmtykkelse, fyr eller gran	1,2
Plast	PUR-profiler	2,6
	2-kammer PVC-profiler	2,1
	3-kammer PVC-profiler	1,9
Metal	Profiler uden brudt kuldebro	5,9
	Profiler med brudt kuldebro	Beregnes

Tabel 8. Den lineære transmissionskoefficient (Ψ_g) for afstandsprofiler af aluminium eller almindeligt stål i afhængighed af rudens U-værdi ifølge DS 418, 6. udgave [2]

Rudens U-værdi	Lineær transmissionskoefficient, Ψ_g
W/m ² K	W/mK
1,0 – 1,2	0,10
2,7 – 3,0	0,07

8 Ruders energitilskud og energiklassifikation

For at kunne vurdere ruders samlede energimæssige egenskaber, er det nødvendigt, at se på rudernes energibalance, som afhænger af U-værdien og g-værdien. En simpel metode til at vurdere ruders energitilskud til bygningen de sidder i beskrives nedenfor.

8.1 Tilført solenergi

Den tilførte solenergi er den solenergi, der transmitteres gennem ruden til det bagvedliggende rum.

Beregning af den tilførte solenergi kræver kendskab til størrelsen af solstrålingen, der rammer ruden. Derudover skal rudens totale solenergitransmittans kendes som funktion af indfaldsvinklen. Den totale solenergitransmittans for vinkelret solindfald fremgår af rudens energimærkning i form af g-værdien.

Den tilførte solenergi bestemmes for fyringssæsonen ud fra klimadata fra det danske referenceår DRY [10]. Programmet SolDia [8] benyttes til at beregne solindfaldet på rudens yderside fordelt på direkte, diffus og reflekteret solstråling for en vilkårlig orientering af ruden. Ud fra kendskab til rudens totale solenergitransmittans bestemmes den tilførte solenergi til det bagvedliggende rum. Den tilførte solenergi er korrigeret for den totale solenergitransmittans afhængighed af indfaldsvinklen, men er ikke korrigeret for nære eller fjerne skygger. Ikke hele den tilførte solenergi kan udnyttes til opvarmning af bygningen, hvilket omtales i kapitel 10.

8.2 Varmetab

Rudens varmetab bestemmes på baggrund af rudens U-værdi, der fremgår af rudens energimærkning.

Varmetabet i fyringssæsonen bestemmes ud fra klimadata fra det danske referenceår DRY [10]. Temperaturen inde i bygningen sættes til 20°C. Varmetabet pr. m² bestemmes som temperaturforskellen mellem inde og ude gange U-værdien for ruden.

8.3 Energitilskud

En rudes energitilskud til bygningen er den tilførte energi fra solindfaldet, som transmit-

teres ind i bygningen minus varmetabet ud gennem ruden. Energitilskuddet for en rude afhænger derfor af både rudens U-værdi og g-værdi og er således en størrelse, som kan indikere om ruden yder et positivt eller negativt bidrag til bygningens varmebalance. Et positivt energitilskud betyder, at ruden i fyringssæsonen netto giver en tilførsel af energi til bygningens opvarmning.

Energitilskuddet for forskellige ruder er interessant i tilfælde, hvor der er tale om en udskiftning af ruder i eksisterende vinduer, og i situationer hvor man ønsker at vælge en rude til brug i en vindueskonstruktion.

For at bestemme energitilskuddet skal solindfaldet ved den aktuelle orientering samt antallet af gradtimer i fyringsperioden benyttes. På basis af referenceåret DRY [10] bestemmes solindfaldet for orienteringerne nord, syd og øst/vest, samt antallet af gradtimer i fyringssæsonen. Solindfaldet korrigeres for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen. Det beregnede korrigerede solindfald for lodrette vinduer, samt antallet af gradtimer er vist i Tabel 9

Tabel 9. Korrigeret solindfald ved forskellige orienteringer samt gradtimer i fyringssæsonen.

Orientering	Korrigeret solindfald I_{kor} [kWh/m ²]	Gradtimer G [kKh]
Nord	104,5	90,36
Syd	431,4	90,36
Øst/vest	232,1	90,36

Ud fra værdierne i Tabel 9 kan energitilskuddet E for en bestemt rude i en given orientering bestemmes som:

$$E = I_{kor} \cdot g - G \cdot U \quad [\text{kWh/m}^2]$$

hvor

- g Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling
- U Varmetransmissionskoefficient for rudens midte
- I_{kor} Solindfald korrigeret for g-værdiens afhængighed af indfaldsvinklen
- G Gradtimer i fyringssæsonen baseret på indetemperatur på 20 °C

Metoden til bestemmelse af det korrigerede solindfald og antallet af gradtimer er yderligere beskrevet i appendiks B.

8.4 Klassifikation af ruder

For at gøre det mere overskueligt, hurtigt at vurdere ruders energimæssige egenskaber, er der indført en klassifikation af ruder på basis af deres energitilskud. Klassifikationen tjener primært det formål at karakterisere ruder ved et enkelt symbol på en retvisende måde.

For at opnå et entydigt sammenligningsgrundlag baseres klassifikationen af ruder på energitilskuddet til et referencehus med følgende vinduesfordeling:

Nord:	26 %
Syd:	41 %
Øst/vest:	33 %

Det samlede energitilskud fra alle husets vinduer beregnes ved at vægte energitilskuddet fra de tre orienteringer. Der regnes med en skyggefaktor på $F_s = 0,7$, hvilket iflg. SBI- anvisning 184 [7] svarer til 10° horisontalafskæring og lille tagudhæng. Solenergitransmittansen g korrigeres med hensyn til skyggefaktoren F_s :

$$g_{\text{kor}} = g \cdot F_s$$

Energitilskuddet til referencehuset for en given rude beregnes således ved:

$$\begin{aligned} E_{\text{reference}} &= E_{\text{nord}} + E_{\text{syd}} + E_{\text{øst/vest}} \\ E_{\text{reference}} &= 0,26 \cdot (104,5 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U) + \\ &\quad 0,41 \cdot (431,4 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U) + \\ &\quad 0,33 \cdot (232,1 \cdot 0,7 \cdot g - 90,36 \cdot U) \end{aligned}$$

som samles til:

$$E_{\text{reference}} = 196,4 \cdot g - 90,36 \cdot U$$

Denne formel danner grundlaget for energiklassifikationen.

For at forenkle og tydeliggøre energimærkingen af ruder, omformes den eksakte værdi for energitilskuddet til en af energiklasserne A, B eller C som vist i Tabel 10.

Til opvarmningsdominerede boliger er ruder i energiklasse A altså de energimæssigt bedste. Klassifikationen bør kun anvendes i forbindelse med valg af ruder til opvarmningsdominerede bygninger. I f.eks. kontorbyggerier, hvor der ofte er stor intern varmeproduktion, kan ruder med stort energitilskud give anledning til overtemperaturer. En rude i energiklasse A er derfor ikke at foretrække her. Klassifikationen er således ikke egnet til valg af ruder i kontorbyggeri.

Ruder med energitilskud mindre end 0 kWh/m² klassificeres ikke. Klassificeringen baseres på U- og g-værdier for ruder med en glasafstand på 15 mm uanset at den faktiske glasafstand er anderledes.

Rudens energiklasse mærkes af producenten i rudens afstandsprofil.

Tabel 10. Energiklassifikation af ruder

Energiklasse	Grænseværdier
A	Energitilskud større end 20,0 kWh/m ²
B	Energitilskud større end 10,0 kWh/m ² til og med 20,0 kWh/m ²
C	Energitilskud større end 0,0 kWh/m ² til og med 10,0 kWh/m ²

8.5 Diagrammer med energitilskud

I appendiks B er der beskrevet en simpel metode til at vurdere forskellige ruders energitilskud ved forskellige orienteringer. Metoden udnytter diagrammer, der giver energitilskuddet ud fra kendskab til rudernes orientering, U-værdi og g-værdi. Der er lavet diagrammer for lodrette og skrå (45 ° hældning) ruder orienteret mod hhv. nord-, syd- og øst/vest, samt et diagram for vandrette ruder. Linier med konstant energitilskud er indtegnet med angivelse af energitilskuddets størrelse. Som eksempel kan energitilskuddet for en rude med U-værdi 1,1 W/m²K og g-værdi 0,59 aflæses i Figur 22. Ved at gå ind på den vandrette akse ved 1,1 og den lodrette akse ved 0,59 fremkommer et punkt i diagrammet. Fra dette punkt følges linierne for konstant energitilskud, og et energitilskud på 172 kWh/m² aflæses.

I diagrammerne er der ikke taget hensyn til nære eller fjerne skygger og udnyttelsesgraden for den transmitterede solstråling. En simpel korrektion for skygger kan foretages ved at gange rudens g-værdi med skyggekorrrektionsfaktoren F_s , hvorved der fremkommer en korrigeret g-værdi. Energitilskuddet i tilfælde med skygger findes ved at benytte den korrigerede g-værdi ved aflæsning i diagrammerne. Den korrigerede g-værdi for en rude mht. skygger kan bestemmes af udtrykket

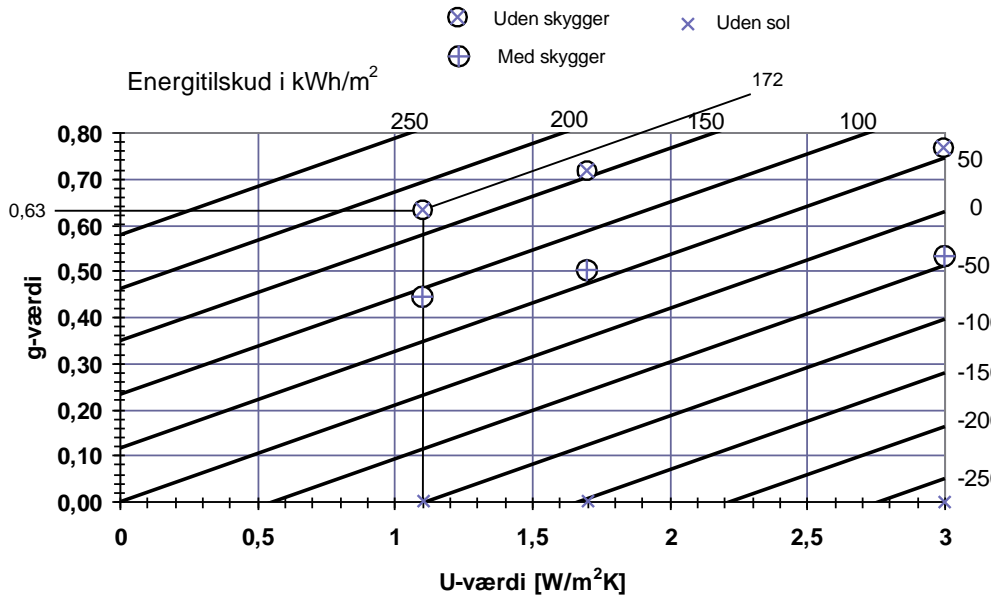
$$g_{\text{kor}} = g \cdot F_s$$

hvor g er g-værdien for vinkelret indfald af solstråling.

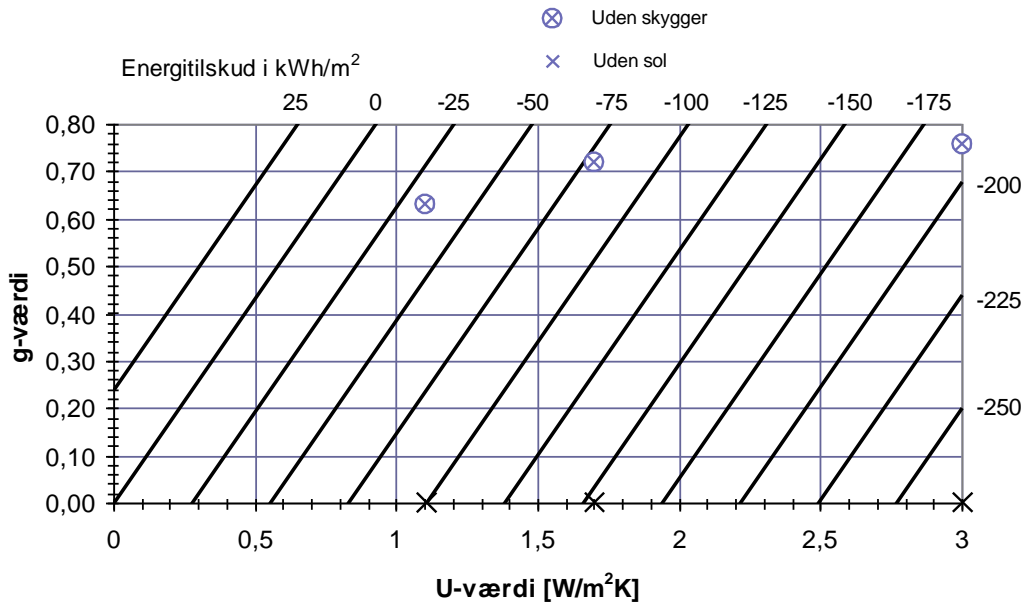
Skyggefaktoren F_s kan vurderes vha. SBI-anvisning 184 [7]. Ikke hele den transmitterede solstråling kan udnyttes til opvarmning. Den del af den transmitterede solstråling, der kan udnyttes til opvarmning findes vha. udnyttelsesgraden. I boliger vil udnyttelsesgraden og effektiviteten af boligens opvarmningssystem (oliefyr, naturgasfyr o.a.) antage omtrent samme størrelse (omkring 90 %). Det betyder at udnyttelsesgraden for den transmitterede solstråling og effektiviteten af opvarmningssystemet vil gå ud mod hinanden. Energitilskuddet fundet efter en eventuelt skyggekorrrektion vil således direkte kunne bruges til at vurdere energiforbruget til opvarmning.

Varmetabet gennem forskellige ruder kan findes ud fra rudens U-værdi ved at bestemme energitilskuddet uden solstråling, det vil sige $g = 0$. Den transmitterede solstråling for forskellige ruder kan findes ud fra rudens g-værdi ved at bestemme energitilskuddet uden varmetab, det vil sige $U=0$.

Den økonomiske besparelse ved at udskifte ruderne i eksisterende vinduer kan vurderes ved at bestemme energitilskuddet før og efter udskiftningen. Forskellen i energitilskud er et udtryk for den energi, der spares pr. m² rude. I bygninger der opvarmes med olie eller naturgas svarer en besparelse på 1 kWh til en besparelse på ca. 0,101 liter olie eller ca. 0,092 m³ naturgas. Olieprisen hhv. naturgasprisen er ca. 5,6 kr/l hhv. 6,0 kr/m³ (marts 2000). De aktuelle priser på olie og naturgas kan oplyses fra det benyttede forsyningsselskab. I områder med fjernvarme kan den økonomiske besparelse ikke vurderes generelt, og der henvises til det lokale forsyningsselskab.



Figur 22 Energitilskud i fyringssæsonen for tre rudetyper ($U_g/g = 3,0/0,76; 1,7/0,72; 1,1/0,63$) placeret lodret med orientering mod syd. Energitilskuddet er angivet uden skygger, med skygger og uden sol.



Figur 23 Energitilskud i fyringssæsonen for tre rudetyper ($U_g/g = 3,0/0,76; 1,7/0,72; 1,1/0,63$) placeret lodret med orientering mod nord. Energitilskuddet er angivet uden skygger og uden sol.

Tabel 11. Energitilskud og energibesparelse i forhold til den gamle 2-lagsrude for sydvendte ruder uden skygger. Energitilskuddet er aflæst i Figur 22.

	U_g [W/m ² K]	g	Energitilskud [kWh/m ²]	Energi- besparelse [kWh/m ²]
GL 2-lag	3,0	0,76	57	-
LE-I 2-lag	1,7	0,72	157	100
LE-II 2-lag	1,1	0,63	172	116

Tabel 12. Energitilskud og energibesparelse i forhold til den gamle 2-lagsrude for sydvendte ruder med skygger ($F_s=0,7$). Energitilskuddet er aflæst i Figur 22.

	U_g [W/m ² K]	$g_{\text{korrigeret}}$	Energitilskud [kWh/m ²]	Energi- besparelse [kWh/m ²]
GL 2-lag	3,0	0,53	-42	-
LE-I 2-lag	1,7	0,50	64	105
LE-II 2-lag	1,1	0,44	91	132

Tabel 13. Energitilskud og energibesparelse i forhold til den gamle 2-lagsrude for nordvendte ruder uden skygger. Energitilskuddet er aflæst i Figur 23.

	U_g [W/m ² K]	g	Energitilskud [kWh/m ²]	Energi- besparelse [kWh/m ²]
GL 2-lag	3,0	0,76	-192	-
LE-I 2-lag	1,7	0,72	-78	113
LE-II 2-lag	1,1	0,63	-34	158

Tabel 14. Energitilskud uden sol for ruderne i eksempel 8.1. Energitilskuddet uden sol svarer til varmetabet for ruderne. Aflæst i Figur 22 eller Figur 23.

	U_g [W/m ² K]	Energitilskud uden sol [kWh/m ²]
GL 2-lag	3,0	-271
LE-I 2-lag	1,7	-154
LE-II 2-lag	1,1	-99

I det følgende gives 2 eksempler på brugen af diagrammerne. I eksempel 8.1 vurderes forskellige ruders energitilskud til boligen og besparelsen i forhold til en gammel 2-lags rude. I eksempel 8.2 bestemmes varmetabet for ruderne vurderet i eksempel 8.1.

Eksempel 8.1

Det er ønsket at bruge ovennævnte diagrammer til at vurdere energitilskuddet for tre forskellige ruder og energibesparelsen ved rudeudskiftning. Den første af de undersøgte ruder er en gammel to-lags termorude (GL). De to andre ruder er to-lags energiruder med argon i glasmellemrummene. Energiruderne betegnes LE-I og LE-II og har lavemissionsbelægning med forskellig emissivitet. Det er ønsket at finde ruderens energitilskud i et nordvendt og et sydvendt tilfælde uden skygger og et sydvendt tilfælde med skygger. I tilfældet med skygger antages ruden at være placeret med fri horisont, normalt indbygget i murhullet med et stort udhæng.

Benyttes SBI-anvisning 184 [7] eller SBI-anvisning 189 [24] findes skyggekorrektionsfaktoren til $F_s=0,7$. I Tabel 11 er energitilskuddet og energibesparelsen for lodrette, sydvendte ruder vist uden skygger. I Tabel 12 er energitilskuddet og energibesparelsen for lodrette, sydvendte ruder vist med skygger. I Tabel 13 er energitilskuddet og energibesparelsen for lodrette, nordvendte ruder vist uden skygger.

Eksempel 8.2

Varmetabet for de forskellige ruder vurderes vha. diagrammerne. Varmetabet aflæses ud fra rudens U -værdi med $g=0$, hvilket svarer til at der ikke er nogen transmitteret solstråling. Varmetabet er uafhængigt af orienteringen og kan således aflæses både i Figur 22 og Figur 23. Energitilskuddet uden sol er vist i Tabel 14.

9 Vinduers energitilskud

Som for ruder beskrives i det følgende en simpel metode til at vurdere vinduers energitilskud til bygningen de sidder i. Det er nødvendigt at se på vinduernes energibalance for at kunne vurdere vinduers samlede energimæssige egenskaber ud fra U-værdien og g-værdien.

9.1 Tilført solenergi

Den tilførte solenergi er den solenergi, der transmitteres gennem vinduet til det bagvedliggende rum.

Beregning af den tilførte solenergi kræver kendskab til størrelsen af solstrålingen, der rammer vinduet. Derudover skal vinduets totale solenergitransmittans kendes som funktion af indfaldsvinklen. Den totale solenergitransmittans for vinkelret indfald fremgår af vinduets energimærkning i form af g-værdien.

Den tilførte solenergi bestemmes for fyringssæsonen ud fra klimadata fra det danske referenceår DRY [10]. Programmet SolDia [8] benyttes til at beregne solindfaldet på vinduets yderside fordelt på direkte, diffus og reflekteret solstråling for en vilkårlig orientering af vinduet. Ud fra kendskab til vinduets totale solenergitransmittans bestemmes den tilførte solenergi til det bagvedliggende rum. Den tilførte solenergi er korrigeret for den totale solenergitransmittans afhængighed af indfaldsvinklen, men er ikke korrigeret for nære eller fjerne skygger. Ikke hele den tilførte solenergi kan udnyttes til opvarmning af bygningen, hvilket omtales i kapitel 10.

9.2 Varmetab

Vinduets varmetab bestemmes på baggrund af vinduets U-værdi, der fremgår af vinduets energimærkning. Varmetabet i fyringssæsonen bestemmes ud fra klimadata fra det danske referenceår DRY [10]. Temperaturen inde i bygningen sættes til 20°C. Varmetabet pr. m² bestemmes som temperaturforskellen mellem inde og ude gange U-værdien for vinduet.

9.3 Energitilskud

Et vindues energitilskud til bygningen er den tilførte energi fra solindfaldet, som transmitteres ind i bygningen minus varmetabet ud

gennem vinduet. Energitilskuddet for et vindue afhænger derfor af både vinduets U-værdi og g-værdi og er således en størrelse, som kan indikere om vinduet yder et positivt eller negativt bidrag til bygningens varmebalance. Et positivt energitilskud betyder, at vinduet i fyringssæsonen netto giver en tilførsel af energi til bygningens opvarmning.

Energitilskuddet for forskellige vinduer kan benyttes i tilfælde hvor man ønsker at udskifte vinduer i eksisterende byggeri og i tilfælde hvor man ønsker at vælge den rette type vinduer til brug i nybyggeri. Energitilskuddet kan også benyttes til at vurdere forskellige vindues konstruktioner i forhold til hinanden med henblik på produktion.

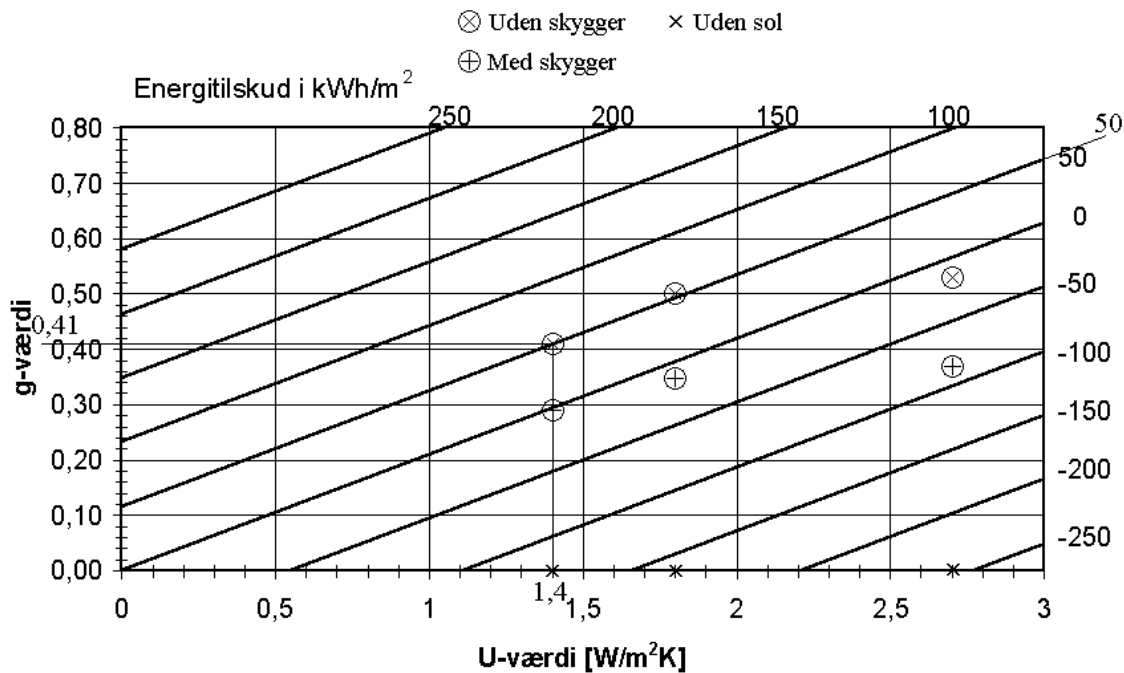
9.4 Diagrammer med energitilskud

Bagest i kompendiet i appendiks B er ovennævnte princip benyttet til at udvikle en simpel metode til at vurdere vinduers energitilskud. Metoden udnytter diagrammer, der giver energitilskuddet ud fra kendskab til vinduernes orientering, U-værdi og g-værdi. Der er lavet diagrammer for lodrette og skrå (45 ° hældning) vinduer orienteret mod hhv. nord-, syd- og øst/vest, samt et diagram for vandrette vinduer. Linier med konstant energitilskud er indtegnet med angivelse af energitilskuddets størrelse. Som eksempel kan energitilskuddet for et vindue med U-værdi 1,4 W/m²K og g-værdi 0,41 aflæses i Figur 24. Ved at gå ind på den vandrette akse ved 1,4 og den lodrette akse ved 0,41 fremkommer et punkt i diagrammet. Fra dette punkt følges linierne for konstant energitilskud, og et energitilskud på 50 kWh/m² aflæses.

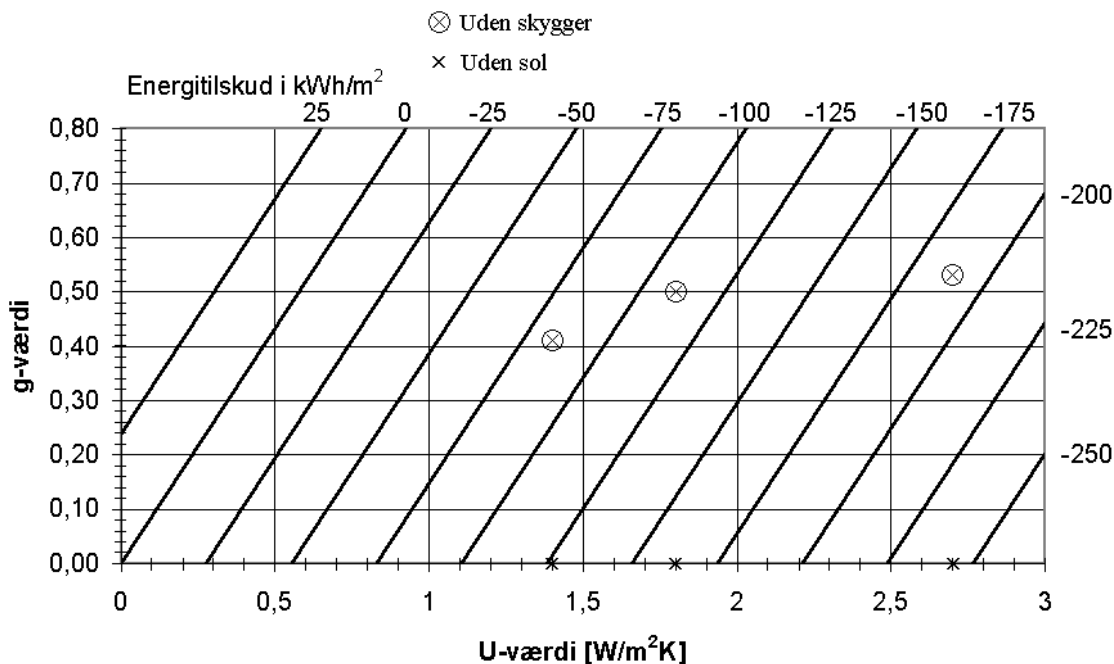
I diagrammerne er der ikke taget hensyn til nære eller fjerne skygger og udnyttelsesgraden for den transmitterede solstråling. En simpel korrektion for skygger kan foretages ved at gange vinduets g-værdi med en skyggekorrektionsfaktor F_s , hvorved der fremkommer en korrigeret g-værdi. Energitilskuddet findes ved at benytte den korrigerede g-værdi ved aflæsning i diagrammerne. Den korrigerede g-værdi for et vindue mht. skygger kan bestemmes af udtrykket

$$g_{\text{korrigeret}} = g \cdot F_s$$

hvor g er g-værdien for vinkelret solindfald. Skyggefaktoren F_s kan vurderes vha. SBI-anvisning 184 [7].



Figur 24. Energitilskud i fyringssæsonen for tre vinduestyper ($U/g = 2,7/0,53$; $1,8/0,50$; $1,4/0,41$) placeret lodret med orientering mod syd. Energitilskuddet er angivet uden skygger, med skygger og uden sol.



Figur 25. Energitilskud i fyringssæsonen for tre vinduestyper ($U/g = 2,7/0,53$; $1,8/0,50$; $1,4/0,41$) placeret lodret med orientering mod nord. Energitilskuddet er angivet uden skygger og uden sol.

Ikke hele den transmitterede solstråling kan udnyttes til opvarmning. Den del af den transmitterede solstråling, der kan udnyttes til opvarmning findes vha. udnyttelsesgraden

I boliger vil udnyttelsesgraden og effektiviteten af boligens opvarmningssystem (oliefyr, naturgasfyr o.a.) antage omtrent samme størrelse (omkring 90%). Det betyder at

udnyttelsesgraden for den transmitterede solstråling og effektiviteten af opvarmningssystemet vil gå ud mod hinanden. Energitilskuddet fundet efter en evt. Skyggekorrektion vil således direkte kunne bruges til at vurdere energiforbruget til opvarmning.

Varmetabet gennem forskellige vinduer kan findes ud fra vinduets U-værdi ved at bestemme energitilskuddet uden solstråling dvs. $g=0$. Den transmitterede solstråling for forskellige vinduer kan findes ud fra vinduets g-værdi ved at bestemme energitilskuddet uden varmetab dvs. $U=0$.

Normalt indbyggede vinduer med et stort udhæng har en skyggekorrrektionsfaktor på $F_s=0,7$.

Den økonomiske besparelse ved at udskifte vinduer kan vurderes ved at bestemme energitilskuddet før og efter udskiftningen. Forskellen i energitilskud er et udtryk for den energi, der spares pr. m^2 vindue. I bygninger der opvarmes med olie eller naturgas svarer en besparelse på 1 kWh til en besparelse på ca. 0,1 liter olie eller ca. 0,1 m^3 naturgas. Olieprisen hhv. naturgasprisen er ca. 6,0 kr/l hhv. 6,3 kr/ m^3 (marts 2000). De aktuelle priser på olie og naturgas kan oplyses fra det benyttede forsyningsselskab. I områder med fjernvarme kan den økonomiske besparelse ikke vurderes generelt, og der henvises til det lokale forsyningsselskab.

Herunder gives 2 eksempler på brugen af diagrammerne. I eksempel 9.1 vurderes forskellige vinduers energitilskud til boligen og besparelsen i forhold til et vindue med en gammel 2-lags rude. I eksempel 9.2 bestemmes varmetabet for vinduerne vurderet i eksempel 9.1.

Eksempel 9.1

Det er ønsket at bruge ovennævnte diagrammer til at vurdere energitilskuddet for tre forskellige vinduer og energibesparelsen ved vinduesudskifning. Det første af de undersøgte vinduer har en gammel to-lags termorude. De to andre vinduer (type I og type II) har to-lags energiruder med argon i glasmellemrummene. Energiruderne har lavemissionsbelægning med forskellig emissivitet. Det er ønsket at finde vinduernes energitilskud i et nordvendt og et sydvendt tilfælde uden skygger og et sydvendt tilfælde med skygger. I tilfældet med skygger antages vinduet at være placeret med fri horisont, normalt indbygget i murhullet med et stort udhæng.

Benyttes SBI-anvisning 184 [7] eller SBI-anvisning 189 [24] findes skyggekorrrektionsfaktoren til $F_s=0,7$. I Tabel 15 er energitilskuddet og energibesparelsen for lodret-

te, sydvendte vinduer vist uden skygger. I Tabel 16 er energitilskuddet og energibesparelsen for lodrette, sydvendte vinduer vist med skygger. I Tabel 17 er energitilskuddet og energibesparelsen for lodrette, nordvendte vinduer vist uden skygger.

Eksempel 9.2.

Varmetabet for de forskellige vinduer vurderes vha. diagrammerne. Varmetabet aflæses ud fra vinduets U-værdi med $g=0$, hvilket svarer til at der ikke er nogen transmitteret solstråling. Varmetabet er uafhængigt af orienteringen og kan således aflæses både i Figur 24 og Figur 25. Energitilskuddet uden sol er vist i Tabel 18.

Tabel 15. Energitilskud og energibesparelsen i forhold til vinduet med gammel termorude for sydvendte vinduer uden skygger. Aflæst i Figur 25.

	U [W/m ² K]	g	Energitilskud [kWh/m ²]	Energi- besparelse [kWh/m ²]
Gammel 2-lag	2,7	0,53	-16	-
Type I 2-lag	1,8	0,50	53	69
Type II 2-lag	1,4	0,41	50	66

Tabel 16. Energitilskud og energibesparelsen i forhold til vinduet med gammel termorude for sydvendte vinduer med skygger ($F_s=0,7$). Aflæst i Figur 25.

	U [W/m ² K]	$g_{\text{korrigeret}}$	Energitilskud [kWh/m ²]	Energi- besparelse [kWh/m ²]
Gammel 2-lag	2,7	0,37	-86	-
Type I 2-lag	1,8	0,35	-12	74
Type II 2-lag	1,4	0,29	-7	79

Tabel 17. Energitilskud og energibesparelsen i forhold til vinduet med gammel termorude for nordvendte vinduer uden skygger. Aflæst i Figur 24.

	U [W/m ² K]	g	Energitilskud [kWh/m ²]	Energi- besparelse [kWh/m ²]
Gammel 2-lag	2,7	0,53	-188	-
Type I 2-lag	1,8	0,50	-110	78
Type II 2-lag	1,4	0,41	-84	104

Tabel 18. Energitilskud uden sol for vinduerne i eksempel 9.1. Energitilskuddet uden sol svarer til varmetabet for vinduerne. Aflæst i Figur 25 eller Figur 24.

	U [W/m ² K]	Energitilskud uden sol [kWh/m ²]
Gammel 2-lag	2,7	-244
Type I 2-lag	1,8	-163
Type II 2-lag	1,4	-126

10 Opvarmningsbehov

Det samlede varmetab i bygninger dækkes af varmeanlæg, intern varmeproduktion og tilført solenergi. Den interne varmeproduktion stammer fra personer, elektrisk udstyr mm.

Muligheden for at udnytte den tilførte solenergi til opvarmning er afhængig af den interne varmeproduktion, samt bygningens varmekapacitet. I bygninger med stor intern varmeproduktion f.eks. kontorer, vil opvarmningsbehovet i store perioder af året blive dækket af den interne varmeproduktion alene. I sådanne tilfælde er en stor tilførsel af solenergi uønsket, da det giver anledning til for høje indetemperature. I bygninger med stor intern varmeproduktion kan den tilførte solenergi således ikke udnyttes i samme grad som i bygninger med lav intern varmeproduktion. Bygninger med stor varmekapacitet kan lagre varme i bygningskonstruktionerne. Dette gør det muligt at lagre solenergi fra dagtimerne i bygningskonstruktionerne, der kan afgive energien om natten. Bygninger med stor varmekapacitet kan således bedre udnytte den tilførte solenergi til opvarmning.

I boliger haves en lav intern varmeproduktion, hvorfor den tilførte solenergi i fyringssæsonen næsten alt sammen kan udnyttes til opvarmning. I forskellige kontorer og erhvervsbyggerier kan den interne varmeproduktion være meget høj afhængig af hvilken aktivitet der udføres i bygningen. Dette medfører at den tilførte solenergi ikke kan udnyttes til opvarmning og derfor er uønsket. Derfor skal der benyttes vidt forskellige glastyper i ruderne alt efter om det er bolig-, erhvervs- eller kontorbyggeri, men dog altid energiglas.

10.1 Metoder til vurdering af ruder og vinduers indflydelse på energiforbruget

I det følgende omtales fire metoder til vurdering af ruder og vinduers indflydelse på bygningens energiforbrug. Metoderne rides kort op herunder.

- **Diagrammetoden.** Ved at udnytte diagrammerne omtalt i kapitel 8 og kapitel 9 kan energitilskuddet for ruder og vinduer med en bestemt orientering vurderes udfra U-værdien og g-værdien. For-

skellen i energitilskuddet for forskellige vinduer vil omtrent svare til besparelsen på opvarmningsbehovet under forudsætning af at skygger tages med i vurderingen og udnyttelsesgraden er høj.

- **Referencehusmetoden.** Ved at udnytte et referencehus kan energitilskuddet for forskellige vinduer vurderes udfra figur 34 bagest i kompendiet. Denne metode giver energitilskuddet for et typisk hus, men kan ikke benyttes hvis det betragtede hus ikke har en vis lighed med referencehuset. Desuden kræves at udnyttelsesgraden er høj. Referencehusmetoden bruges også til energimæssig klassificering af ruder som beskrevet i afsnit 8.4.
- **SBI-anvisning 184 og BV98 programmet.** Ved at beregne varmebehovet vha. metoden i SBI-anvisning 184 [7], der anvendes i programmet BV98, kan opvarmningsbehovet vurderes for en vilkårlig bygning. Metoden kræver en del inddata. Resultatet kan benyttes ved eftervisning af overholdelse af bygningens energiramme [19].
- **BSim2000.** Ved at benytte BSim2000 [20] kan en detaljeret model af bygningen opbygges og opvarmningsbehovet kan vurderes for forskellige ruder og vinduer. Metoden kræver megen inddata om både bygningskonstruktioner og systemer i bygningen.

10.2 Forenklede beregningsmetoder

Diagrammetoden

Energitilskuddet fra ruder og vinduer fundet udfra diagrammetoden omtalt i kapitlerne 8 og 9 er uafhængig af bygningens varmebalance og giver således ikke direkte udtryk for besparelsen af energi til opvarmning når forskellige ruder eller vinduer sammenlignes. Forskellen i energitilskuddet for forskellige vinduer vil omtrent svare til besparelsen på opvarmningsbehovet under forudsætning af at skygger tages med i vurderingen og udnyttelsesgraden er høj.

Metoden egner sig til hurtigt at vurdere energitilskuddet fra enkelte ruder og vinduer i tilfælde hvor kun én orientering indgår.

Hvis man ønsker, at bestemme energitilskuddet for en rude eller et vindue mere præcist, end det er muligt ved diagrammetoden, kan følgende formler, som ligger til grund for diagrammerne, anvendes.

$$E_{\text{Nord}} = (104,5 \cdot F_s \cdot g - 90,36 \cdot U)$$

$$E_{\text{Syd}} = (431,4 \cdot F_s \cdot g - 90,36 \cdot U)$$

$$E_{\text{Øst/vest}} = (232,1 \cdot F_s \cdot g - 90,36 \cdot U)$$

hvor

F_s er skyggekorrektionsfaktoren

g Total solenergitransmittans

U Varmetransmissionskoefficient

Referencehusmetoden

For at sammenligne forskellige ruder og vinduer i et almindeligt hus tages der udgangspunkt i et referencehus hvori ruder og vinduer kan udskiftes. Referencehuset vælges at være huset beskrevet i beregningseksemplet i DS 418, 6. udgave [2]. I referencehuset er der skygger fra tagudhæng og der benyttes en generel horisontafskæring på 10° .

For at kunne sammenligne forskellige vinduer i et typisk hus, er der svarende til referencehuset lavet et diagram, der giver det samlede energitilskud pr. vinduesareal for vinduer i referencehuset. Diagrammet er vist bagest i kompendiet i figur 34. I diagrammet er vinduernes energitilskud vægtet med hensyn til vinduernes arealer i referencehuset. For en korrekt aflæsning af energitilskuddet i referencehuset skal U -værdien og g -værdien, der benyttes til aflæsningen i diagrammet, være vægtet mht. glas- og vinduesarealerne for de forskellige vinduer i referencemodellen.

For at kunne udnytte diagrammet til at vurdere energitilskuddet i en anden bolig end referencehuset, må det sikres at vinduesfordelingen ikke afviger meget fra referencehusets fordeling, at skyggeforholdene er de samme og at udnyttelsesgraden er høj. Referencehuset har en vinduesfordeling givet ved:

nord: 26%
syd: 41%
øst/vest: 33%

Referencehusmetoden anvendes yderligere til den energimæssige klassifikation af ruder som beskrevet i afsnit 8.4. Formlen som ligger til grund for diagrammerne anvendes her direkte til bestemmelse af energitilskuddet for den aktuelle rude.

$$E_{\text{reference}} = 196,4 \cdot g - 90,36 \cdot U$$

SBI-anvisning 184 og BV98

En bedre vurdering af vinduernes indvirkning på opvarmningsbehovet kan for en given bygning vurderes ved at beregne varmebehovet ved hjælp af metoden i SBI-anvisning 184 [7]. Denne metode anvendes i programmet BV98 og kræver en del inddata, men er forholdsvis simpel at benytte.

Metoden udnytter data for bygningen til at bestemme varmetabet, internt varmetilskud og solindfald. For at vurdere størrelsen af den energibesparelse forskellige ruder og vinduer medfører, må det vurderes hvor stor en del af solenergien, der kan udnyttes til opvarmning. Udnyttelsesgraden udtrykker den andel af det interne varmetilskud og solindfald, der kan udnyttes til opvarmning, og bestemmes ud fra bygningens varmekapacitet, varmetab, intern varmetilskud og solindfald.

Eksempel 10.1

I SBI-anvisning 184 [7] er gennemgået to eksempler på beregning af bygningers opvarmningsbehov. Det ene eksempel er en etagebolig med middellette konstruktioner og intern varmeproduktion på 5 W/m^2 . Det andet eksempel er en administrationsbygning med middeltunge konstruktioner og intern varmeproduktion på 20 W/m^2 .

For begge bygninger er metoden i SBI-anvisning 184 [7] benyttet til at bestemme opvarmningsbehovet. Udfra beregningerne findes i perioden fra september til maj (fyrringssæsonen) at etageejendommen udnytter 90% af den tilførte solenergi til opvarmning, mens administrationsbygningen udnytter 85% af den tilførte solenergi til opvarmning. Udnyttelsesgraden for de to bygninger er vist i Tabel 19.

Tabel 19. Udnyttelsesgraden af den tilførte solenergi i etageejendom og administrationsbygning (eksempel fra SBI-anvisning 184 [7]).

	Etageejendom	Administrationsbygning
Udnyttelsesgrad	90%	85%

Af eksempel 10.1 ovenfor ses, at besparelsen på opvarmningsbehovet udgør en meget stor del af energitilskuddet.

10.3 Detaljerede beregningsmetoder

En detaljeret sammenligning af forskellige ruder og vinduer kan fås ved at benytte detaljerede beregningsprogrammer som f.eks. tsbi3 [13] eller Bsim2000 [20], der beregner en bygnings opvarmningsbehov ud fra en detaljeret model af bygningen.

Metoden kræver meget detaljeret inddata om både bygningskonstruktioner og systemer i bygningen.

10.4 Sammenligning af forenklede og detaljerede metoder

I eksempel 10.2 herunder er de forskellige

Tabel 20. Opvarmningsbehov og besparelse i forhold til vinduet med gammel termorude for referencehuset med forskellige vinduer fundet med tsbi3 [13].

	Opvarmningsbehov [kWh]	Besparelse [kWh]
Gammel 2-lag	10006	-
Type I 2-lag	8856	1150
Type II 2-lag	8474	1532

vinduestyper fra eksemplerne i kapitel 9 sammenlignet ved brug af referencehuset. Beregningerne for referencehuset er udført med tsbi3 [13] og diagrammet i figur 34 for referencehuset baseret på diagrammetoden.

Eksempel 10.2

Opvarmningsbehovet for referencehuset beregnes vha. tsbi3 [13], hvor vinduerne i bygningen er opbygget som vinduerne om-

Tabel 21. Energitilskud og ændring i energitilskud i forhold til vinduet med gammel termorude for referencemodellen med forskellige vinduer fundet med diagrammetoden.

	Energitilskud [kWh]	Ændring [kWh]
Gammel 2-lag	-2583	-
Type I 2-lag	-1298	1285
Type II 2-lag	-955	1628

talt i eksemplerne i kapitel 9. Opvarmningsbehovet og besparelsen i forhold til vinduet med gammel termorude er vist i Tabel 20.

Til sammenligning er det samlede energitilskud for vinduerne i referencehuset fundet vha. diagrammetoden for referencehuset baseret på diagrammetoden for de tre vinduestyper omtalt i eksemplerne i kapitel 9. Der er benyttet en skyggekorrektionsfaktor på 0,7, hvilket omtrent svarer til skyggerne angivet i tsbi3-modellen. Energitilskuddet og ændringen i energitilskud i forhold til vinduet med gammel termorude er vist i Tabel 21

Det ses af ovenstående eksempel 10.2, at ændringen i energitilskuddet fundet vha. diagrammerne ligger tæt på besparelsen fundet vha. den detaljerede model.

Diagrammetoden omtalt i kapitlerne 8 og 9 samt referencehusmetoden giver således et godt bud på den reelle besparelse på opvarmningsbehovet ved sammenligning af forskellige ruder og vinduer i bygninger med høj udnyttelsesgrad, når der tages hensyn til vinduesorientering og skygger.

11 Lys

Vinduers primære funktion er at tilføre lys og give mulighed for udsyn. Indfaldet af sollys påvirker behovet for kunstig belysning, og vinduer har således ikke kun indflydelse på opvarmningsbehovet.

Mængden af sollys, der transmitteres gennem vinduerne i et rum, afhænger af vinduernes placering, størrelse og sollystransmittans. Et vinduesareal, der svarer til ca. 10% (7% ved ovenlys) af gulvarealet, vil normalt give en tilstrækkelig tilgang af dagslys [1], og er i øvrigt et krav fra arbejdstilsynet til arbejdspladser.

Tilgangen af dagslys gennem vinduerne kan erstatte brugen af kunstig belysning og således medføre en besparelse af elforbruget til belysning. For at udnytte dagslysindfaldet vil der være behov for at kunne regulere den kunstige belysning afhængig af dagslysindfaldet.

Dagslysindfaldet indvirker på om det er behageligt at opholde sig i et rum. Dagslyset kan medvirke til, at lyset i et rum gør det behageligt at opholde sig der, men kan også have den modsatte effekt. Er der et stort dagslysindfald, og er vinduerne placeret uhensigtsmæssigt, kan sollyset give anledning til blanding eller ubehagelige refleksioner.

I overvejelserne i forbindelse med valg af vinduer bør udover energimæssige vurderinger således også indgå en vurdering af vinduernes indflydelse på belysningen i rummet.

Ordliste

Ordlisten er inddelt så ordene er forklaret i forbindelse med det kapitel hvori ordet indgår første gang.

Kapitel 1

Varmetransmissionskoefficient	Varmetransmissionskoefficienten angiver varmetabet gennem en konstruktion med arealet 1 m^2 ved en temperaturforskel på $1 \text{ }^\circ\text{C}$
Solstråling	Solstråling er den elektromagnetiske stråling, der udsendes fra solen. Bølgelængden for solstråling ligger i området 200nm til 8000nm. I praksis antages solstrålingen at dække et bølgelængdeområde fra 300nm til 3000nm, idet dette område indeholder over 98% af solstrålingens samlede energiindhold.
Sollys	Sollys er den synlige del af solstrålingen, dvs. bølgelængdeområdet fra 380nm til 780 nm

Kapitel 2

Varmedledning	Varmedledning er overførsel af energi ved tilfældige stød mellem et materiales molekyler
Konvektion	Ved konvektion overføres energien gennem bevægelse af en gas eller væske mellem et koldt og et varmt legeme
Varmestråling	Ved varmestråling overføres energien i form af elektromagnetisk stråling
Emissivitet	Emissiviteten af en overflade er bestemmende for overfladens evne til at udsende varmestråling. Jo lavere emissivitet, jo mindre varmestråling
Absorption	Absorption er optagelse af solstråling i et materiale, der medfører en opvarmning dette
Absorptans	Absorptans er et udtryk for hvor stor en del af energien i solstrålingen, der optages og medfører en opvarmning af materialet
Refleksion	Refleksion er tilbagekastning af solstråling fra et materiales overflade
Reflektans	Reflektans er et udtryk for hvor stor en del af energien i solstrålingen, der kastes tilbage fra materialets overflade
Soltransmission	Soltransmission er direkte passage af solstråling gennem glas
Soltransmittans	Soltransmittans er et udtryk for hvor stor en del af energien i solstrålingen, der passerer direkte gennem et glasset

Densitet	Densiteten er det samme som massefylde - et materiales masse pr. volumen
Dynamisk viskositet	Den dynamiske viskositet er et udtryk for hvor "sejt" en gas flyder
Varmeledningsevne	Varmeledningsevnen angiver et materiales evne til transportere varme ved ledning
Specifik varmekapacitet	Den specifikke varmekapacitet angiver forholdet mellem tilført energi og den derved fremkomne temperaturstigning for 1 kg af et materiale og er et udtryk for materialets evne til at lagre varme

Kapitel 8

Indfaldsvinkel	Indfaldsvinklen er vinklen mellem den direkte solstrålings retning og fladens normal, d.v.s. er en linje der står vinkelret på fladen
Direkte solstråling	Den direkte solstråling er den del af solstrålingen, der kommer direkte fra solen uden at være blevet spredt i atmosfæren
Diffus solstråling	Den diffuse solstråling er den del af solstrålingen, der spredes i atmosfæren og derfor ikke kommer direkte fra solskiven, men fra andre steder på himmelhvælvingen
Reflekteret solstråling	Den reflekterede solstråling er den del af solstrålingen, der rammer jordoverfladen og andre objekter og kastes tilbage herfra
Energibalance	En energibalance for en rude eller et vindue udtrykker forskellen mellem den energi der tilføres og tabes gennem ruden eller vinduet
Udnyttelsesgrad	Energi i form af tilført solenergi og intern varmeproduktion vil i perioder af året medføre for høje indetemperaturer, hvilket medfører øget behov for udluftning. Dette medfører, at en del af solenergien og den interne varmeproduktion går tabt og således ikke udnyttes. Udnyttelsesgraden er et udtryk for hvor stor en andel af den tilførte solenergi og den interne varmeproduktion, der udnyttes til opvarmning i fyringssæsonen

Kapitel 10

Energiramme	Energirammen for en bygning angives i bygningsreglementet som det maksimalt tilladte samlede årlige nettovarmebehov til opvarmning og ventilation pr. m ² opvarmet etageareal
-------------	--

Litteratur

- [1] *Håndbog om vinduer og energi. (R-016)*
Kirsten Engelund Thomsen, Jørgen M. Schultz, Svend Svendsen, Karsten Duer og Mikkel Kristian Kragh.
Institut for Bygninger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet, 1997
- [2] *DS 418, 6. udgave. Beregning af bygningers varmetab.*
Dansk Standard, 2002
- [3] *EN 673. Glass in building - determination of thermal transmittance (U value) - calculation method.*
- [4] *EN ISO 10077-1:2000. Thermal performance of windows, doors and shutters - calculation of thermal transmittance - part 1: Simplified method.*
- [5] *EN 410. Glass in building - determination of luminous and solar characteristics of glazing.*
- [6] *ISO/FDIS 15099. Windows and doors - thermal transmission properties - detailed calculations. 18. July 2001*
- [7] *Bygningers energibehov. SBI-anvisning 184.*
Statens byggeforskningsinstitut, 1995
- [8] *SolDia for windows 95*
Rafn Yngvi Rafnsson
Institut for Bygninger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet, 1998
- [9] *WIS reference manual*
Dick van Dijk og John Goulding (eds.)
TNO Building and Construction Research, Delft og University College Dublin
Oktober 1996
- [10] *Design Reference Year, DRY - et nyt dansk referenceår*
Jerry Møller Jensen og Hans Lund
Institut for Bygninger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet, 1995
- [11] *Glas i byggeriet. SBI-anvisning 192.*
Carl Axel Lorentzen
Statens byggeforskningsinstitut, 1999
- [12] *FRAMEplus TOOLKIT. User's manual*
Enermodal Engineering Limited,
Advanced Glazing System Laboratory
University of Waterloo, Canada 1995
- [13] *tsbi3. Edb-program til termisk simulering af bygninger og installationer*
Statens byggeforskningsinstitut, 1993
- [15] *Vedtægt for mærkningsordningen. Energimærkning af vinduer og ruder.*
April 2000
- [16] *Energimærkning. Tekniske bestemmelser for ruder. Januar 2008*

- [17] *Energimærkning. Tekniske bestemmelser for vinduer. April 2000*
- [18] *Window 4.1: A PC Program for Analyzing Window Thermal Performance in Accordance with Standard NFRC procedures (LBL report 35298)*
D. K. Arasteh et al.
Lawrence Berkeley National Laboratory, 1994
- [19] *Bygningsreglement*
Boligministeriet, Bygge- og Boligstyrelsen, 1995
- [20] *BSim2000. Edb-program til termisk simulering af bygninger og installationer*
Statens byggeforskningsinstitut, 2000
- [21] Energi 21, Regeringens energihandlingsplan 1996, Miljø- og Energiministeriet 1996.
- [22] KLIMA 2012, Status og perspektiver for dansk klimapolitik, Miljø- og Energi- ministeriet, marts 2000.
- [23] *THERM 2.1 finite element simulator*. University of California. 2000.
- [24] *Småhuse. Isolering. Fugt. Lyd. Brand. Ventilation. Styrke. SBI-anvisning 189*. Statens byggeforskningsinstitut, 1999.

Adresser

Adresse:	Kontaktpersoner:
DTU Byg Danmarks Tekniske Universitet Bygning 118, Brovej 2800 Kgs. Lyngby Tlf. 45 25 17 00 http://www.byg.dtu.dk/	Svend Svendsen (45 25 18 54) Toke Rammer Nielsen (45 25 18 60)
Energimærkningsordningens sekretariat TI Byggeri Teknologiparken 8000 Århus C Tlf. 72 20 11 22	Hans Nielsen Peter Vestergaard
Vinduesproducenternes Samarbejdsorganisation TI Byggeri Teknologiparken 8000 Århus C Tlf. 72 20 11 19	
Glasbranche Foreningen Gothersgade 160 1123 København K Tlf. 33 32 23 11 http://www.glasnet.dk/	
Glasindustriens Samarbejdsorganisation Naverland 2 2600 Glostrup Tlf. 43 46 63 23 http://www.glasindustrien.dk/gs	
Dansk Standard Kollegievej 6 2920 Charlottenlund Tlf. 39 96 61 02 http://www.ds.dk/	
By og Byg Postboks 119 Dr. Neergaards Vej 15 2970 Hørsholm Tlf. 45 86 55 33 http://www.by-og-byg.dk/	
Teknologisk Institut Teknologiparken Kongsvangs Alle 29 8000 Århus C Tlf. 72 20 10 00 http://www.teknologisk.dk/	Århus: Robert Knudsen, komponentcentret Taastrup: Lars Olsen Tommy Nielsen
Institut for Bygningsteknik Aalborg Universitet Sohngårdsholmsvej 57 9000 Aalborg Tlf. 96 35 85 39 http://www.civil.auc.dk/i6/	Henrik Brohus
Energistyrelsen Amaliegade 44 1256 København K Tlf. 33 92 67 00 http://www.ens.dk/	

A. Sammenfatning af energimærkningsordningen for ruder og vinduer

Energimærkningsordningen er etableret af brancheorganisationerne med støtte fra Energistyrelsen. Formålet med energimærkningsordningen er

- at give forbrugerne et dokumenteret retvisende grundlag for bedømmelse af de energimæssige egenskaber ved vinduer/yderdøre og ruder
- at tilskynde til øget anvendelse af komponenter med de bedste energi- og miljømæssige egenskaber

Endvidere er formålet med energimærkningsordningen at tilvejebringe et fælles grundlag for og efterprøvning af de tilsluttede virksomheders produktionskontrol, der skal sikre, at energimærkede vinduer og ruder opfylder de krav, der er angivet i ordningens gældende tekniske bestemmelser.

I energimærkningsordningen opereres med følgende tre benævnelser:

1. **Energimærkningsdata:** De grundlæggende energimæssige data for ruder/vinduer.
2. **Energiklasse:** Bogstavbenævnelse for ruder på basis af energitilskuddet.
3. **Energimæssige egenskaber:** Fællesbetegnelse for energimærkningsdata og energiklasse.

A.1 Ruder

Energimærkningsproceduren for ruder er opdelt i to dele:

A.1.1 Produktbeskrivelse (energimærkningsdata)

For alle ruder, som er underlagt energimærkningsordningen, skal der foreligge en beskrivelse, der som minimum indeholder følgende størrelser (energimærkningsdata) angivet i Tabel 22

Produktbeskrivelsen kan foreligge i form af et dokument eller i elektronisk form.

A.1.2 Energiklassifikation (permanent mærkning)

Energiklassifikation af ruder foretages på grundlag af rudens energitilskud til et referencehus. Energitilskuddet bestemmes ved hjælp af følgende udtryk:

$$E_{\text{reference}} = 196,4 \cdot g - 90,36 \cdot U_g$$

Beregninger for ruders energitilskud baseres på en 4 – 15 – 4 mm rudeopbygning. Rudens energiklasse (A, B eller C) bestemmes udfra energitilskuddet som vist i Tabel 23.

Ruder med energitilskud mindre end eller lig med nul kan *ikke* klassificeres og mærkes.

Tabel 22. Energimærkningsdata for ruder

Symbol	Beskrivelse
U_g	Varmetransmissionskoefficient midt på ruden
τ_t	Sollystransmittans for vinkelret indfald af sollys gældende for rudens midte
g	Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling gældende for rudens midte
λ_k	Kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne

Tabel 23. Energiklasser for ruder

Energiklasse	Grænseværdier
A	Energitilskud større end 20,0 kWh/m ²
B	Energitilskud større end 10,0 til og med 20,0 kWh/m ²
C	Energitilskud større end 0,0 til og med 10,0 kWh/m ²

Ruder som kan klassificeres og mærkes påføres en permanent mærkning, som skal indeholde følgende:

- Energimærkningsordningens logo i farven blå eller sort
- Rudens energiklasse (A, B eller C)
- Producentens identitetsnr. i relation til en anerkendt kontrol/certificeringsordning
- Produktionsår og -måned

Den permanente mærkning anføres på rudens afstandsprofil.

A.1.3 Sammenfatning ruder

Energimærkningsordningen for ruder betyder således, at der for alle ruder, der er med i ordningen, vil foreligge oplysninger om deres energimærkningsdata. For de ruder, der har et positivt energitilskud, vil der desuden være oplysninger om energiklasse.

Oplysninger om energimærkningsdata vil kunne fås ved henvendelse til producenten og vil så vidt muligt blive påført tilbud, ordrebekræftelse samt følgeseddel. Energimærkningsdata vil eventuelt blive påført produktet på en mærkeseddel. Permanent mærkning af ruder med ordningens logo samt oplysninger om energiklasse sker kun for ruder med positivt energitilskud.

A.2 Vinduer

Energimærkningsproceduren for vinduer er ligeledes opdelt i to dele:

A.2.1 Produktbeskrivelse

For alle vinduer, som er underlagt energimærkningsordningen, skal der foreligge en beskrivelse, der som minimum indeholder følgende størrelser (energimærkningsdata) angivet i Tabel 24

Produktbeskrivelsen kan foreligge i form af et dokument eller i elektronisk form.

A.2.2 Permanent mærkning

Permanent mærkning af vinduer kan kun ske for elementer, hvor der anvendes energiklassificerede ruder samt for elementer uden rudeareal. Den permanente mærkning skal som minimum indeholde følgende:

- Ordningens logo i farven blå eller sort
- Producentens navn
- Produktionsår og -måned

Endvidere kan vinduer, som er underlagt energimærkningsordningen, forsynes med en mærkat med oplysninger om vinduets og rudens energimæssige egenskaber som vist i Tabel 24 samt eventuelt rudens energiklasse.

A.2.3 Sammenfatning vinduer

Energimærkningsordningen for vinduer betyder således, at der for alle vinduer, der er med i ordningen, vil foreligge oplysninger om deres energimærkningsdata og eventuelt rudens energiklasse.

Oplysninger om energimærkningsdata vil kunne fås ved henvendelse til producenten og vil så vidt muligt blive påført tilbud, ordrebekræftelse samt følgeseddel. Energimærkningsdata vil eventuelt blive påført produktet på en mærkeseddel. Permanent mærkning af vinduer sker kun når der anvendes ruder med positivt energitilskud. Den permanente mærkning omfatter logo samt oplysninger om producenten.

Tabel 24. Energimærkningsdata for vinduer

	<i>Symbol</i>	<i>Beskrivelse</i>
Vindue	U	Varmetransmissionskoefficient for den samlede konstruktion
	τ_t	Sollystransmittans for vinkelret indfald af sollys for den samlede konstruktion
	g	Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling for den samlede konstruktion
Rude	U_g	Varmetransmissionskoefficient midt på ruden
	τ_t	Sollystransmittans for vinkelret indfald af sollys gældende for rudens midte
	g	Total solenergitransmittans for vinkelret indfald af solstråling gældende for rudens midte

B. Diagrammer til bestemmelse af energitilskud fra ruder og vinduer

B.1 Diagrammernes anvendelse

Energитilskuddet til bygningen fra ruder og vinduer afhænger af både varmetransmissionskoefficienten (U-værdien) og den totale solenergitransmittans (g-værdien). Dette gør det svært umiddelbart at vælge den rude eller det vindue, der er energimæssig optimal i et givent tilfælde.

For at gøre det muligt nemt at sammenligne forskellige ruder eller vinduer er der lavet diagrammer, der med udgangspunkt i rudens eller vinduets orientering, hældning, U-værdi og g-værdi angiver energitilskuddet.

Til dette kompendium er vedlagt diagrammer for lodrette og skrå (45 ° hældning) vinduer og ruder med orientering mod syd, øst/vest og nord (figur 27 - 34). Diagrammerne kan også ses på <http://www.ibe.dtu.dk/vinduer>.

Ud af akserne i diagrammerne er U-værdien og g-værdien afsat, og i diagramområdet er indtegnet kurver, der viser energitilskuddet. Energitilskuddet er bestemt for fyringssæsonen (24/9-13/5).

Eksempler på brug af diagrammerne er vist i kapitel 8 og 9.

Energitilskuddet er bestemt uden hensyntagen til skygger og udnyttelsesgraden for den tilførte solenergi. Det fundne energitilskud tager således ikke hensyn til risikoen for overtemperaturer i bygningen.

Skygger kan have kraftig indflydelse på den solenergi der tilføres gennem ruder og vinduer. En simpel korrektion for skygger kan foretages ved at gange rudens eller vinduets g-værdi med en skyggekorrektionsfaktor F_s . Udnyttelsesgraden for den transmitterede solstråling kan medregnes ved at gange rudens eller vinduets g-værdi med udnyttelsesfaktoren η . Energitilskuddet findes ved at benytte den korrigerede g-værdi ved aflæsning i diagrammerne. Den korrigerede g-værdi for en rude eller et vindue mht. skygger og udnyttelsesgrad kan bestemmes af udtrykket

$$g_{\text{korrigeret}} = g_0 \cdot F_s \cdot \eta$$

Hvor g_0 er den totale solenergitransmittans ved en indfaldsvinkel på 0°. Skygefaktoren F_s og udnyttelsesfaktoren η kan vurderes vha. SBI-anvisning 184 [7] for forskellige højdevinkler af skyggerne samt indbygning og udhæng.

Diagrammetoden omtales også i kompendium 5, hvor der endvidere gives eksempler på anvendelse i forbindelse med energirigtigt valg af ruder og vinduer.

B.2 Grundlaget for diagrammerne og klassifikationen af ruder

Diagrammerne er lavet på basis af det danske referenceår DRY [10]. Varmetabet er bestemt på baggrund af temperaturforskellen mellem inde og ude i fyringssæsonen (perioden 24/9-13/5). Den tilførte solenergi er bestemt på baggrund af det direkte, diffuse og reflekterede solindfald på ruden i fyringssæsonen. Den direkte solstråling er korrigeret for den totale solenergitransmittans afhængighed af indfaldsvinklen på ruden eller vinduet. Den tilførte solenergi er ikke korrigeret for nære og fjerne skygger.

Den nedenstående formel angiver beregningen af varmetabet Q_{tab} gennem ruden eller vinduet.

$$Q_{\text{tab}} = U \cdot \sum (20^\circ\text{C} - t_u) \cdot \Delta t$$

Hvor U er varmetransmissionskoefficienten for ruden eller vinduet i $\text{W/m}^2\text{K}$.

t_u er udetemperaturen i °C.

Δt er længden af tidsskridtet i h.

Timeværdier for udetemperaturen er givet i referenceåret DRY [10]. Tidsskridtet benyttet i beregningerne er derfor 1 time. Ved at summere varmetabet fra hver time over fyringssæsonen fås det samlede varmetab gennem ruden eller vinduet over fyringssæsonen.

Den sidste del af ovenstående udtryk svarer til antallet af gradtimer i fyringssæsonen, som anvendes i udtrykket til beregning af

energitilskuddet i forbindelse med klassifikation af ruder.

Nedenstående formel angiver hvorledes den tilførte solenergi til bygningen Q_{sol} gennem ruden eller vinduet er bestemt.

$$Q_{sol} = g \cdot \left[\sum I_{dir} \cdot (1 - \tan^p(i/2)) \cdot \Delta t \right] + \sum I_{dif} \cdot f \cdot \Delta t$$

Hvor

g er den totale solenergitransmittans ved en indfaldsvinkel på 0° .

I_{dir} er middelværdien af den direkte solstråling på fladen i tidskridtet Δt [W/m^2].

I_{dif} er middelværdien af den diffuse solstråling på fladen i tidskridtet Δt [W/m^2] (summen af reflekteret og diffus solstråling).

i er solstrålingens middelindfaldsvinkel i tidskridtet Δt i grader.

f er en faktor der korrigerer den totale solenergitransmittans for diffus stråling.

Δt er længden af tidskridtet [h].

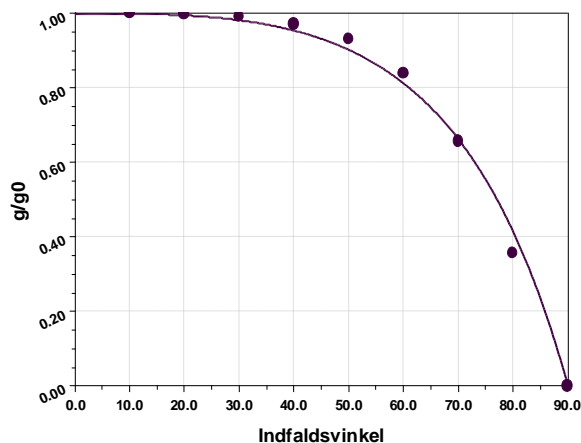
p er vinkelafhængighedsfaktoren.

Timeværdier for den direkte og diffuse solstråling samt indfaldsvinklen findes for rudens eller vinduets orientering og hældning ved hjælp af programmet SolDia [8]. Tidsskridtet benyttet i beregningerne er derfor 1 time. Ved at summere den tilførte solenergi til bygningen fra hver time over fyringssæsonen fås den samlede tilførte solenergi gennem ruden eller vinduet over fyringssæsonen.

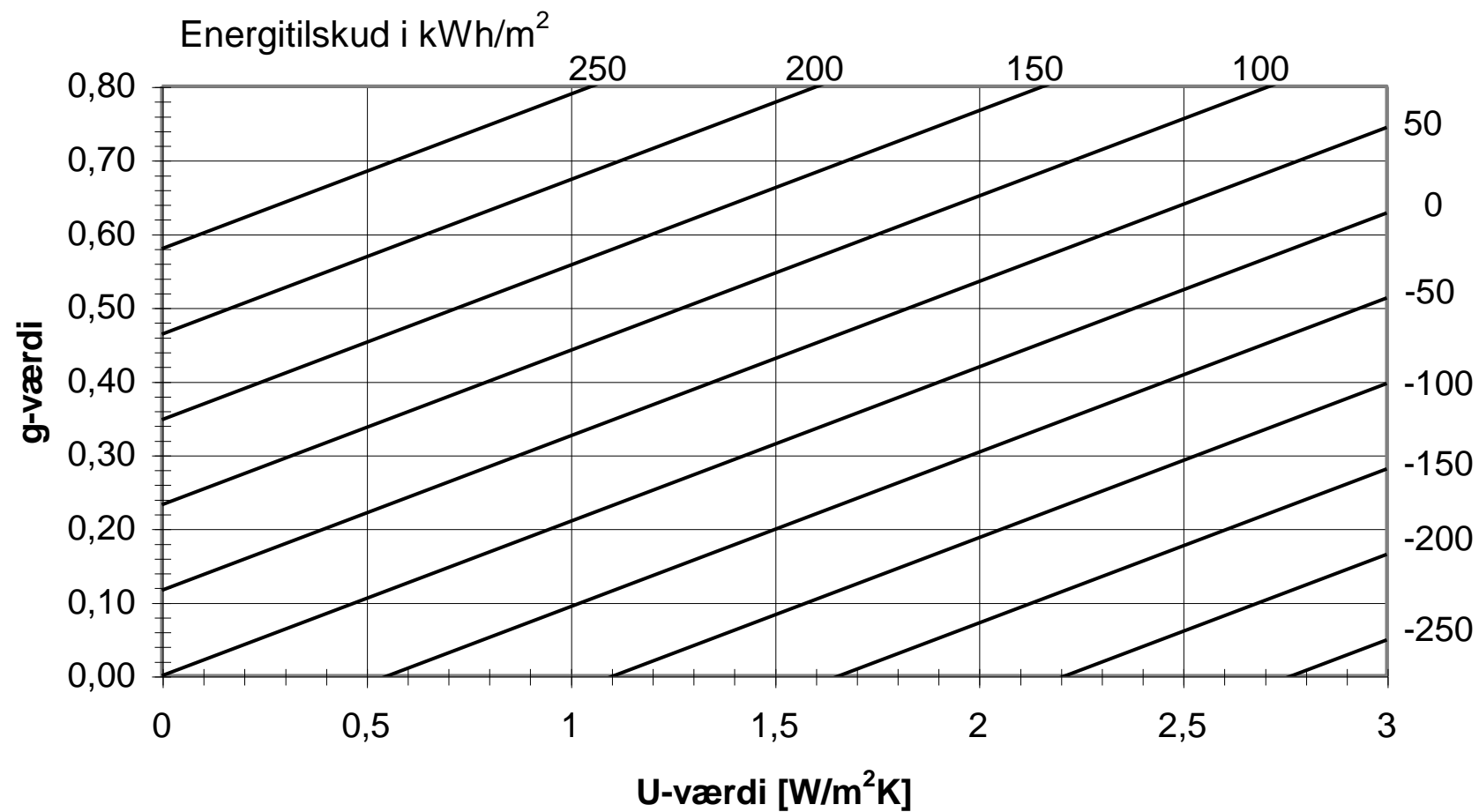
Den totale solenergitransmittans mht. direkte og diffus stråling er fundet ved hjælp af programmet WIS [9]. Korrektionsfaktoren for den diffuse solstråling findes som forholdet mellem den totale solenergitransmittans for diffus stråling og den totale solenergitransmittans for direkte stråling ved en indfaldsvinkel på 0° . Den totale solenergitransmittans for den direkte solstråling korrigeres mht. indfaldsvinklen med faktoren $(1 - \tan^p(i/2))$. Vinkelafhængighedsfaktoren p findes vha. programmet WIS [9] og et regressionsprogram. I Figur 26 er kurvetilpasningen på baggrund af data fra WIS vist.

I beregningerne er korrektionsfaktoren for den diffuse solstråling sat til $f=0,86$ og vinkelafhængighedsfaktoren er $p=3,0$.

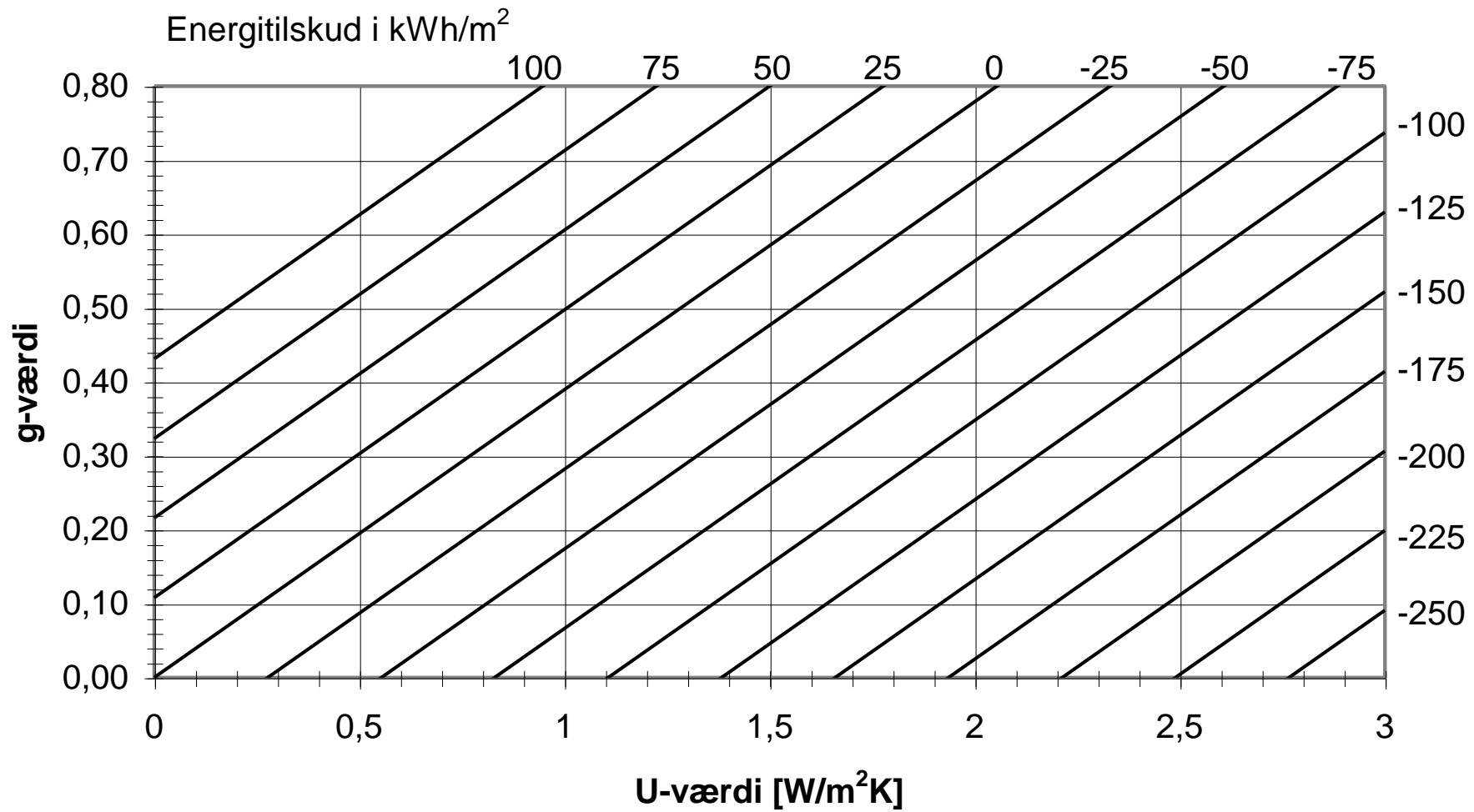
Diagrammerne er optegnet med udgangspunkt i 2-lags energiruder med en lav-emissionsbelægning. Uanset typen af belægninger vil korrektionsfaktoren antage omtrent samme værdi for forskellige 2-lagsruder. For andre rudetyper vil korrektionsfaktoren for den diffuse solstråling og vinkelafhængighedsfaktoren antage andre værdier end der benyttes i diagrammerne. 3-lags energiruder vil generelt give anledning til et energitilskud ca. 3% lavere end det, der findes ud fra diagrammerne.



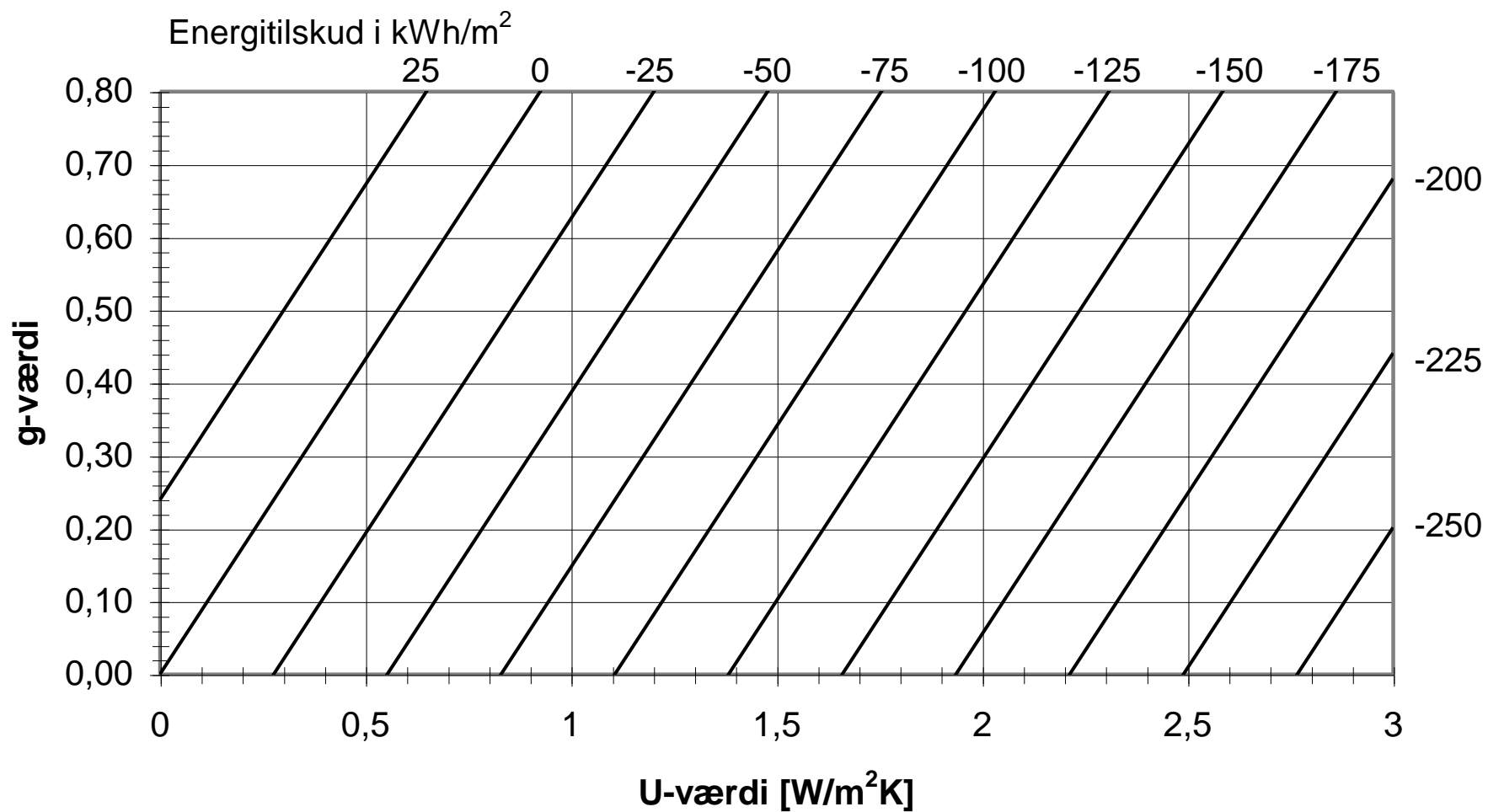
Figur 26. Bestemmelse af vinkelafhængighedsfaktoren p ved hjælp af data fra WIS [9] og kurvetilpasning. De markerede punkter i diagrammet er datapunkter beregnet med WIS. Den indtegnede kurve er $g/g_0 = (1 - \tan^p(i/2))$ med $p = 3,04$.



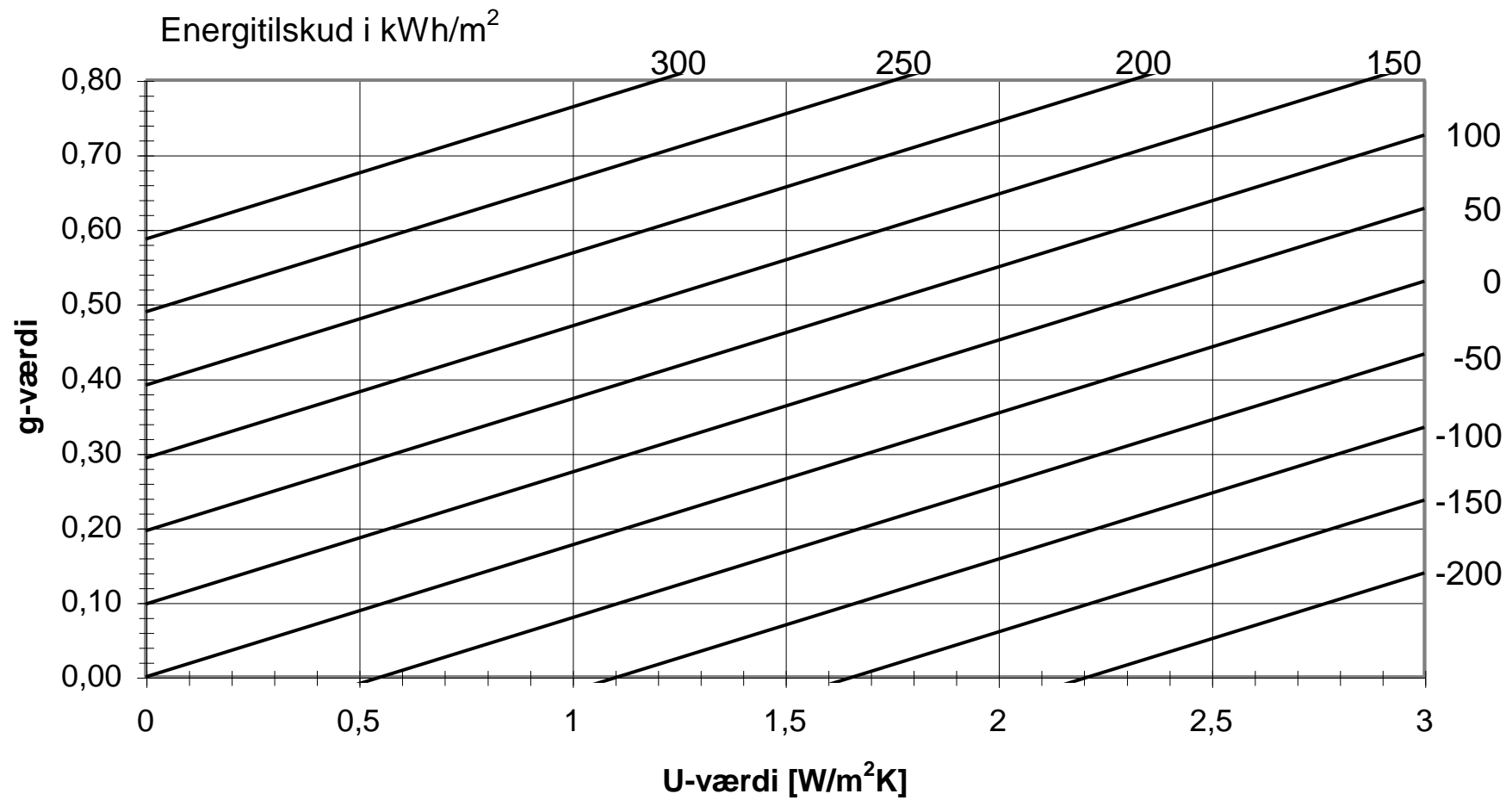
Figur 27. Energitilskud for lodrette, sydvendte ruder og vinduer over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen)



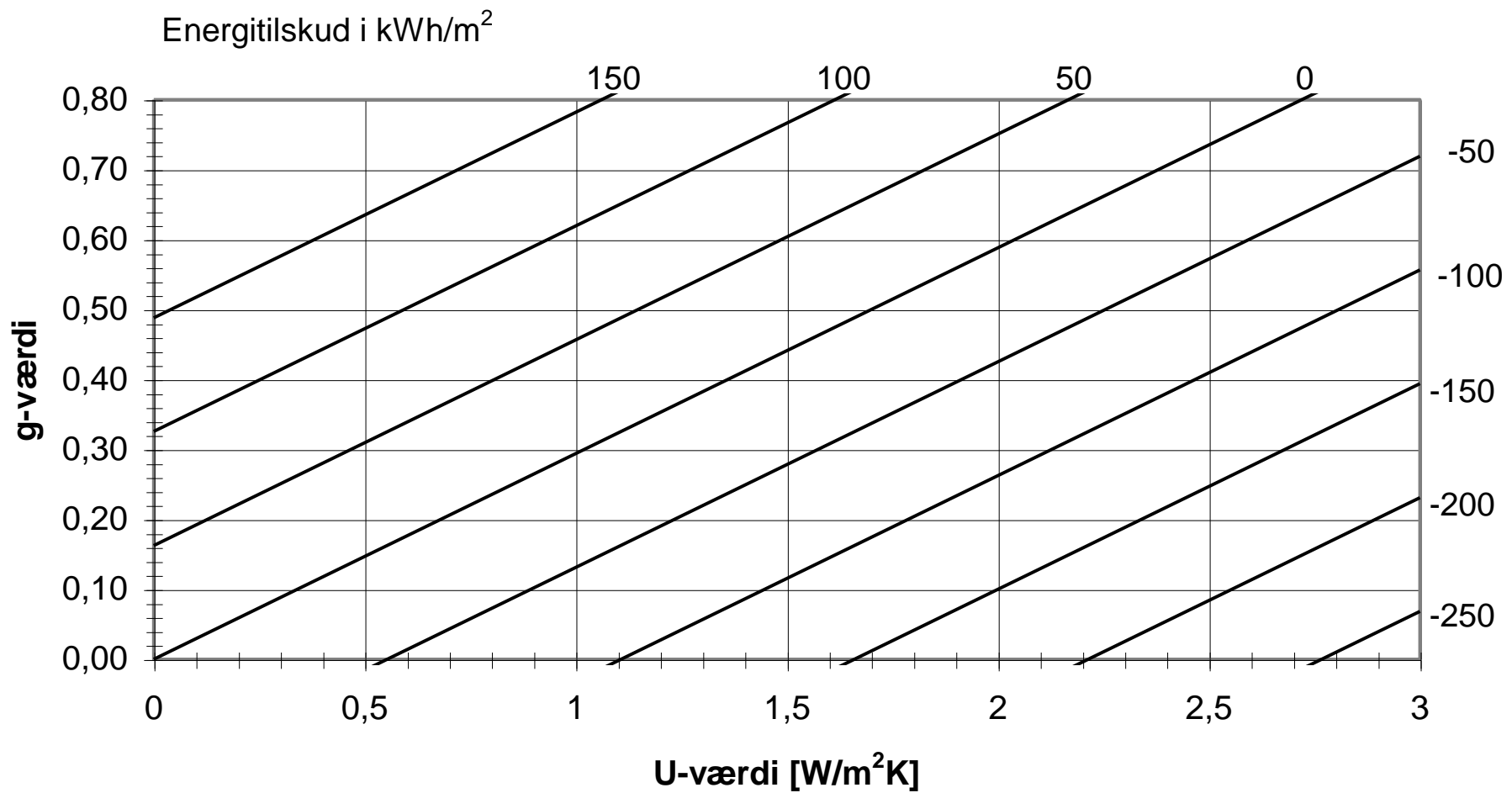
Figur 28. Energitilskud for lodrette, øst/vestvendte ruder og vinduer over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen)



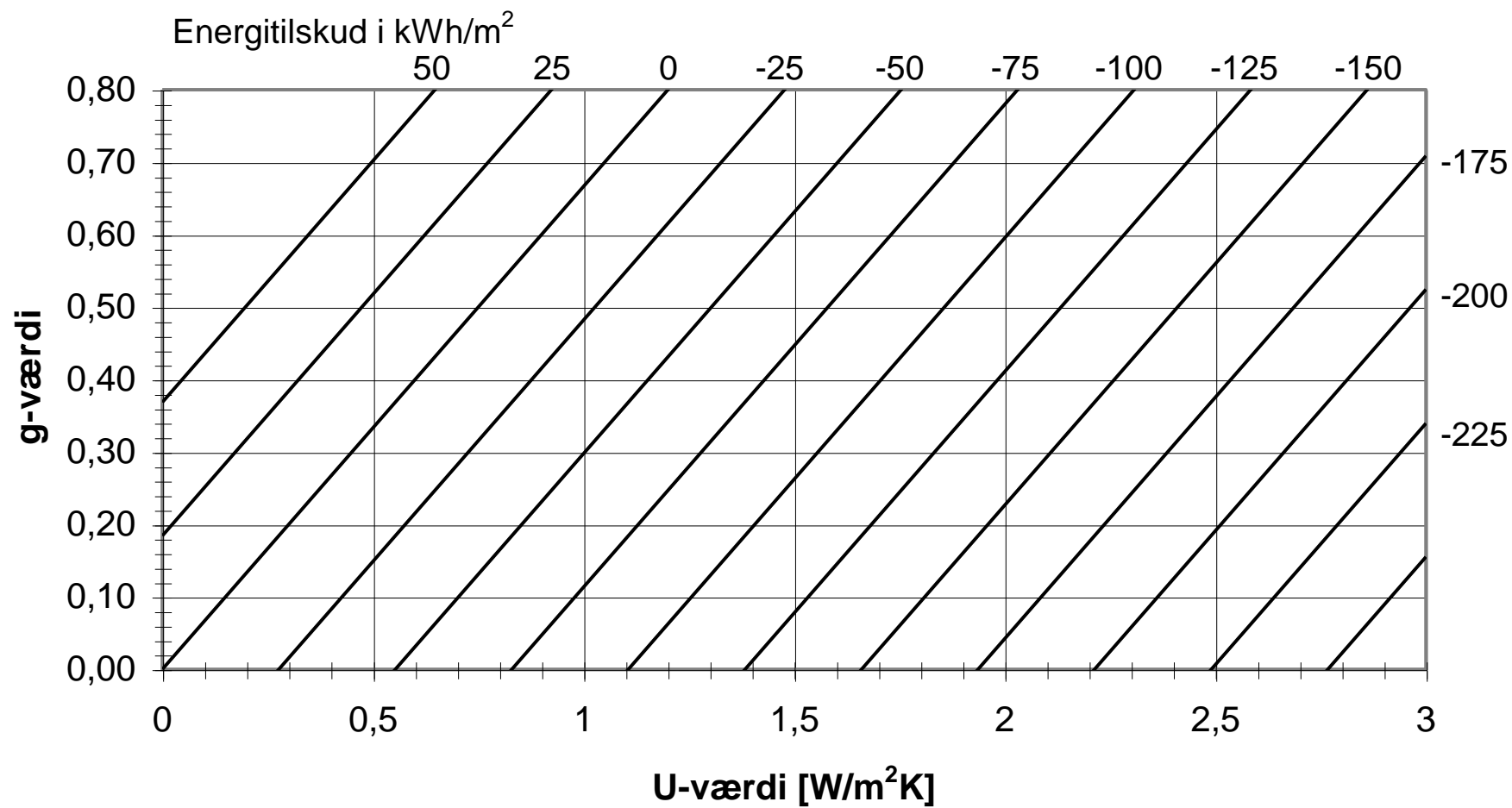
Figur 29. Energitilskud for lodrette, nordvendte ruder og vinduer over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen)



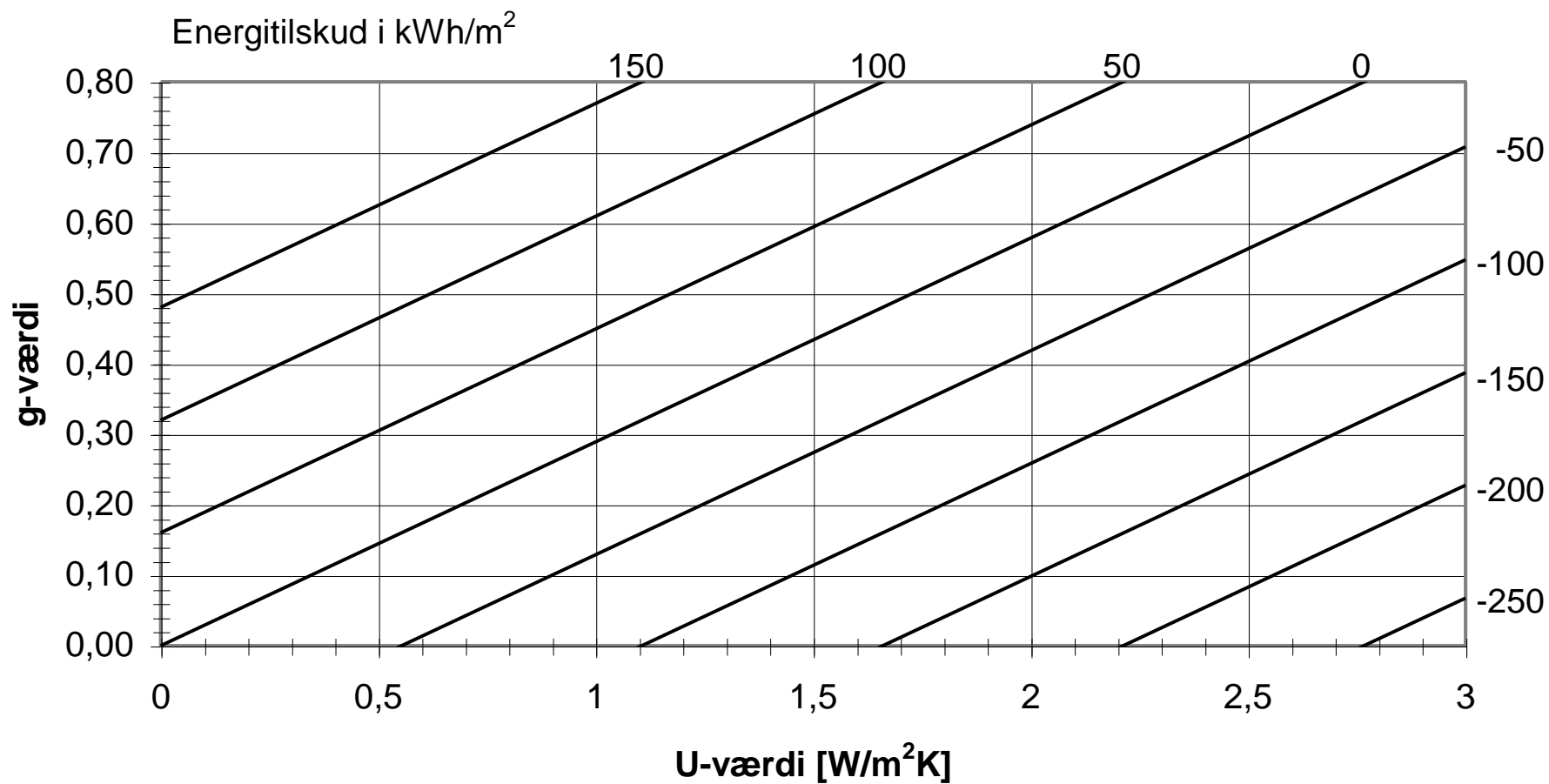
Figur 30. Energitilskud for sydvendte ruder og vinduer med hældning 45° over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



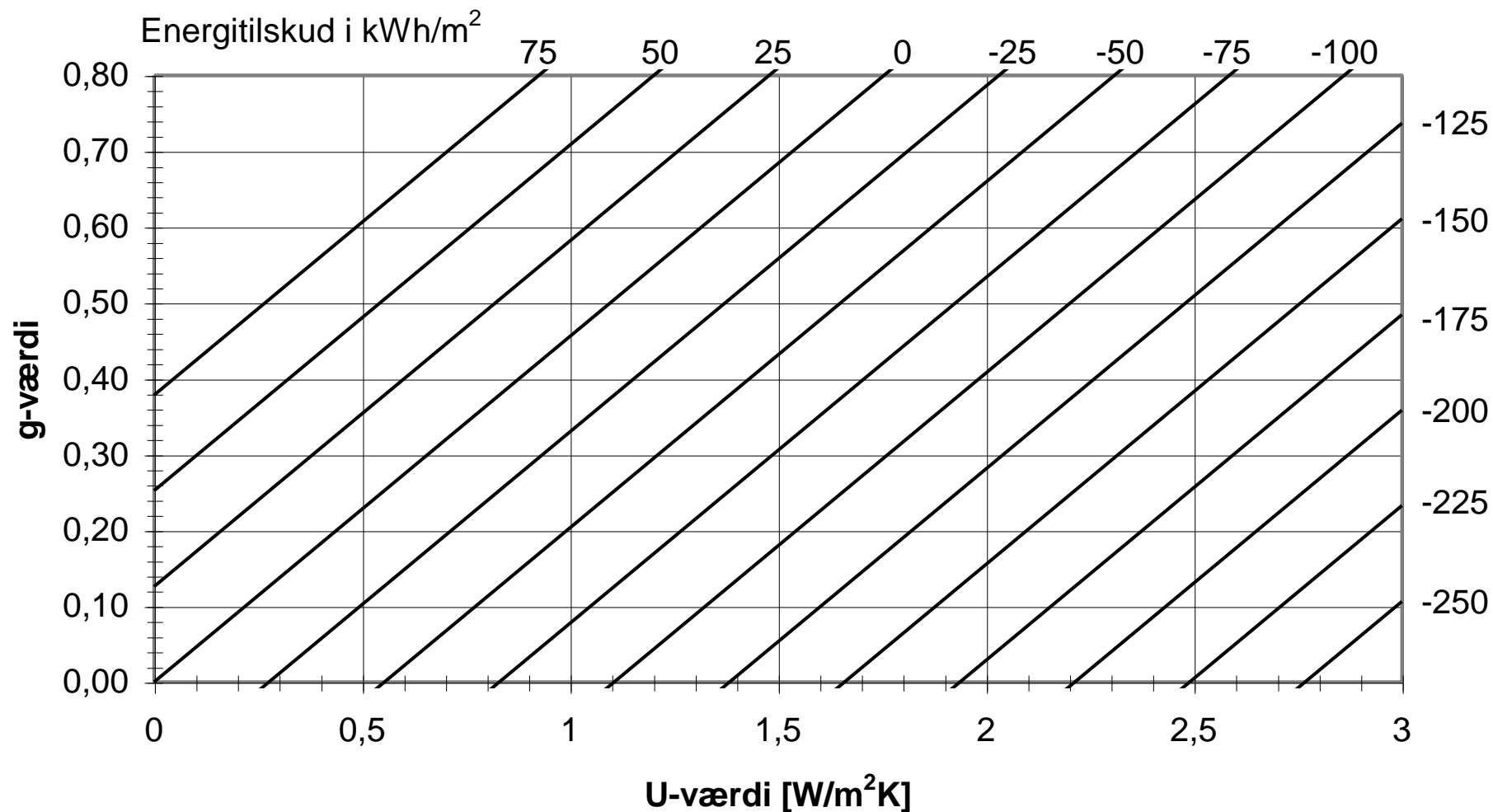
Figur 31. Energitilskud for øst/vestvendte ruder og vinduer med hældning 45° over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



Figur 32. Energitilskud for nordvendte ruder og vinduer med hældning 45° over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



Figur 33. Energitilskud for vandrette ruder og vinduer over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



Figur 34. Energitilskud for vinduer i huset beskrevet i DS 418, 6. udgave [15] over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen). Energitilskuddet er midlet mht. vinduernes glas- og vinduesareal. Ved aflæsning i diagrammet skal derfor benyttes en middelværdi af U-værdien og g-værdien for vinduerne i boligen svarende til vinduesarealerne.