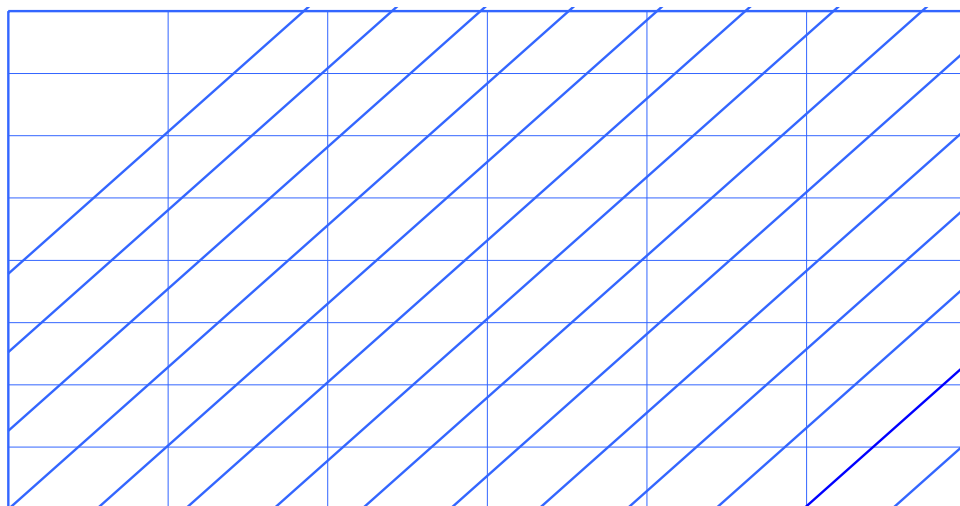


RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER

Kompendium 5:

ENERGIRIGTIGT VALG AF RUDER OG VINDUER



Indholdsfortegnelse

FORORD TIL KOMPENDIUM 5	5
1 RUDER OG VINDUERS ENERGIMÆSSIGE EGENSKABER	6
1.1 ENERGIMÆRKNINGSDATA	6
1.2 RUDERS ENERGIKLASSE	7
2 BESKRIVELSE AF ENERGIMÆRKNINGSDATA	8
2.1 BAGGRUND	8
2.2 ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR RUDER.....	8
2.3 ENERGIMÆRKNINGSDATA FOR VINDUER	10
3 METODER TIL ENERGIRIGTIGT VALG AF RUDER OG VINDUER	13
3.1 DIAGRAMMETODEN.....	14
3.2 REFERENCEHUSMETODEN OG KLASSEAFDELING AF RUDER.....	15
3.2.1 <i>Klassifikation af ruder</i>	15
3.3 ENKLE PROGRAMMER.....	16
3.3.1 <i>BE06</i>	16
3.3.2 <i>BuildingCalc + LightCalc (BC+LC)</i>	17
3.3.3 <i>Solvin (Soldia & Vinsim)</i>	17
3.4 DETALJEREDE PROGRAMMER	18
3.4.1 <i>BSim</i>	18
4 UDSKIFTNING AF RUDER	19
4.1 DIAGRAMMETODEN.....	20
4.2 REFERENCEHUSMETODEN	22
4.2.1 <i>Energitilskud</i>	22
4.2.2 <i>Valg af ruder udfra energiklasser</i>	22
4.3 BV95 (BE06).....	24
4.4 SOLDIA OG VINSIM.....	26
5 UDSKIFTNING AF VINDUER	31
5.1 DIAGRAMMETODEN.....	31
5.2 REFERENCEHUSMETODEN	33
5.3 BV95	34
5.4 SOLDIA OG VINSIM.....	36
6 VALG AF VINDUER TIL NYBYGGERI	41
6.1 VINDUESUDFORMNINGENS BETYDNING PÅ ENERGIMÆRKNINGSDATA.....	41
6.1.1 <i>Størrelsens betydning</i>	41
6.1.2 <i>Formens betydning</i>	43
6.1.3 <i>Placering i vægkonstruktion</i>	43
LITTERATUR	44
ADRESSER	45
APPENDIKS	46
A. SAMMENFATNING AF ENERGIMÆRKNINGSORDNINGEN FOR RUDER OG VINDUER	47
A.1 RUDER	47
A.1.1 PRODUKTBESKRIVELSE (ENERGIMÆRKNINGSDATA)	47
A.1.2 ENERGIKLASSIFIKATION (PERMANENT MÆRKNING).....	47
A.1.3 SAMMENFATNING RUDER.....	48
A.2 VINDUER.....	48
A.2.1 PRODUKTBESKRIVELSE	48
A.2.2 PERMANENT MÆRKNING	48
A.2.3 SAMMENFATNING VINDUER	48

B. DIAGRAMMER TIL BESTEMMELSE AF ENERGITILSKUD FRA RUDER OG VINDUER	49
B.1 DIAGRAMMERNES ANVENDELSE.....	49
B.2 GRUNDLAGET FOR DIAGRAMMERNE OG KLASSIFIKATIONEN AF RUDER	49

Forord til kompendium 5

Målgruppen for kompendium 5 er rådgivere indenfor byggeriet, professionelle bygherrer og tekniske forvaltninger.

Kompendiet beskriver forskellige metoder til bestemmelse af opvarmningsbehov og indeklima i bygninger som funktion af de energimæssige egenskaber for ruder og vinduer. Kompendiet begrænser sig til at behandle energimæssige aspekter i forbindelse med valg af ruder og vinduer. Metoderne kan opdeles efter hvilket hjælpeværktøj, der bruges.

Metoderne opdeles i fire kategorier:

1. Diagrammetoden
2. Referencehusmetoden
3. Enkle beregningsprogrammer
4. Detaljerede beregningsprogrammer

hvor der med de detaljerede programmer opnås det bedste vurderingsgrundlag.

Kompendiet er skrevet således, at det kan fungere som et opslagsværk, idet de enkelte afsnit kan læses for sig. Hvis man f.eks. ønsker at foretage en rudeudskiftning, kan man gå direkte til afsnittene hvor disse beskrives.

Dette medfører også, at der vil forekomme gentagelser og overlap afsnittene imellem.

Følgende har medvirket til udarbejdelsen af kompendiet:

Morten Møller Mogensen, Toke Rammer Nielsen, Svend Svendsen, Karsten Duer, Jesper Kragh Jacob Birck Laustsen.

Før udgivelsen har udkast til kompendiet været til høring hos repræsentanter for brancherne på området og målgruppen i øvrigt. Ovennævnte takkes for høringssvar.

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

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

Kompendiets indhold er senest revideret marts 2001. En liste over hvilke ændringer der er foretaget i kompendiet siden første version findes i **Error! Reference source not found.**

Denne version af kompendiet med nr. U-005 erstatter den tidligere version 4 nr. U-048.

Copyright

Copyright © BYG.DTU, 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 egenskaber. Kompendium 5: "Energirigtigt valg af ruder og vinduer".

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 [1] samt tekniske bestemmelser for vinduer [3] og ruder [2]). 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_v -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_v -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

Energtilskuddet gennem ruden til bygningen er den tilførte solenergi minus varmetabet ud gennem ruden i fyringssæsonen. Hvis der tilføres mere solenergi ind gennem ruden end der ledes ud som varmetab, er energitilskuddet positivt, og det resulterer i en opvarmning af bygningen. Energtilskuddet 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 energitilskud til et referencehus. Der opstilles tre energiklasser som vist i Tabel 2:

Tabel 2 Klassifikation af ruder på basis af deres energitilskud

Energiklasse	Grænseværdier
A	Energtilskud større end 20,0 kWh/m ²
B	Energtilskud større end 10,0 kWh/m ² til og med 20,0 kWh/m ²
C	Energtilskud 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 energitilskud er ønsket. I f.eks. kontorbyggerier, hvor der ofte er stor intern varmeproduktion, kan ruder med stort energitilskud give anledning til overtemperaturer. I kontorbyggerier er det altså ikke nødvendigvis fordelagtigt at anvende ruder med stort energitilskud.

2 Beskrivelse af energimærkningsdata

2.1 Baggrund

Energimærkningsordningen er etableret af brancheorganisationerne med støtte fra Energistyrelsen. Bestemmelserne for energimærkningsordningen er beskrevet i ordningens vedtægter [1] samt tekniske bestemmelser for vinduer [3] og ruder [2].

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 efterprøvning af de tilsluttede virksomheders aktiviteter til sikring af, at energimærkede vinduer og ruder opfylder de krav, der er angivet i de gældende tekniske bestemmelser.

2.2 Energimærkningsdata for ruder

Bestemmelserne i forbindelse med energimærkning af ruder er beskrevet i "Tekniske bestemmelser for ruder" [2].

I forbindelse med energimærkningen af ruder skal der foreligge en beskrivelse, der som minimum indeholder følgende størrelser

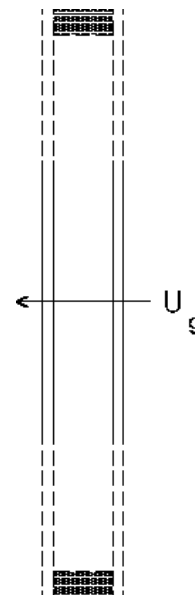
- varmetransmissionskoefficienten¹ U_g midt på ruden
- sollystransmittansen τ_t gældende for vinkelret indfald af sollys
- den totale solenergitransmittans g for vinkelret indfald af solstråling
- kantkonstruktionens ækvivalente varmeledningsevne λ_k

¹ Betegnelsen varmetransmissionskoefficient er identisk med betegnelsen transmissionskoefficient i DS 418.

De opgivne energimærkningsdata skal være angivet ved standardforhold for at oplysninger fra forskellige producenter er sammenlignelige. Standardforholdene for beregninger er defineret ved en udvendig og indvendig overgangsisolans på hhv. $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ og $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ og en udvendig og indvendig lufttemperatur på hhv. $0 \text{ }^\circ\text{C}$ og $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Ved målinger tilstræbes samme forhold, idet der dog ikke skelnes mellem indvendig og udvendig overgangsisolans, men søges opnået en samlet overgangsmodstand på $0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Varmetransmissionskoefficient

Rudens varmetransmissionskoefficient (U_g -værdi) kan bestemmes med beregningsprogrammer ud fra oplysninger om gassen eller gasblandingen ruden er fyldt med og glaslagenes eller belægningsers emissivitet. Desuden kan rudens varmetransmissionskoefficient bestemmes ved måling. Rudens U_g -værdi angives for rudens midte som vist i Figur 1.



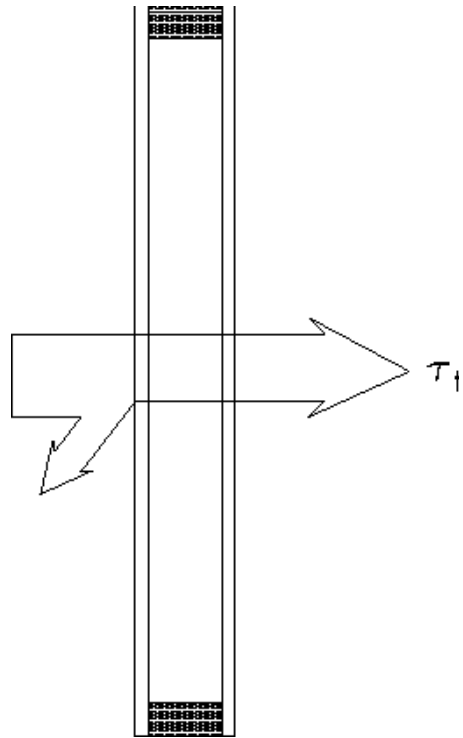
Figur 1. U -værdien for ruden bestemmes for rudens midte.

Sollystransmittans

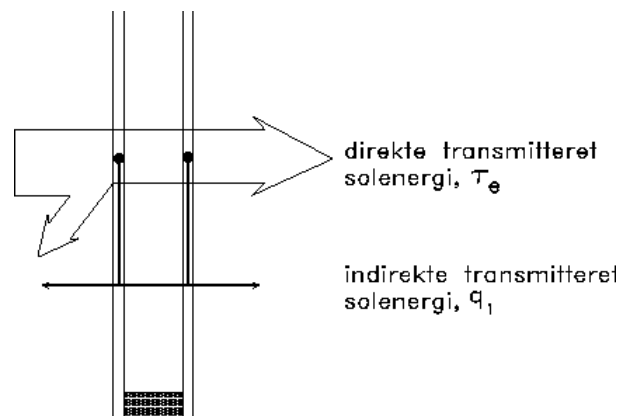
Sollystransmittansen angiver den del af den synlige solstråling på ruden, der transmitteres gennem ruden som skitseret i Figur 2. Sollystransmittansen bestemmes på grundlag af oplysninger om de enkelte glaslags transmittans, reflektans og absorptans for den synlige del af solstrålingen.

Total solenergitransmittans

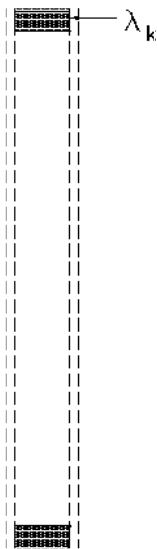
Den totale solenergitransmittans angiver den del af solstrålingen på ruden, der tilføres det bagvedliggende rum som skitseret i Figur 3. Den totale solenergitransmittans bestemmes på grundlag af oplysninger om de enkelte glaslags transmittans, reflektans og absorptans for solstråling samt rudens varmetransmissionsforhold. Rudens varmetransmissionsforhold har betydning for hvor stor en del af den solenergi, der absorberes i ruden, som tilføres det bagvedliggende rum.



Figur 2. Sollystransmittans for ruder.



Figur 3. Total solenergitransmittans for ruder.



Figur 4. Ækvivalent varmeledningsevne for kantkonstruktionen.

Ækvivalent varmeledningsevne

Den ækvivalente varmeledningsevne for kantkonstruktionen benyttes til at beskrive den resulterende effekt af de forskellige dele i rudens kantkonstruktion som skitseret i Figur 4. Størrelsen af den ækvivalente varmeledningsevne kan bestemmes med detaljerede beregningsprogrammer på basis af oplysninger om afstandsprofil, tørremiddel og forseglingsmasser. Størrelsen kan også bestemmes ved måling. Oplysning af den ækvivalente varmeledningsevne gør det nemmere for vinduesproducenterne at foretage detaljerede beregninger af den lineære varmetransmissionskoefficient for samlingen mellem rude og ramme. Den lineære varmetransmissionskoefficient omtales i afsnit 2.3. Desuden gør oplysningen om den ækvivalente varmeledningsevne det nemmere for rudeproducenterne at angive sammenlignelige oplysninger om deres produkter.

2.3 Energimærkningsdata for vinduer

Bestemmelserne i forbindelse med energimærkning af vinduer er beskrevet i "Tekniske bestemmelser for vinduer" [3]. Bestemmelserne dækker alle sædvanlige vindueskonstruktioner – herunder vinduer med koblede rammer samt ovenlysvinduer. For yderdøre dækker bestemmelserne alle sædvanlige konstruktioner til terrasse- og hoveddøre. For døre uden ruder stilles kun krav om oplysning af varmetransmissionskoefficienten.

I forbindelse med energimærkningen af de enkelte produkter skal som et minimum følgende størrelser opgives

- varmetransmissionskoefficient² U
- sollystransmittansen τ_t gældende for vinkelret indfald af sollys
- den totale solenergitransmittans g for vinkelret indfald af solstråling

Alle størrelser opgives som totalværdier baseret på de udvendige mål af det aktuelle produkt.

² Betegnelsen varmetransmissionskoefficient er identisk med betegnelsen transmissionskoefficient i DS 418.

Der skal endvidere foreligge oplysninger om energimærkningsdata for ruder, der indgår i vinduet. Kun vinduer som indeholder ruder, der er mærket med energiklasse kan påføres permanent energimærkning. Se også appendiks A.

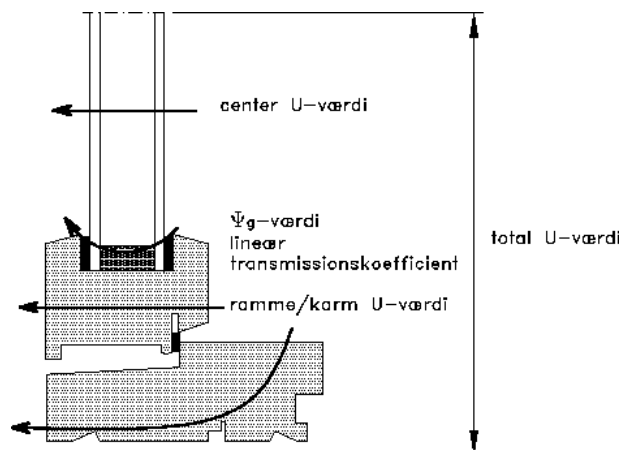
De opgivne energimærkningsdata skal være angivet ved standardforhold for at oplysninger fra forskellige producenter er sammenlignelige. Standardforholdene er defineret ved en udvendig og indvendig overgangs-isolans på hhv. $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ og $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ og en udvendig og indvendig lufttemperatur på hhv. $0 \text{ }^\circ\text{C}$ og $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Varmetransmissionskoefficient

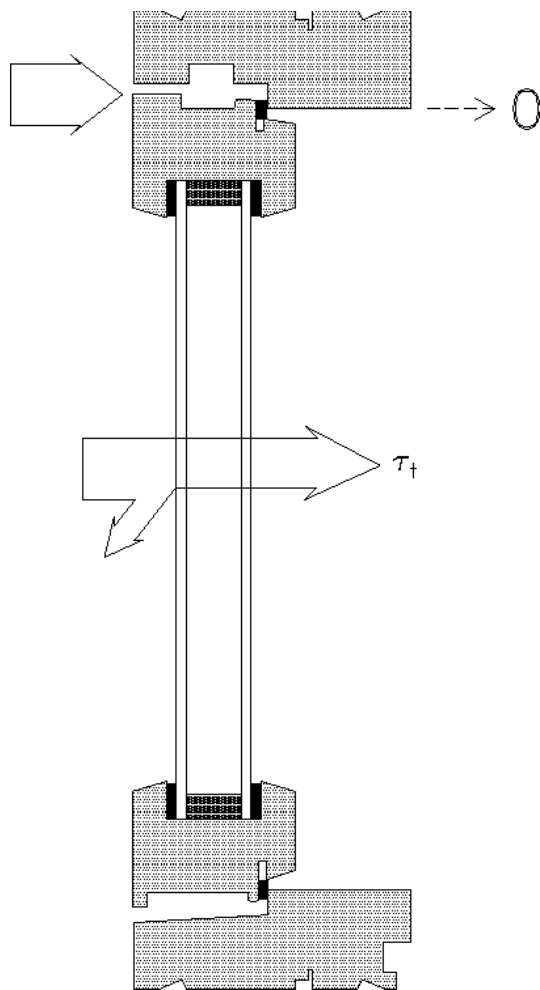
Varmetransmissionskoefficienten for vinduer bestemmes på baggrund af varmetransmissionskoefficienten for ruden og ramme-karmkonstruktionen samt den lineære transmissionskoefficient af samlingen mellem rude og ramme. Bidragene er vist i Figur 5. Størrelsen kan bestemmes ved hjælp af detaljerede beregningsprogrammer eller mere forenklede metoder omtalt i DS 418 tillæg 1 [4]. Desuden kan varmetransmissionskoefficienten måles.

Lineær transmissionskoefficient

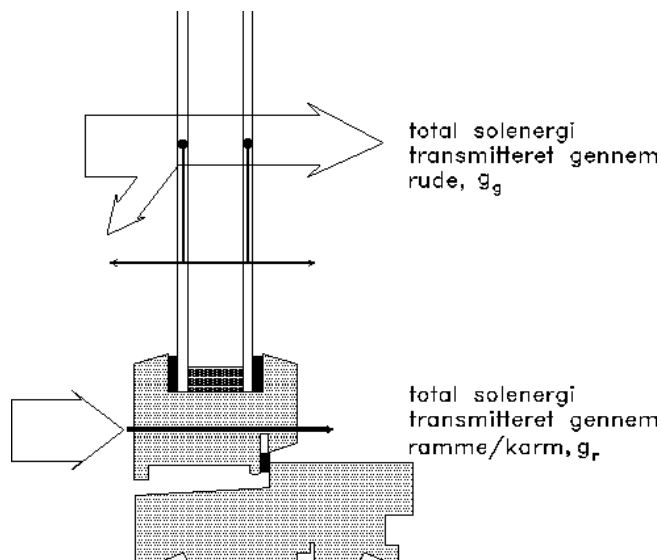
Den lineære transmissionskoefficient står for det ekstra varmetab, der skyldes samlingen mellem rude og ramme. Det ekstra varmetab opstår på grund af kuldebrovirkningen i rudens kantkonstruktion og rammens geometri. Den lineære transmissionskoefficient er således resultatet af både rudekantens og rammens varmetekniske egenskaber. For en række typiske konstruktioner kan størrelsen af den lineære transmissionskoefficient bestemmes ud fra tabelværdier i DS 418 tillæg 1 [4]. For alle konstruktioner kan den lineære transmissionskoefficient også beregnes detaljeret eller måles.



Figur 5 U-værdien for vinduer



Figur 6. Sollystransmittans for vinduer.



Figur 7 Total solenergitransmittans for vinduer

Sollystransmittans og den totale solenergitransmittans

Sollystransmittansen og den totale solenergitransmittans for vinduet er afhængig af glasarealet og vinduesarealet. Vinduetts værdier for sollystransmittans og den totale solenergitransmittans fremkommer som rudens sollystransmittans og totale solenergitransmittans multipliceret med forholdet mellem glasarealet og vinduesarealet. For et vindue hvor dette forhold er 0,75 og hvor rudens sollys- og total solenergitransmittans er hhv. 0,78 og 0,58 bliver vinduetts samlede sollystransmittans $0,78 \cdot 0,75 = 0,59$ og vinduetts totale solenergitransmittans $0,58 \cdot 0,75 = 0,44$.

Med detaljerede beregningsprogrammer vil den totale solenergitransmittans for vinduet kunne bestemmes mere præcist, da disse ikke kun tager hensyn til hvilken rude der anvendes i vinduet, men også baserer resultatet på den solenergi, der absorberes i ramme-karmkonstruktionen. Sollystransmittansen og den totale solenergitransmittans er vist i Figur 6 og Figur 7.

Ramme/karmdelens bidrag til den totale solenergitransmittans for et vindue er normalt lille i forhold til rudens bidrag og for de beregninger, der anvendes her ses der helt bort fra ramme/karmdelens bidrag. Dvs. bidraget g_r i Figur 7 sættes til $g_r = 0$.

3 Metoder til energirigtigt valg af ruder og vinduer

Der findes forskellige metoder til at vurdere energirigtigt valg af ruder og vinduer. Disse metoder kan opdeles efter nøjagtigheden af vurderingen, hvilket afhænger af det hjælpeværktøj der benyttes. Metoderne kan opdeles i følgende kategorier:

1. Diagrammetoden
2. Referencehusmetoden
3. Simple beregningsprogrammer
4. Detaljerede beregningsprogrammer

Med de detaljerede programmer opnås det bedste vurderingsgrundlag, men antallet af input vil også være relativt stort.

Grundlæggende for alle metoderne er, at vurderingen foretages på baggrund af ruderne og vinduernes årlige energitilskud til den aktuelle bygning. Ruder og vinduers energitilskud til bygningen er den nyttiggjorte solenergi, som transmitteres ind i bygningen minus varmetabet ud gennem ruden/vinduet i fyringssæsonen. Energitulskuddet for en rude/vindue afhænger derfor af både rudens/vinduets U-værdi og g-værdi og er således en størrelse, som kan indikere om ruden/vinduet yder et positivt eller negativt bidrag til bygningens varmebalance.

Afhængig af metoden bestemmes også bygningens energiforbrug og indeklima, herunder antallet af timer med for høje indetemperatureer i sommerhalvåret. Høje indetemperatureer er medvirkende til, at bygninger får et kølebehov, eller at de temperaturmæssige komfortforhold i bygningen bliver dårligere.

I afsnit 3.1 - 3.4 bliver de forskellige metoder til at vurdere og dermed foretage et kvalificeret valg af ruder og vinduer gennemgået. I kapitel 4 og 5 gennemgås eksempler på brug af metoderne.

I eksemplerne er nogle af ruderne og vinduerne omtalt i kompendium 4 benyttet.

Eksemplerne tager udgangspunkt i 2 forskellige bygninger, et parcelhus og et kontorhus.

Som parcelhus er valgt det hus, der indgår i beregningseksemplet i DS 418 tillæg 4 [5].

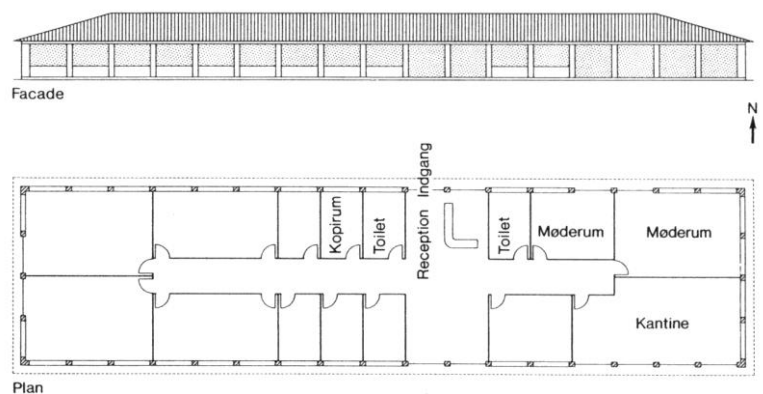
Som kontorbygning er valgt den administrationsbygning som indgår i beregningseksemplet i SBI-anvisning 184: Bygningers energibehov [6]. Bygningens facade og plan kan ses i Figur 8.

Kontorbygningens udvendige mål er 51,6 m · 12,6 m. Det opvarmede etageareal er 650,2 m² og det indvendige gulvareal inklusiv skillevægge er 605,7 m².

Det er valgt at se på disse to forskellige typer bygning, idet forudsætningerne for valg af ruder og vinduer til disse er forskellige.

I et parcelhus er der typisk mulighed for at udnytte en stor del af solindfaldet i fyringssæsonen. Derfor ønskes en rude eller vindue med et stort energitilskud (høj g-værdi). I en kontorbygning vil der ofte være behov for at reducere solindfaldet i dagtimerne, pga. varmetilskud fra personer, lys og udstyr som PC'ere. Dette bevirker, at en del af solindfaldet må betragtes som overskudsvarme. Der ønskes derfor en rude eller vindue med en solafskærmende effekt svarende til en lav g-værdi.

Det kan anbefales læseren at have DS 418 tillæg 4 [5] og SBI-anvisning 184 [6] til sin rådighed ved gennemgangen af eksemplerne.



Figur 8. Plantegning af administrationsbygningen fra SBI-anvisning 184: Bygningers energibehov.

3.1 Diagrammetoden

Brugen af diagrammetoden er beskrevet i Kompendium 1: Grundlæggende energimæssige egenskaber.

Brugen af diagrammerne omtales derfor ikke nærmere her, blot skal det nævnes, at metoden i nuværende form kun kan benyttes til vurdering af opvarmningsbehov i fyringssæsonen.

Der er 3 forskellige diagrammer til bestemmelse af energitilskuddet for lodrette henholdsvis syd-, nord- og øst/vestvendte ruder og vinduer.

Diagrammerne er vist i Appendiks B bagest i dette kompendium. Der er endvidere vist diagrammer for skrå (45° hældning) ruder og vinduer orienteret mod henholdsvis syd, nord og øst/vest, samt et diagram for vandrette ruder og vinduer.

Hvis der skal foretages undersøgelser på mange ruder eller vinduer vil det være tidskrævende at skulle aflæse energitilskuddet ved hjælp af diagrammerne. I en sådan situation kan man med fordel benytte de formler for energitilskuddet som diagrammerne er baseret på.

For de forskellige orienteringer fås for lodrette ruder og vinduer energitilskuddet i fyringssæsonen, E [kWh/m²], af:

$$\begin{array}{ll} \text{Syd:} & E = 431 \cdot g - 90 \cdot U \text{ [kWh/m}^2\text{]} \\ \text{Nord:} & E = 105 \cdot g - 90 \cdot U \text{ [kWh/m}^2\text{]} \\ \text{Øst/vest:} & E = 232 \cdot g - 90 \cdot U \text{ [kWh/m}^2\text{]} \end{array}$$

hvor g er vinduets totale solenergitransmittans og U er vinduets samlede U -værdi.

Der tages i diagrammetoden ikke hensyn til skyggepåvirkninger.

Fordelen ved diagrammetoden er, at man hurtigt kan skabe sig et overblik over hvilket energitilskud man i fyringssæsonen kan forvente fra sine ruder eller vinduer.

Ulempen ved metoden er, at man kun kan få oplysninger om energitilskuddet. Man har altså ikke mulighed for at beregne bygnings opvarmningsbehov. Ligeledes har man ved metoden ikke mulighed for at vurdere hvor mange timer med høje temperaturer,

der forekommer i bygningen. Det betyder bl.a., at man ikke kan vurdere effekten af at bruge solafskærmende ruder.

3.2 Referencehusmetoden og klassifikation af ruder

Ved energirigtigt valg af ruder og vinduer vil det ofte være relevant at undersøge forskellige ruder eller vinduers samlede energitilskud i fyringssæsonen til et helt hus med vinduerne mod nord, syd og øst/vest. Endvidere bør der tages hensyn til eventuelle skygger, som kan reducere solindfaldet.

For at opnå et entydigt sammenligningsgrundlag er det valgt, at bestemme energitilskuddet til et referencehus med følgende vinduesfordeling:

Nord:	26 %
Syd:	41 %
Øst/vest:	33 %

Det samlede energitilskud fra alle husets vinduer er beregnet ved at vægte energitilskuddet fra de tre orienteringer. Der regnes med en skyggefaktor på $F_s = 0,7$, hvilket iflg. SBI-anvisning 184 [6] svarer til 10° horisontalafskæring og lille tagudhæng. Der korrigeres for skygger ved at multiplicere solenergitransmittansen g med skyggefaktoren F_s .

Energитilskuddet til referencehuset bestemmes ved hjælp af følgende udtryk:

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

Denne formel danner grundlaget for referencehusmetoden og klassifikationen af ruder. Ud fra formelen er der udarbejdet et diagram til bestemmelse af energitilskuddet gennem ruder og vinduer til referencehuset. Diagrammet er vist i Appendiks B i Figur 27

Fordelen ved referencehusmetoden er, at man hurtigt kan skabe sig et overblik over hvilket energitilskud man i fyringssæsonen kan forvente fra sine ruder eller vinduer.

Ulempen ved metoden er, at man kun kan få oplysninger om energitilskuddet. Man har

altså ikke mulighed for at beregne bygnings opvarmningsbehov. Ligeledes har man ved metoden ikke mulighed for at vurdere hvor mange timer med høje temperaturer, der forekommer i bygningen.

Endvidere kan man kun benytte diagrammet for referencehuset til bygninger af samme type som referencehuset.

3.2.1 Klassifikation af ruder

For at gøre det mere overskueligt, hurtigt at kunne vurdere ruders energimæssige egenskaber, er der i forbindelse med energimærkningsordningen for ruder og vinduer indført en klassifikation af ruder på basis af deres energitilskud referencehuset.

Ruders energiklasse fremkommer ved at omforme værdien for energitilskuddet til en af energiklasserne A, B eller C som vist i Tabel 3. Klassifikationen af ruder kan medvirke til at gøre det nemmere at foretage et energirigtigt valg af ruder.

Til opvarmningsdominerede boliger er ruder i energiklasse A 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.

Ruders energiklasse bør fortrinsvis anvendes i forbindelse med udskiftning af ruder i eksisterende vinduer, idet energiklassen ikke gælder for vinduer. Rammekonstruktionen i et vindue har stor betydning for vinduets energitilskud, hvilket betyder, at en rude med energiklasse A ikke nødvendigvis er garanti for at vinduet giver størst muligt energitilskud.

Tabel 3. Energiklassifikation af ruder

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

3.3 Enkle programmer

Ved de enkle programmer forstås programmer der med relativt få input kan beregne en bygnings varmebalance ved forskellige vinduesvalg. Det vil sige, at detaljer om bygningen, som f.eks. bygningsmaterialer og opbygning ikke skal angives.

I dette afsnit vil metoden til vurdering af rude- eller vinduesvalgets indflydelse på bygningens varmebalance ved hjælp af de enkle programmer BV95 og Soldia/Vinsim blive beskrevet.

3.3.1 BE06

BE06 er udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, og er et Windows-baseret program til beregning af bygningers varmebehov og benyttes bl.a. til eftervisning af at bygningsreglementets energiramme er overholdt. Programmet bygger på SBI-anvisning 213, Bygningers energibehov. Programmet koster kr. 2.500,00 ex moms for enkeltbrugerversion og kr. 2.000 for en flerbrugerversion.

Brug af programmet:

Der henvises generelt til SBI anvisning 213 der detaljeret beskriver brugen af programmet. Nedenfor er kort resumeret hvilket inputdata programmet anvender:

Hovedsiden

Opvarme etageareal, beliggenhed, konstruktionernes varmekapacitet, brugstid og varmforsyningstype.

Klimaskærm

Under menuen *Klimaskærm* indtastes oplysninger om Arealer og længder med tilhørende, U-værdier og Ψ -værdier for ydervægge, gulv og loft mm, hvorefter programmet beregner transmissionstabet gennem disse.

Her indtastes også informationer om arealer og U-værdier for vinduer og døre, hvorefter programmet beregner transmissionstabet og solindfaldet for disse.

Ventilation

Under menuen *Ventilation* indtastes oplysninger om ventilationen opdelt efter en sommer og vinter periode.

Øvrige inputdata er:

Internt varmetilskud

Belysning

Mekanisk køling

Varmeforsyningsanlæg

Varmt brugsvand

Varmeforsyning(er)

Fordelen ved programmet er, at man kan have forskellige ruder og vinduer i bygningen. Samtidig er det nemt at ændre U-værdien samt skygge-, areal- og glasfaktoren så man hurtigt får overblik over hvilken rude eller vindue der er det rigtige valg til bygningen.

Resultaterne er bibeholdt idet de forsat vil være realistiske.

3.3.2 BuildingCalc + LightCalc (BC+LC)

Programmet er et simpelt værktøj udviklet i Matlab af DTU Byg. Programmet er gratis og kan frit downloads fra www.dtu.byg.dk. Programmet udvikles løbende så det anbefales jævnligt at kontrollere om der er kommet opdateringer.

Der henvises generelt til brugermanualen der følger med programmet. Nedenfor gives et kort resumé af de in- og output data der anvendes til programmet.

Input

Programmet simulerer de termiske forhold i et rum baseret på en simpel model. De termiske data for konstruktionerne er simplificeret til en samlet UA-værdi for hele rummet/zonen der ønskes simuleret. Programmet medtager forholdsvis detaljeret effekten af solindfald gennem vinduer baseret på inputdata for: Solenergitransmittansen af ruden, vinduets dimension, hældning, orientering, bredden af ramme/karm, indbygning i ydervæg, skygger og evt. solafskærmninger som fx udhæng.

Programmet har desuden en detaljeret mulighed for angivelse af inddata for styringen af varme og køleanlæg mm.

Programmet anvender som default danske vejrdata, men det er muligt at anvende andre vejrdata ved generering af en ny vejrdatabil.

Output

Programmet beregner på timebasis indetemperatur og energiforbrug. Resultaterne præsenteres på figurer der direkte kan indsættes i artikler/rapporter.

Det er desuden muligt at få beregnet dagslysfaktoren for specifik position i rummet/zonen.

3.3.3 Solvin (Soldia & Vinsim)

Programmet BuildingCalc + LightCalc erstatter den tidligere programpakke **Solvin** udviklet på Institut for Byninger og Energi (IBE). Den tidligere programpakke bestod af programmerne Soldia og Vinsim. Bagerst i dette kompendium er vist et ældre beregningseksempel, hvor disse programmer er anvendt til vurdering af en rudeudskiftning.

3.4 Detaljerede programmer

Detaljerede programmer kræver kendskab til bygningens nøjagtige opbygning, som f.eks. væg-, gulv- og loftkonstruktioner samt opvarmnings- og kølesystemer, ventilations- og infiltrationsforhold og evt. last fra personer, lys o.l. Dette medfører mange input men giver til gengæld detaljerede output, der kan være af stor betydning for et rigtigt vinduesvalg.

I dette afsnit beskrives kort hvorledes tsbi3 kan benyttes til at vurdere vinduers indflydelse på bygningers varmebalance.

3.4.1 BSim

Bsim er afløsen til det tidligere tsbi3 udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, og er et windows-baseret program til beregning og analyse af indeklimaforhold, effektbehov samt energiforbrug i bygninger. Programmet beregner effektafgivelser og energistrømme internt i bygningen samt mellem bygningen og omgivelserne. For samtlige rum eller zoner, der simuleres, vil programmet beregne: varmetab ved transmission, infiltration og udluftning, varmetilførsel i form af solvarme, varme- og fugtafgivelse fra personer og udstyr, el-forbrug til belysning, samt effektbehov og energiforbrug i alle komponenter af varme-, køle- og ventilationsanlæg. Indeklimaet beregnes ved timeværdier for indelufttemperaturer, overfladetemperaturer, operativ temperatur, relativ luftfugtighed og luftskifte for hver zone.

Modellering af vinduer kan gøres detaljeret, da der kan tages højde for fremspring, skygger, solafskærmning og andre forhold, der har indflydelse på vinduets energitilskud til bygningen. For at programmet kan beregne energibidraget fra solstråling, skal rudens soltransmittans indtastes. Denne værdi er rudens g-værdi.

4 Udskiftning af ruder

Ved udskiftning af ruder i en bygning ændres ramme-karmkonstruktionen ikke, og rudens areal vil forblive det samme.

Endvidere vil der ved rudeudskiftning ofte være tale om, at man opnår en stor forbedring i rudens U-værdi.

Et vindues U-værdi afhænger både af rudens og ramme-karmkonstruktionens U-værdi samt af linietafskoefficienten, ψ . Men da den væsentlige forbedring af vinduet ved en rudeudskiftning er den forbedrede U-værdi af ruden, kan det antages, at en eventuel ændring i linietafskoefficienten er så lille, at man kan se bort fra den. Dette er naturligvis en antagelse, idet linietafskoefficienten højst sandsynlig vil ændres ved rudeudskiftning. Den er bare af sekundær betydning for vinduets samlede U-værdi, fordi den væsentligste forbedring ligger i rudens U-værdi.

Eksempel

For at illustrere at ændringen i linietafskoefficienten er så lille, at man kan se bort fra den, er der foretaget en rudeudskiftning i et vindue med en ramme-karmkonstruktion af træ. Vinduets mål er 1230 mm · 1480 mm. Ramme-karmkonstruktionen er 105 mm bred og har U-værdien 1,4 W/m²K. Rudens andel udgør 71 % og rudens U-værdi er 3 W/m²K. ψ -værdien er 0,06. Vinduets samlede U-værdi beregnes til 2,70 W/m²K.

Ved at erstatte ruden med en super energirude med U-værdien 1,1 W/m²K ændres ψ -værdien til 0,08. Vinduets samlede U-værdi beregnes med disse værdier til 1,4 W/m²K. Det vil sige, at vinduets U-værdi ændres med 1,3 W/m²K. Denne ændring svarer til ændringen i rudens U-værdi på 1,9 W/m²K når ruden udgør 71 % af vinduet (1,9 W/m²K · 0,71 = 1,35 W/m²K).

Da ramme-karmkonstruktionen således er den samme, og der kan ses bort fra ændringen i linietafskoefficienten, er det nok at se på ændringerne i rudens U- og g-værdi ved en rudeudskiftning.

For at se, hvorledes man kan vurdere betydningen af en rudeudskiftning, tages udgangspunkt i et ældre vindue, med en rude

(”Gammel rude”) med en U-værdi på 3,0 W/m²K og en g-værdi på 0,76. Denne rude er introduceret i Kompendium 1 afsnit 8, som ”GL 2-lag”.

U- og g-værdien for de rudetyper, der ønskes undersøgt i forbindelse med rudeudskiftninger, er angivet i Tabel 4.

I de næste afsnit skal det undersøges hvad rudeudskiftningen med en af de 4 forskellige rudetyper angivet i Tabel 4, betyder for en bygning.

Tabel 4. U- og g-værdi for 4 forskellige rudetyper.

Ru-dendr.	Betegnelse	U-værdi (W/m ² K)	g-værdi
0	Gammel rude	3	0,76
1	Energirude	1,5	0,71
2	Super Energirude	1,1	0,59
3	3-lags termorude + 1 belægning	0,89	0,55
4	3-lags termorude + 2 belægnings	0,61	0,45

4.1 Diagrammetoden

Eksempel

Ved hjælp af diagrammerne for lodrette syd, nord- og øst/vestvendte ruder i Figur 20 - Figur 22, kan energitilskud for de forskellige rudetyper bestemmes. Energitilskuddet er angivet i Tabel 5. Der gøres opmærksom på, at diagrammetoden kun kan anvendes til vurdering af energitilskud gennem vinduer i fyringssæsonen. I det følgende er det derfor forudsat, at vinduerne skal vælges til en bygning, hvor man er interesseret i et stort energitilskud til bygningen gennem fyringssæsonen.

Som det ses udfra tabellen vil der kunne opnås et meget større energitilskud for sydvendte ruder ved at udskifte den gamle rude med en af de 4 nye rudetyper. Men nok så vigtigt viser tabellen også, at tabet fra de nordvendte ruder kan reduceres kraftigt, således at tab næsten helt kan undgås. Samme situation ses for de øst/vestvendte ruder hvor et tab er vendt til et positivt energitilskud.

Sammenlignes energitilskuddet for rude 1 og 2 i de forskellige orienteringer viser der sig et interessant forhold. Det er nemlig ikke den samme rude, der giver det største energitilskud i alle retningerne. F.eks. er rude nummer 1 bedst som sydvendt rude, mens rude nummer 2 er bedst som nord- eller øst/vestvendt rude.

Hvis f.eks. en bygning har en stor andel nordvendte ruder, vil det således være fornuftigt at vælge rude nummer 2. Hvis omvendt en bygningen har en stor andel af sydvendte ruder, vil rude nummer 1 være det fornuftigste valg.

Sammenlignes de to 3-lags ruder 3 og 4 med rude 1 og 2, ses det at de kun har et beskedent større energitilskud.

Tabel 5. Eksempel. Energitilskud for forskellige ruder. Værdierne er beregnet vha. udtrykkene på side 14

Rude nr.	Energitilskud (kWh/m ²)		
	Syd	Nord	Øst/vest
0	57	-192	-95
1	171	-61	29
2	155	-37	38
3	157	-23	47
4	139	-8	49

At det ikke er den samme rude, der er bedst for de forskellige orienteringer betyder, at man for at kunne vurdere hvilken rude der bør vælges ved udskiftning, skal kende fordelingen af ruder på bygningens forskellige orienteringer og derpå vægte de enkelte energitilskud med hensyn til dette forhold.

Bygningen fra beregningseksemplet i DS 418 har som beskrevet i afsnit 3.2 en vinduesfordeling givet ved:

Nord: 26%
 Syd: 41 %
 Øst/vest: 33 %

Tabel 6. Energitilskud for forskellige ruder vægtet efter orientering i DS418 bygningen. Nord: 26%. syd: 41% øst/vest: 33%.

Rudernr.	Energitilskud (kWh/m ²)
	Vægtet
0	-58
1	64
2	66
3	74
4	71

Hvis det forudsættes, at der ved vinduesvalg skal vælges samme type rude uanset orientering og, at rudedelingen svarer til vinduesorienteringen, skal energitilskuddene angivet i Tabel 5 således vægtes med ovenstående fordeling for at afgøre hvilken rude der vil være bedst ved udskiftning. I Tabel 6 er de vægtede energitilskud angivet.

Tabel 6 viser at alle ruderne giver et væsentligt større energitilskud end den gamle rude og at et negativt energitilskud kan vendes til et positivt ved at foretage en rudeudskiftning. Ingen af ruderne kan siges at være den absolut bedste løsning, idet de vægtede energitilskud ligger meget tæt på hinanden.

Det skal bemærkes, at diagrammetoden ikke tager hensyn til eventuelle skygger. Dette kan gøres ved at gange en skyggekorrektionsfaktor på rudernes g-værdi. Hvis dette gøres, vil regnestykket blive helt anderledes, se endvidere afsnit 4.2.

4.2 Referencehusmetoden

4.2.1 Energitilskud

Som beskrevet i afsnit 4.1 er det nødvendigt at vide noget om fordelingen af vinduer i de forskellige orienteringer, hvis man skal kunne vurdere effekten af at udskifte ruderne i bygningen.

Derfor er der udarbejdet et diagram til bestemmelse af energitilskuddet for et referencehus med en vinduesfordeling givet ved:

nord: 26 %
syd: 41 %
øst/vest: 33 %

Diagrammet er vist i Appendiks B Figur 27.

Energitilskuddet kan også beregnes direkte ved anvendelse af udtrykket:

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

Denne formel og diagrammet gælder kun, hvis vinduesfordelingen ikke afviger meget fra referencehuset, og hvis skyggeforholdene er de samme. Der er regnet med en skyggekorrektionsfaktor på 0,7, svarende til en reduktion af solindfaldet på 30 % i forhold til en situation uden skygger.

Der gøres opmærksom på, at referencehusmetoden kun kan anvendes til vurdering af energitilskud gennem vinduer i fyringssæsonen. I det følgende er det derfor forudsat, at vinduerne skal vælges til en bygning, hvor man er interesseret i et stort energitilskud til bygningen gennem fyringssæsonen.

Eksempel

Ved at benytte diagrammet i Appendiks B Figur 27, kan energitilskuddet for referencehuset med "gammel rude" samt de 4 forskellige ruder findes med det samme. Energitilskuddet er angivet i Tabel 7.

Som det ses af tabellen er energitilskuddet negativt for den gamle rude, mens det bliver positivt for alle de nye rudetyper. Endvidere ses det, at energitilskuddet for rude 1 og 2 ligger forholdsvis tæt og at rude 3 og 4 kun er lidt bedre end disse.

Tabel 7. Energitilskud for forskellige ruder.

Rudenr.	Energitilskud (kWh/m ²)
0	-122
1	4
2	16
3	28
4	33

Energitilskuddene fundet ved referencehusmetoden bliver væsentligt lavere end dem der er fundet ved diagrammetoden. Dette skyldes, at diagrammet for referencehusmetoden tager hensyn til skygger og tagudhæng. Hvis g-værdien for ruderne ganges med en skyggekorrektionsfaktor på 0,7 vil energitilskuddet fundet ved diagrammetoden blive den samme som ved referencehusmetoden.

Når man bestemmer energitilskuddet for en rude, kan man risikere at få et positivt energitilskud hvis man ikke tager hensyn til skygger og et negativt energitilskud når der tages hensyn til skygger.

4.2.2 Valg af ruder udfra energiklasser

Som nævnt i afsnit 3.2.1 er der i forbindelse med energimærkningsordningen for ruder og vinduer indført en klassifikation af ruder på basis af deres energitilskud. Ved valg af ruder kan energiklassen bruges til en hurtig indikation af hvor gode rudens energimæssige egenskaber er i forhold til referencehuset. Ifølge ordningen kan de fem ovenstående ruder klassificeres som vist i Tabel 8.

Tabel 8. Energitilskud for ruderne i Tabel 7

Rude nr.	Klasse
0	-
1	C
2	B
3	A
4	A

Da energitilskuddet gennem rude 0 er negativt, er det kun rude 1 – 4 der kan påføres permanent mærkning af energiklasse, se endvidere appendiks A.

Skal ruden bruges i en opvarmningsdomineret bolig er ruder i klasse A altså de energimæssigt bedste. Det bedste valg vil i dette eksempel derfor være rude 3 eller 4.

Der gøres opmærksom på, at ruders energiklasse først og fremmest bør anvendes ved valg af ruder i forbindelse med udskiftning af ruder i eksisterende vinduer.

4.3 BV95 (BE06)

BV95 er den tidligere version af programmet BE06. Nedenfor er vist et eksempel hvor BV95 programmet er anvendt. Lignende resultat ville være fundet ved brug af BE06.

Hvis BV95 skal benyttes til at vurdere betydningen af en rudeudskiftning, er det nødvendigt først at beregne U-værdien for hele vinduet med den gamle rude og dernæst beregne U-værdien for vinduet med den nye rude. Før programmet benyttes er det således nødvendigt at undersøge vinduernes dimensioner såsom størrelse og glasandel. Der gøres opmærksom på, at BV95 kun kan anvendes til vurdering af energitilskud gennem vinduer i fyringssæsonen. I det følgende er det derfor forudsat, at vinduerne skal vælges til en bygning, hvor man er interesseret i et stort energitilskud til bygningen gennem fyringssæsonen.

Eksempel

For at undersøge hvilket af de forskellige ruder der er bedst, tages der udgangspunkt i et referencevindue, med målene 1230 mm · 1480 mm. Referencevinduet er som udgangspunkt forsynet med den i afsnit 4 beskrevne "Gamle rude", med en U-værdi på 3 W/m²K og en g-værdi på 0,76. Rammekonstruktionen er 100 mm i bredden og har U-værdien 2,0 W/m²K. Glasandelen bliver ved denne bredde 72,4%. Den lineære transmissionskoefficient sættes til 0,06 W/mK.

U-værdien og g-værdien for referencevindue beregnes med ovenstående værdier til henholdsvis 2,88 W/m²K og 0,55 svarende til rudenr. 0 i Tabel 9

Tabel 9. U- og g-værdien for vinduet med forskellige ruder.

Rudenr.	U-værdi (W/m ² K)	g-værdi
0	2,88	0,55
1	1,79	0,51
2	1,50	0,43
3	1,35	0,40
4	1,15	0,33

Bygningsdel	Retn.	Hældn.	At[m ²]	U[W/m ² K]	b[-]	Ht[W/K]	Fs	Fa	Fg	F	Qs[GJ]
Vinduer og yderdøre			201.5			580.32				0.	151.801
1 Glaspartier mod nord	N	90	25.2	2.88		72.576	1.	0.72	1.01	0.731	8.753
2 Vinduer mod nord	N	90	54.6	2.88		157.248	1.	0.72	1.01	0.731	18.965
3 Vinduer mod øst	Ø	90	16.8	2.88		48.384	1.	0.72	1.01	0.731	11.793
4 Glaspartier mod vest	V	90	12.6	2.88		36.288	1.	0.72	1.01	0.731	8.845
5 Vinduer mod vest	V	90	8.4	2.88		24.192	1.	0.72	1.01	0.731	5.897
6 Glaspartier mod syd	S	90	37.7	2.88		108.576	1.	0.72	1.01	0.731	43.833
7 Vinduer mod syd	S	90	46.2	2.88		133.056	1.	0.72	1.01	0.731	53.715

Figur 9. Hjælpekema 2 med indtastede værdier for referencevinduet.

U- og g-værdier for vinduet forsynet med de 4 øvrige ruder er angivet i Tabel 9.

Som eksempel på hvorledes programmet kan bruges til at træffe det rigtige valg af ruder mht. energiforbrug til opvarmning, undersøges de forskellige ruder i administrationsbygningen.

Da administrationsbygningen følger med programmet som en standardbygning er alle hjælpeskemaerne udfyldt på forhånd. For at undersøge de forskellige ruder, er det derfor kun nødvendigt at beskæftige sig med hjælpeskema 2 vist i Figur 9.

I hjælpeskema 2 ændres først alle U-værdierne til referencevinduet U-værdi på 2,88 W/m²K. Der regnes i dette eksempel ikke med skygger, hvorfor Fs sættes til 1. Som arealfaktor, Fa, indtastes glasandelen på 0,724. Glasfaktoren beregnes som rudens g-værdi divideret med 0,75, hvilket giver 1,01 (0,76/0,75).

Hjælpeskema 2 med disse indtastninger kan ses i Figur 9.

Figur 10 viser, at programmet beregner bygningens varmebehov med referencevinduet til ca. 186 GJ svarende til ca. 51700 kWh.

Varmebehovet fås i GJ/år men kan omregnes til kWh/år ved at dividere GJ/år med 0,0036.

Ved at indtaste nye U-værdier og glasfaktorer, kan varmetabet for bygningen med de øvrige ruderudskiftninger undersøges. I Tabel 10 er varmebehovet for bygningen ved de øvrige vinduer angivet.

Af Tabel 10 ses at besparelsen ved at udskifte den gamle rude i vinduet er meget stor, helt op mod 40 %. Vinduet monteret med rude nummer 1 og 2 giver næsten samme besparelse. Ligeledes kan det ses, at vinduet monteret med rude 3 og 4 kun er lidt bedre end med rude 1 og 2.

Der er her ikke taget hensyn til et evt. behov for køling, da BV95 kun regner på fyringssæsonen.

Figur 10. Hovedskema fra BV95.

Tabel 10. Varmebehov for vinduet med forskellige ruderudskiftninger.

Rudernr.	Varmebehov (kWh/år)	Besparelse (kWh/år)
0	51700	-
1	34300	17400
2	32600	19100
3	31300	20400
4	30600	21100

4.4 Soldia og Vinsim

Hvis Vinsim skal benyttes til at vurdere betydningen af en rudeudskiftning, er det nødvendigt først at beregne U-værdien for hele vinduet med den gamle rude og dernæst beregne U-værdien for vinduet med den nye rude. Før programmet benyttes er det således nødvendigt at undersøge vinduernes dimensioner såsom størrelse og glasandel. Vinsim kan anvendes til på årsbasis at beregne opvarmningsbehov, kølebehov samt antal timer med indelufttemperaturer over et givent sætpunkt.

Eksempel

I det følgende er det forudsat, at der skal vælges ruder til en bygning, hvor man er interesseret i et stort passivt energitilskud til bygningen gennem fyringssæsonen. For at undersøge hvilken af de forskellige ruder der er bedst, tages der udgangspunkt i et referencevindue med målene 1230 mm · 1480 mm. Referencevinduets rude er den i afsnit 4 beskrevne "Gamle rude" med en U-værdi på 3 W/m²K og en g-værdi på 0,76. Rammekonstruktionen er 100 mm i bredden og har U-værdien 2,0 W/m²K. Glasandelen bliver ved denne bredde 72,4%. Den lineære transmissionskoefficient sættes til 0,06 W/mK.

U-værdien og g-værdien for referencevindue beregnes med ovenstående værdier til henholdsvis 2,88 W/m²K og 0,55.

U- og g-værdien for de 4 øvrige vinduer er angivet i Tabel 11

Ved hjælp af Vinsim ønskes det bedste rudevalg til administrationbygningen bestemt.

Efter beregningen af vejrdata i Soldia, kan Vinsim i princippet åbnes, men for at kunne benytte Vinsim er det nødvendigt at kende U-værdierne og arealerne af administrationsbygningens ydervæg, gulv og loft, samt vinduernes arealer og orientering.

Ud fra hovedskemaet og hjælpeskema 1 og 2 i BV95, kan alle oplysninger, der skal bruges i Vinsim, findes med undtagelse af rumhøjden i bygningen på 2,8 m. Denne højde

Tabel 11. U- og g-værdien for vinduet med forskellige ruder.

Rudenr.	U-værdi (W/m ² K)	g-værdi
0	2,88	0,55
1	1,79	0,51
2	1,50	0,43
3	1,35	0,40
4	1,15	0,33

Tabel 12. Bygningsdeles U-værdier og areal.

Bygningsdel	U-værdi (W/m ² K)	Areal (m ²)	U·A (W/K)
Søjler	0,4	42,8	17,1
Brystninger	0,20	62,6	12,5
Remme	0,25	82,5	20,6
Tag	0,15	605,7	90,9
Terrændæk	0,3	605,7 · 0,6	109,0
Ventilation	0,34 · 0,5 · 2,8 · 605,7		288,3
Sum			538,4

skal ganges på gulvarealet for at finde ventilationstabet.

I Tabel 12 og Tabel 13 er de oplysninger om bygningen, der skal kendes, for at benytte Vinsim angivet. Med disse oplysninger kan indtastning i Vinsim nu begyndes.

Tabel 13. Vinduers orientering og areal

Vinduesorientering	Areal (m ²)
N	79,8
S	83,9
Ø	16,8
V	21

Programmet åbnes og der vælges **Nyt Projekt**, som frembringer et menuvindue: **Projekt information**. I denne menu vælges **Detaljeret model** og **Referenceår med femminuttersværdier**. Herefter er hovedmenuen aktiveret og de relevante oplysninger kan indtastes i programmet.

I undermenuen **Bygningsdata** indtastes først bygningens samlede UA-værdi. UA-værdien er bygningens samlede varmetab, eksklusiv vinduerne. Kun flader, der vender mod det fri, skal medtages, dog skal varmetabet fra gulv ligeledes medtages. Da gulv ikke vender mod det fri, korrigeres dette varmetab med en faktor 0,6, for at kompensere for at temperaturen under gulvet oftest er højere end udetemperaturen. UA-værdien skal endvidere indeholde varmetabet grundet luftskifte.

Bygningens samlede UA-værdi beregnes således som:

$$UA = U_{væg} \cdot A_{væg, fri} + 0,6 \cdot U_{gulv} \cdot A_{gulv} + 0,34 \cdot n \cdot V$$

hvor

UA er bygningens samlede varmetab

n er antal luftskift pr. time

V er rummets volumen, m³

UA-værdien for administrationsbygningen fremgår af Tabel 12, hvor luftskiftet er valgt til 0,5 h⁻¹.

Efter indtastning af UA-værdien skal bygningens tyngde vælges. I hovedskemaet i BV95, Figur 10, kan det ses, at der er indtastet en varmekapacitet på 80 Wh/m²K.

Som det tredje skal bygningens gulv og vægareal indtastes. Disse størrelser er allerede bestemt i forbindelse med beregning af UA-værdien og udgør henholdsvis 605,6 m² og 187,9 m².

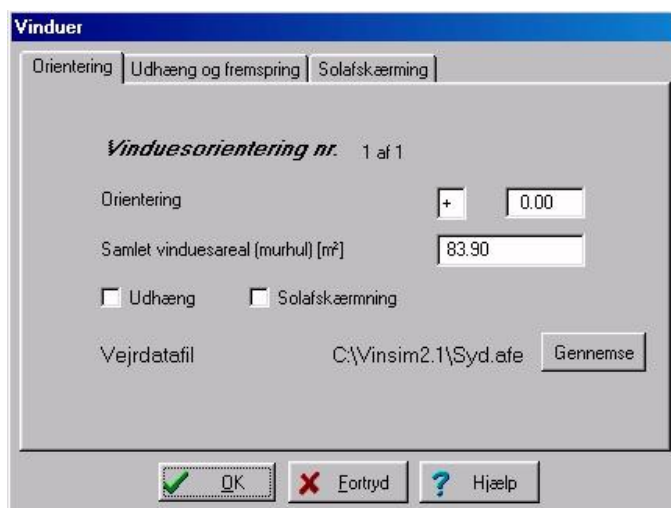
Efter indtastning af **Bygningsdata** skal **Vejrdatafiler** defineres. I denne undermenu indtastes vinduesorienteringer med tilhørende areal og vejrdatafil. Vejrdatafilen defineres ved at vælge den beregnede fil fra programmet Soldia. I Tabel 13 er vinduernes orientering samt areal angivet.

Under antal vinduesorienteringer vælges 4, da der i bygningen findes vinduer både i nord, syd, øst og vest. Dernæst skal areal og vejrdatafil indtastes under Orientering m.m. Orienteringen skal svare til den Soldia benytter, hvilket vil sige at syd er 0° , øst er 90° , vest $+90^\circ$ og nord $+180^\circ$. Vinduesarealer svarende til de 4 orienteringer indtastes og vejrdatafilen vælges. På Figur 11 ses menuen til indtastning af vinduesorientering og -areal samt af vejrdatafil. Figur 11 viser indtastningen af sydvendte vinduer.

Næste skridt er at vælge **Vinduestype**. I programmet ligger et vindueskatalog, men hvis andre vinduer ønskes undersøgt, skal disse oprettes. Ved oprettelse af et nyt vindue skal vinduets U-værdi og glasprocent indtastes. Derudover skal rudens g-værdi indtastes i rubrikken Transmittans. Sidste rubrik ved oprettelsen af et nyt vindue er Vinkelafhængighedseksponenten. Denne værdi anvendes i programmet til at beregne den totale solenergitransmittans for vinduet som funktion af solstrålingens indfaldsvinkel på vinduet. Værdien afhænger af hvilken rude der er i vinduet. I Tabel 14 er vinkelafhængighedseksponenten angivet for forskellige rudetyper.

Ved oprettelse af de angivne ruder, er vinkelafhængighedseksponenten valgt til 3,861 svarende til en energirude med et almindeligt glas og et glas med lavemissionsbelægning.

I undermenu **Temperaturer** skal sætpunkttemperaturen for indeluften og overtemperaturen vælges. Som sætpunkt for indelufttemperaturen vælges 20°C . Sætpunktet for overtemperatur kan benyttes, hvis det ønskes at undersøge hvor mange timer i løbet af året temperaturen er højere end den valgte sætpunktstemperatur. Dette giver mulighed for at vurdere indeklimaet i bygningen. Sætpunktet vælges til 26°C .



Figur 11. Indtastning af vinduesorientering og -areal samt valg af vejrdatafil.

Tabel 14. Vinkelafhængigheds eksponent ved forskellige rudetyper.

Rudetype	Vinkelafhængighedseksponent
Rude med 1 lag glas	4,14
Rude med 2 lag glas	3,50
Rude med 3 lag glas	2,82
Rude med 4 lag glas	2,79
Energirude med 1 alm. glas og 1 lavemissionsbelagt glas	3,86
Energirude med 1 alm. glas og 2 lavemissionsbelagte glas	3,53

Efter disse indtastninger kan en beregning udføres og resultatet kan ses ved at vælge "rapporten" Resultater for valgte vinduer.

Rapporten indeholder oplysninger vedrørende bygningens samlede UA-værdi (inklusive vinduer), varmeovergangstal, effektiv varmekapacitet, energiforbrug, antal timer med overtemperatur, energibidrag fra solstråling samt den valgte vinduestypes U-værdi, transmittans og glasandel.

Tabel 15. Opvarmningsbehov for bygningen med vinduer med forskellige ruder. Beregnet i Vinsim.

Rudernr.	Opvarmningsbehov (kWh)	Antal timer med temperatur over 26 °C
0	79900	1396
1	59800	1704
2	58200	1361
3	56700	1261
4	55000	854

Opvarmningsbehovet for administrationsbygningen med de 5 forskellige ruder kan ses i Tabel 15. Af tabellen ses, at der er ved en udskiftning af den gamle rude kan opnås en væsentlig besparelse på opvarmningsbehovet.

Hvorvidt rude 1, 2, 3 eller 4 skal vælges kan ikke afgøres på opvarmningsbehovet idet dette næsten er ens for alle ruder. Derimod kan antallet af timer med overtemperatur være en afgørende faktor. For alle ruderne vil der være mange timer med temperaturer over 26 °C, men rude 4 er med 854 timer i den henseende bedst.

Tabel 16. Vinduet monteret med solafskærmende rude. Typen af yderste lag glas varierer. Inderste lag glas er klar float glas.

Glastype, yderste lag	Rude			Vindue		
	U W/m ² K	g	τ	U W/m ² K	g	τ
Gennemfarvet	1,1	0,41	0,66	1,50	0,30	0,48
Belagt solafskærmende	1,1	0,16	0,17	1,50	0,12	0,12
Belagt solafskærmende energiglas	1,1	0,34	0,67	1,50	0,25	0,49

De 854 timer med temperaturer over 26 °C, kan i Vinsim kun begrænses yderligere ved at vælge rudetyper med solafskærmende glas. I praksis vil rumtemperaturen kunne begrænses ved øget udluftning, men effekten af periodevis øget udluftning kan ikke beregnes i Vinsim.

For at undersøge hvad der skal til for at begrænse eller helt udelukke timer med temperaturer over 26 °C undersøges tre ruder med solafskærmende glas. Rudernes U- og g-værdier samt vinduets U- og g-værdi med disse ruder vist i Tabel 16. For de to første rudetyper i Tabel 16 er det forudsat, at inderste glas er lavemissionsbelagt. For den tredje rudetype fungerer den solafskærmende belægning også som lavemissionsbelægning.

Tabel 17. Opvarmningsbehov for bygningen med vinduer med forskellige ruder med solafskærmende glas.

Rude	Opvarmningsbehov (kWh)	Antal timer med temperatur over 26 °C
Gammel to-lags rude	79900	1396
Solafskærmende med gennemfarvet glas	65500	541
Solafskærmende med belagt solafskærmende glas	79900	5
Solafskærmende med belagt solafskærmende energiglas	68900	298

Det beregnede opvarmningsbehov og antal timer med temperaturer over 26 °C er angivet i Tabel 17.

Som det ses af tabellen kan det næsten undgås at få timer i bygningen med temperaturer over 26 °C, hvis ruden i vinduet er med belagt solafskærmende glas. Til gengæld bliver

opvarmningsbehovet meget større end tilfældet er med rude nummer 1, 2, 3 eller 4.

For to af ruderne, ruden med gennemfarvet glas og ruden med belagt solafskærmende energiglas, er opvarmningsbehovet mindre end for referencevinduet. Man kan således både opnå at nedbringe opvarmningsbehov og antal timer med temperaturer over 26 °C, men antallet af timer med høje temperaturer er stadig uacceptabelt højt. I praksis vil rumtemperaturen som nævnt kunne begrænses ved øget udluftning, men effekten af periodevis øget udluftning kan ikke beregnes i Vinsim. Herudover vil anvendelse af specielt udvendige solafskærmninger effektivt kunne medvirke til at afhjælpe problemet. Her kan Vinsim give vejledende resultater, men for mere korrekte resultater skal der foretages beregninger med et detaljeret program som tsbi3. Det er vigtigt at der ved rudevalget også tages hensyn til et stort solindfalds negative indflydelse, specielt i bygninger med stor intern varmebelastning (f.eks. kontorbygninger). Rudevalget er afgørende for at sikre et godt indeklima uden brug af store mængder køle-energi.

Ingen af de solafskærmende ruder kan medvirke til de samme store besparelser på opvarmningsbehovet som ruderne 1, 2, 3 eller 4.

Ved at sammenligne Tabel 10 og Tabel 15 ses det, at opvarmningsbehovet for administrationsbygningen ikke beregnes ens ved brug af henholdsvis BV95 og Vinsim.

Baggrunden for dette er, at beregningsgrundlaget ikke er ens i de 2 programmer. F.eks. er der i BV95 medtaget mekanisk ventilation og internt varmetilskud fra personer og udstyr. For at kunne sammenligne de to programmer skal disse bidrag sættes til 0. Endvidere er reduktionskonstanten for terrændækket i BV95 sat til 0,8 og ikke 0,6 som i Vinsim

5 Udskiftning af vinduer

Tabel 18. Sammensætningen samt U- og g-værdien af 3 forskellige vinduer.

Vind. Nr.	Rude		Ramme-karm		Glas-andel	Vindue	
	U W/m ² K	g	Bredde (mm)	U W/m ² K		U	g
Gammelt	3	0,76	110	1,5	0,70	2,70	0,53
1	1,1	0,59	110	1,5	0,70	1,37	0,41
2	1,5	0,71	55	2	0,84	1,74	0,60

For at se hvorledes man kan vurdere betydningen af en vinduesudskiftning tages udgangspunkt i et ældre vindue ("gammelt vindue") med en U-værdi på 2,7 W/m²K og en g-værdi på 0,53. Vinduet er introduceret i Kompendium 1 afsnit 9. Vinduet er sammensat af ruden fra eksemplerne i afsnit 4, en ramme-karmkonstruktion med en U-værdi på 1,5 W/m²K og 110 mm i bredden. Linietafskoefficienten, ψ , er 0,06. Vinduerne sammensætning samt U- og g-værdier ved standardmålene 1230 mm · 1480 mm fremgår af Tabel 18.

5.1 Diagrammetoden

Eksempel

Ved hjælp af diagrammerne for lodrette syd, nord- og øst/vest-vendte vinduer i Figur 20-Figur 22 kan energitilskud for de forskellige vinduer bestemmes. Energitilskuddet er angivet i Tabel 19.

Som det ses af tabellen kan der opnås et meget større energitilskud for sydvendte vinduer ved at udskifte det gamle vindue med et af de nye vinduer. Energitilskuddet kan endog vendes fra at være negativt til at være positivt. Lige så vigtigt viser tabellen også, at tabet fra de øst/vestvendte vindue kan reduceret kraftigt, således at tab næsten helt kan undgås.

Sammenlignes energitilskuddet for de forskellige orienteringer viser der sig et interessant forhold. Det er nemlig ikke det samme vindue der giver det bedst energitilskud for de forskellige orienteringer.

F.eks. er vindue 2 bedst syd- og øst/vestvendt, mens vindue 1 er bedst som nordvendt.

Hvis f.eks. en bygning har en stor andel nordvendte vinduer, vil det således være fornuftigt at vælge vindue 1. Men hvis bygningen har en stor andel af sydvendte ruder, vil vindue 2 være det fornuftigste valg.

Før man beslutter sig for hvilket vindue man ønsker i sin bygning, bør man derfor under-

Tabel 19. Energitilskud for 3 forskellige vinduer ved diagrammetoden.

Vindue	Energitilskud (kWh/m ²)		
	Syd	Nord	Øst/vest
Gammelt	-15	-189	-120
1	53	-81	-29
2	102	-94	-18

søge hvorledes bygningens vinduer er fordelt med hensyn til retning.

Det antages at en bygning har følgende fordeling af vinduerne:

nord: 26 %
syd: 41 %
øst/vest: 33 %

Vinduernes energitilskud ganges med denne fordeling for at få et vægtet energitilskud og dermed et vurderingsgrundlag for bygningen. Energitilskuddene kan ses i Tabel 20.

Som det ses af tabellen er begge vinduer meget bedre end det gamle vindue, og med vindue 2 kan energitilskuddet endda blive positivt.

Hvis man yderligere ønsker at præcisere sin vurdering af energitilskuddet til bygningen, kan man ligeledes korrigere for, at vinduerne har forskellige arealer og glansdele. Dette punkt er dog ikke så væsentligt, idet man kan opnå et godt vurderingsgrundlag med en gennemsnitsværdi af U- og g-værdien.

Det skal bemærkes at diagrammetoden ikke tager hensyn til skygger og udhæng. Hvis man ønsker at tage hensyn til skygger og udhæng kan man gange vinduets g-værdi med en skygge korrektionsfaktor, f.eks. 0,7. Skygger og udhæng er en væsentlig faktor ved energitilskud, idet energitilskuddet vil falde markant hvis der regnes med skygger. Det kan derfor anbefales at regne med en skyggekorrektionsfaktor, f.eks. 0,7, for ikke at beregne for høje energitilskud der måske viser sig ikke at holde stik når først vinduet er udskiftet i bygningen. Se endvidere afsnit 5.2.

Tabel 20. Energitilskud for 3 forskellige vinduer ved referencehusmetoden.

Vindue	Energitilskud (kWh/m ²)
Gammelt	-95
1	-9
2	11

5.2 Referencehusmetoden

Som beskrevet i afsnit 5.1 er det nødvendigt at vide noget om fordelingen af vinduerne i de forskellige retninger, hvis man skal kunne vurdere effekten af at udskifte vinduerne i bygningen.

Derfor er der udarbejdet et diagram for et referencehus med en vinduesfordeling givet ved:

nord: 26 %
syd: 41 %
øst/vest: 33 %

Diagrammet er vist i Appendiks B Figur 27.

Diagrammet gælder kun hvis vinduesfordelingen ikke afviger meget fra referencehuset, og hvis skyggeforholdene er de samme. Der er regnet med en skyggekorrektionsfaktor på 0,7, svarende til en reduktion af solindfaldet på 30 % i forhold til en situation uden skygger.

Der gøres opmærksom på, at referencehusmetoden i den nuværende form kun kan anvendes til vurdering af energitilskud gennem vinduer i fyringssæsonen. I det følgende er det derfor forudsat, at vinduerne skal vælges til en bygning, hvor man er interesseret i et stort energitilskud til bygningen gennem fyringssæsonen.

Eksempel

Ved at benytte diagrammet i Appendiks B Figur 27 kan energitilskuddet for referencehuset findes. Resultatet er angivet i Tabel 21.

Som det ses af tabellen, er energitilskuddet for vindue 1 og 2 næsten ens og begge vinduer giver et væsentligt bedre energitilskud end et gammelt.

Energitilskuddene fundet ved referencehusmetoden bliver væsentligt lavere end dem der er fundet ved diagrammetoden. Dette skyldes, at diagrammet for referencehusmetoden tager hensyn til skygger og tagudhæng. Hvis g -værdien for ruderne ganges med en skyggekorrektionsfaktor på 0,7 vil energitilskuddet fundet ved diagrammetoden

blive den samme som ved referencehusmetoden.

Det er vigtigt at bemærke, at energitilskuddet for vindue 2 nu er negativt, hvilket ikke var tilfældet da energitilskuddet blev bestemt ved diagrammetoden. Begrundelsen er som ovennævnt, at referencehusmetoden medtager korrektion for skygger og udhæng.

Man kan altså risikere, at man bestemmer et positivt energitilskud for et vindue når man ikke medtager skygger og et negativt energitilskud når der tages hensyn til skygger. Skygger og udhæng er således en vigtig faktor ved bestemmelse af energitilskuddet for vinduer.

Tabel 21. Energitilskud for forskellige vinduesudskiftninger.

Vindue	Energitilskud (kWh/m ²)
Gammelt	-140
1	-43
2	-39

5.3 BV95

Hvis BV95 skal benyttes til at vurdere betydningen af en vinduesudskiftning, skal man først beregne U-værdierne for de vinduer man ønsker at undersøge. Før programmet benyttes er det således nødvendigt at undersøge vinduernes dimensioner såsom størrelse og glasandel.

Eksempel

For at undersøge hvilket af de forskellige vinduer der er bedst, tages der udgangspunkt i et standardvindue, med målene 1230 mm · 1480 mm. Det gamle vindues rude er den i afsnit 4 beskrevne "Gamle rude", med en U-værdi på 3 W/m²K og en g-værdi på 0,76. Ramme-karmkonstruktionen er 100 mm i bredden og har U-værdien 2,0 W/m²K. Glasandelen bliver ved denne bredde 72,4 %. Den lineære transmissionskoefficient sættes til 0,06 W/mK.

U-værdien og g-værdien for det gamle vindue beregnes med ovenstående værdier til henholdsvis 2,70 W/m²K og 0,53.

Det undersøges hvilket af 2 nyere vinduer der skal vælges ved en udskiftning af vinduet. U- og g-værdierne for det gamle vindue samt for de 2 øvrige vinduer er angivet i Tabel 18.

Som eksempel på hvorledes programmet kan bruges til at træffe det rigtige valg af vinduer, undersøges de forskellige vinduer i administrationsbygningen.

Da administrationsbygningen følger med programmet som en standardbygning er alle hjælpeskemaerne udfyldt på forhånd. For at undersøge de forskellige vinduer, er det derfor kun nødvendigt at beskæftige sig med hjælpeskema 2.

I hjælpeskema 2 ændres først alle U-værdierne til det gamle vindues U-værdi på 2,7 W/m²K. Der regnes ikke med skygger, hvorfor Fs sættes til 1. Som arealfaktor, Fa, indtastes glasandelen på 0,70. Glasfaktoren beregnes som rudens g-værdi divideret med 0,75, hvilket giver 1,01 (0,76/0,75).

Hjælpeskema 2 med disse indtastninger kan ses i Figur 12.

Tabel 22. Sammensætningen samt U- og g-værdien af 3 forskellige vinduer.

Vind.	Rude		Ramme-karm		Vindue		
	U W/m ² K	g	Bredde (mm)	U W/m ² K	Glas- andel	U W/m ² K	g
Gam melt	3	0,76	110	1,5	0,70	2,70	0,53
1	1,1	0,59	110	1,5	0,70	1,37	0,41
2	1,5	0,71	55	2	0,84	1,74	0,60

Bygningsdel	Retn.	Hældi	At[m ²]	U[W/m ² K]	b(-)	Ht[W/K]	Fs	Fa	Fg	F	Qs[GJ]
Vinduer og yderdøre			201.5			544.05				0.	146.769
1 Glaspartier mod nord	N	90	25.2	2.7		68.04	1.	0.7	1.01	0.707	8.463
2 Vinduer mod nord	N	90	54.6	2.7		147.42	1.	0.7	1.01	0.707	18.336
3 Vinduer mod øst	Ø	90	16.8	2.7		45.36	1.	0.7	1.01	0.707	11.402
4 Glaspartier mod vest	V	90	12.6	2.7		34.02	1.	0.7	1.01	0.707	8.552
5 Vinduer mod vest	V	90	8.4	2.7		22.68	1.	0.7	1.01	0.707	5.701
6 Glaspartier mod syd	S	90	37.7	2.7		101.79	1.	0.7	1.01	0.707	42.38
7 Vinduer mod syd	S	90	46.2	2.7		124.74	1.	0.7	1.01	0.707	51.935

Figur 12. Hjælpeskema 2 med indtastede værdier for det gamle vindue.

Hovedskema - C:\BV95\VEKSEMPEL\NYADMIN.B95:1

Bygning

Bygningsdata

Bygningstype	Rumtemp. (°C)	Normal brugstid
Anden bygning	20.	45.
Opvarmet areal (m ²) etage	Opvarmet areal (m ²) bebygget	Antal etager
650.2	650.2	1.

Tidskonstant

Varmekapacitet (Wh/K m ²)	Tidskonstant (timer)
80.	50.267

Internt varmetilskud

Brugstid (W/m ²)	Middel (W)
20.	3483.214

Ventilation

Ventilation i brugstid (l/s m ²)	Ventilation ubenyttet (l/s m ²)	Beregningsmæssig ventilation	Ventilations varmetab (W/K)
0.	0.	0.169	204.253

Varmetab (W/K)

Ydervægge	Vinduer etc.	Ventilation	Varmetab i alt
286.488	544.05	204.253	1034.791

Energiramme (MJ/m²)

Uden tillæg	Tillæg	Resulterende
227.69	11.43	239.12

Varmebehov pr år

GJ	MJ/m ²
177.383	272.812

Figur 13. Hovedskema fra BV95.

Som vist i Figur 13 er bygningens varmebehov med det gamle vindue beregnet til ca. 177 GJ svarende til ca. 49200 kWh.

Varmebehovet fås i GJ/år men kan omregnes til kWh/år ved at dividere GJ/år med 0,0036.

Ved at indtaste nye U-værdier og glasfaktorer, kan varmetabet for bygningen med de øvrige vinduer undersøges. I Tabel 23 er varmetabet for de øvrige vinduer angivet.

Af tabellen ses at vindue 1 og 2 næsten giver det samme varmebehov, og at de begge er en meget bedre løsning end det gamle vindue, med besparelser på varmebehovet på ca. 37 %.

Tabel 23. Varmebehov for bygningen med vinduer med forskellige rudetyper.

Rudetype	Varmebehov (kWh/år)	Besparelse (kWh/år)
Gammel	49200	-
1	30900	18300
2	30800	18400

5.4 Soldia og Vinsim

Hvis Soldia og Vinsim skal benyttes til at vurdere betydningen af en vinduesudskiftning, skal man først beregne U-værdierne for de vinduer man ønsker at undersøge. Før programmet benyttes er det således nødvendigt at undersøge vinduernes dimensioner såsom størrelse og glasandel.

Eksempel

For at undersøge hvilket af de forskellige vinduer der er bedst, tages der udgangspunkt i et gammelt vindue med målene 1230 mm · 1480 mm. Det gamle vindues rude er den i afsnit 4 beskrevne "Gamle rude" med en U-værdi på 3 W/m²K og en g-værdi på 0,76. Ramme-karmkonstruktionen er 100 mm i bredden og har U-værdien 2,0 W/m²K. Glasandelen bliver ved denne bredde 72,4 %. Den lineære transmissionskoefficient sættes til 0,06 W/mK.

U-værdien og g-værdien for det gamle vindue beregnes med ovenstående værdier til henholdsvis 2,70 W/m²K og 0,53.

Det undersøges hvilket af 2 nyere vinduer der skal vælges ved en udskiftning af det gamle vindue. U- og g-værdierne for de tre vinduer er angivet i Tabel 24.

Ved hjælp af Vinsim ønskes det bedste vinduesvalg til administrationbygningen bestemt.

Efter beregningen af vejrdata i Soldia, kan Vinsim i princippet åbnes, men for at kunne benytte Vinsim er det nødvendigt at kende U-værdierne og arealerne af administrationsbygningens ydervæg, gulv og loft, samt vinduernes arealer og orientering.

Udfra hovedskemaet og hjælpeskema 1 og 2 i BV95, kan alle oplysninger, der skal bruges i Vinsim, findes med undtagelse af rumhøjden i bygningen på 2,8 m. Denne højde skal ganges på gulvarealet for at finde ventilationstabet.

Tabel 24. Sammensætningen samt U- og g-værdien af 3 forskellige vinduer.

Vind. type	Rude		Ramme-karm		Vindue		
	U W/m ² K	g	Tykkelse (mm)	U W/m ² K	Glasandel	U W/m ² K	g
Gammelt	3	0,76	110	1,5	0,70	2,70	0,53
1	1,1	0,59	110	1,5	0,70	1,37	0,41
2	1,5	0,71	55	2	0,84	1,74	0,60

Tabel 25. Bygningsdeles U-værdier og areal.

Bygningsdel	U-værdi (W/m ² K)	Areal (m ²)	U·A (W/K)
Søjler	0,4	42,8	17,1
Brystninger	0,20	62,6	12,5
Remme	0,25	82,5	20,6
Tag	0,15	605,7	90,9
Terrændæk	0,3	605,7 · 0,6	109,0
Ventilation	0,34 · 0,5 · 2,8 · 605,7		288,3
Sum			538,4

Tabel 26. Vinduers orientering og areal

Vinduesorientering	Areal (m ²)
N	79,8
S	83,9
Ø	16,8
V	21

I Tabel 26 og Tabel 25 er de oplysninger om bygningen, der skal kendes, for at benytte Vinsim angivet. Med disse oplysningerne kan indtastning i Vinsim begyndes.

Programmet åbnes og der vælges **Nyt Projekt**, som frembringer et menuvindue: **Projekt information**. I denne menu vælges **Detaljeret model** og **Referenceår med femminuttersværdier**. Herefter er hovedmenuen aktiveret og de relevante oplysninger kan indtastes i programmet.

I undermenuen **Bygningsdata** indtastes først bygningens samlede UA-værdi. UA-værdien er bygningens samlede varmetab, eksklusiv vinduerne. Kun flader, der vender mod det fri, skal medtages, dog skal varmetabet fra gulv ligeledes medtages. Da gulv ikke vender mod det fri, korrigeres dette varmetab med en faktor 0,6, for at kompensere for at temperaturen under gulvet oftest er højere end udetemperaturen. UA-værdien skal endvidere indeholde varmetabet grundet luftskifte.

Bygningens samlede UA-værdi beregnes således som:

$$UA = U_{\text{væg}} \cdot A_{\text{væg, fri}} + 0,6 \cdot U_{\text{gulv}} \cdot A_{\text{gulv}} + 0,34 \cdot n \cdot V$$

hvor

UA er bygningens samlede varmetab

n er antal luftskift pr. time

V er rummets volumen, m³

UA-værdien for administrationsbygningen fremgår af Tabel 25, hvor luftskiftet er vagt til 0,5 h⁻¹.

Efter indtastning af UA-værdien skal bygningens tyngde vælges. I hovedskemaet i BV95, Figur 13, kan det ses, at der er indtastet en varmekapacitet på 80 Wh/m²K.

Som det tredje skal bygningens gulv og vægareal indtastes. Disse størrelser er allerede bestemt i forbindelse med beregning af UA-værdien og udgør henholdsvis 605,6 m² og 187,9 m².

Efter indtastning af **Bygningsdata** skal **Vejrdatafiler** defineres. I denne undermenu indtastes vinduesorienteringer med tilhørende areal og vejrdatafil. Vejrdatafilen defineres ved at vælge den beregnede fil fra pro-

grammet Soldia . I Tabel 26 er vinduernes orientering samt areal angivet.

Under antal vinduesorienteringer vælges 4, da der i bygningen findes vinduer både i nord, syd, øst og vest. Dernæst skal areal og vejrdatabil indtastes under Orientering m.m. Orienteringen skal svare til den Soldia benytter, hvilket vil sige at syd er 0°, øst er 90°, vest +90° og nord +180°. Vinduesarealer svarende til de 4 orienteringer indtastes og vejrdatabilen vælges. På Figur 14 ses menuen til indtastning af vinduesorientering og -areal samt af vejrdatabil. Figur 14 viser indtastningen af sydvendte vinduer.

Næste skridt er at vælge **Vinduestype**. I programmet ligger et vindueskatalog, men hvis andre vinduer ønskes undersøgt, skal disse oprettes. Ved oprettelse af et nyt vindue skal vinduets U-værdi og glasprocent indtastes. Derudover skal rudens g-værdi indtastes i rubrikken Transmittans. Sidste rubrik ved oprettelsen af et nyt vindue er VinkelafhængighedsekspONENTEN. Denne værdi afhænger af hvilken rude der er i vinduet. I Tabel 27 er vinkelafhængighedsekspONENTEN angivet for forskellige rudetyper.

Ved oprettelse af de angivne ruder, er vinkelafhængighedsekspONENTEN valgt til 3,861 svarende til en energirude med et almindeligt glas og et glas med belægning.

I undermenuen **Temperaturer** skal sætpunkttemperaturen for indeluften og overtemperaturen vælges. Som sætpunkt for indelufttemperaturen vælges 20 °C. Sætpunktet for overtemperatur kan benyttes hvis det ønskes at undersøge hvor mange timer i løbet af året temperaturen er højere end den valgte sætpunktstemperatur. Dette giver mulighed for at vurdere indeklimaet i bygningen. Sætpunktet vælges til 26 °C.

Efter disse indtastninger kan en beregning udføres og resultatet kan ses ved at vælge "rapporten" Resultater for valgte vinduer.

Figur 14. Indtastning af vinduesorientering og -areal samt valg af vejrdatabil.

Tabel 27. Vinkelafhængigheds eksponent ved forskellige rudetyper.

Rudetype	Vinkelafh. eksponent
Rude med 1 lag glas	4,137
Rude med 2 lag glas	3,504
Rude med 3 lag glas	2,818
Rude med 4 lag glas	2,787
Energirude med 1 alm. glas og 1 coatede glas	3,861
Energirude med 1 alm. glas og 2 coatede glas	3,529

Tabel 28. Opvarmningsbehov for bygningen ved forskellige vinduer beregnet i Vinsim.

Vindue.	Opvarmningsbehov (kWh)	Antal timer med temperatur over 26 °C
Gammelt	77100	1380
1	56300	1341
2	55100	2213

Rapporten indeholde oplysninger vedrørende bygningens samlede UA-værdi (inklusive vinduer), varmeovergangstal, effektiv varmekapacitet, energiforbrug, antal timer med overtemperatur, energibidrag fra solstråling samt den valgte vinduestypes U-værdi, transmittans og glasandel.

Opvarmningsbehovet for administrationsbygningen med de forskellige vinduer kan ses i Tabel 28.

Som det ses af tabellen giver vindue 1 og 2 næsten det samme opvarmningsbehov og at de begge er medfører et meget lavere opvarmningsbehov end det gamle vindue.

Valg af vindue 2 vil dog medføre et øget antal timer med temperaturer over 26 °C.

Det vil derfor være bedst at vælge vindue 1, som næsten giver samme antal timer med temperaturer over 26 °C. De 1341 timer med temperaturer over 26 °C kan i Vinsim kun begrænses yderligere ved at vælge helt andre rudetyper såsom solafskærmende glas. Dette er behandlet i afsnit 4.4.

I praksis vil rumlufttemperaturen kunne begrænses ved øget udluftning, men effekten af periodevis øget udluftning kan ikke beregnes i Vinsim.

Herudover vil anvendelse af specielt udvendige solafskærmninger effektivt kunne medvirke til at afhjælpe problemet med for høje rumlufttemperatur. Her kan Vinsim give vejledende resultater, men for mere korrekte resultater skal der foretages beregninger med et detaljeret program som tsbi3.

Det er vigtigt, at der ved vinduesvalget også tages hensyn til et stort solindfalds negative indflydelse, specielt i bygninger med stor intern varmebelastning (f.eks. kontorbygninger). Vinduesvalget er afgørende for at sikre et godt indeklima uden brug af store mængder køleenergi.

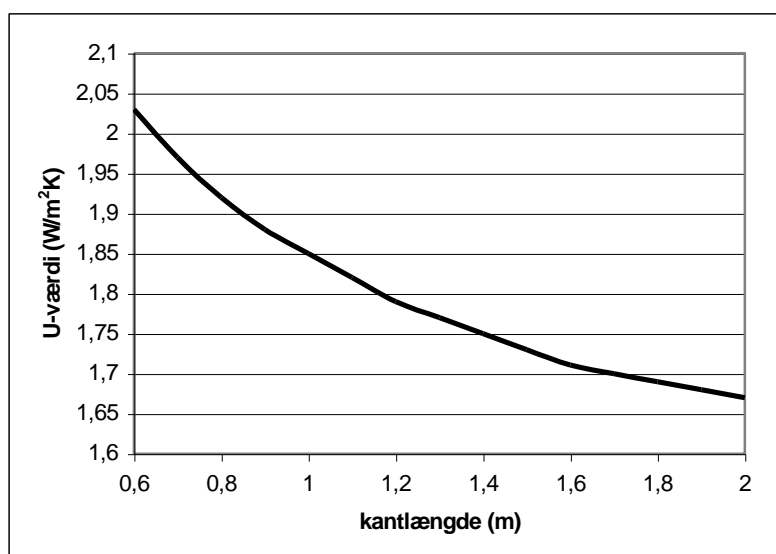
Ved at sammenligne Tabel 23 og Tabel 28 ses det, at opvarmningsbehovet for administrationsbygningen ikke beregnes ens ved brug af henholdsvis BV95 og Vinsim.

Baggrunden for dette er, at beregningsgrundlaget ikke er ens i de 2 programmer. F.eks. er der i BV95 medtaget mekanisk

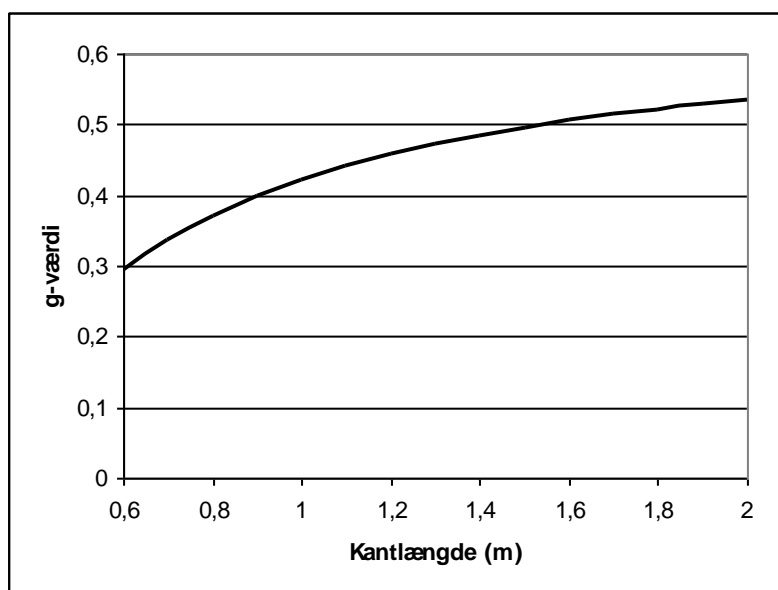
ventilation og internt varmetilskud fra personer og udstyr. For at kunne sammenligne de to programmer skal disse bidrag sættes til 0. Endvidere er reduktionskonstanten for terrændækket i BV95 sat til 0,8 og ikke 0,6 som i Vinsim.

6 Valg af vinduer til nybyggeri

Metoden til energirigtigt valg af vinduer til nybyggeri er den samme som beskrevet i afsnit 5. Dog er der den forskel, at ved valg af vinduer til nybyggeri kan vinduets størrelse, form og placering i væggen vælges frit. Men netop disse parametre har indflydelse på vinduernes energitilskud til bygningen og derfor undersøges det i de følgende afsnit hvorledes energimærkningsdata for et vindue ændres ved forskellige udformninger af vinduet.



Figur 15. Kantlængdens betydning for U-værdien.



Figur 16. Kantlængdens betydning for g-værdien.

6.1 Vinduesudformningens betydning på energimærkningsdata

Standardvinduet har målene 1230 mm · 1480 mm, og med en ramme-karmbredde på 100 mm fås en glasandel på 72,4 %. Ruden har en U-værdi på 1,46 W/m²K og en g-værdi på 0,66, mens U-værdien for ramme-karmkonstruktionen er 2,0 W/m²K. Den lineære transmissionskoefficient er 0,06 W/mK. Den samlede U-værdi for vinduet bliver 1,76 W/m²K.

6.1.1 Størrelsens betydning

Vinduets areal har betydning for vinduets energibalance, idet forholdet mellem glasarealet og ramme-karmarealet ændres når der anvendes samme ramme-karmdimensioner. Energimæssigt er der således forskel på at have ét stort vindue eller mange små vinduer.

Eksempel

For at undersøge betydningen af vinduets størrelse, er U- og g-værdien samt energitilskuddet beregnet for et vindue med rude og ramme-karmprofil som beskrevet i afsnit 6.1, men ved forskellige vinduesstørrelser. Der regnes med at vinduet er kvadratisk, hvilket vil sige at vinduets samlede areal er kantlængden gange kantlængden.

U- og g-værdien af vinduet som funkti-

on af kantlængden kan ses på Figur 15 og Figur 16. g -værdien er her beregnet uden skygger. Som det ses, falder U -værdien, mens g -værdien stiger ved større vinduesareal. Begrundelsen for dette er, at glasandelen i vinduet bliver større og da rudens U -værdi er mindre end ramme-karmens, bliver vinduets samlede U -værdi også mindre. Den større glasandel bevirker således også at g -værdien bliver større.

På Figur 17 kan vinduets energitilskud ses som funktion af vinduets areal. Energitilskuddet er beregnet i de to tilfælde, med og uden skygger. Ved beregning med skygger er der benyttet en korrektionsfaktor på 0,8.

Der kan udledes to konklusioner ud fra

Figur 17. Den ene er, at energitilskuddet er større for et stort vindue end for flere små. Dette gør sig gældende hvad enten man regner med eller uden skygger.

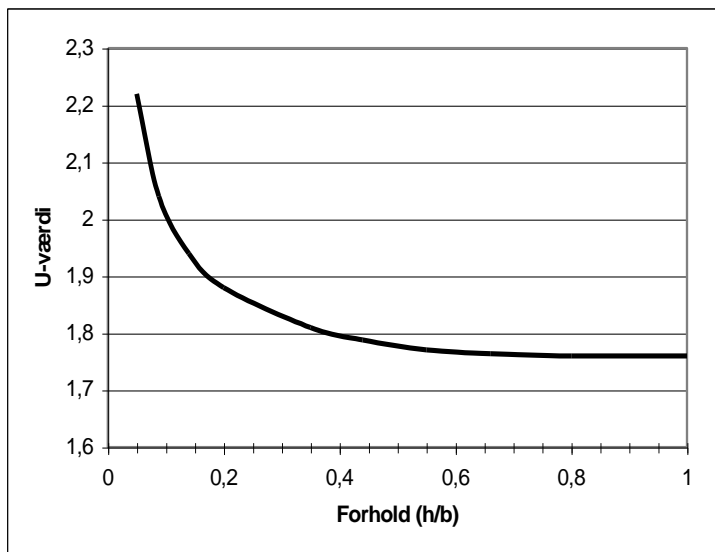
F.eks. vil man beregnet uden skygger få et energitilskud på 15 kWh/m^2 fra et vindue på 1 m^2 , mens man fra et vindue på 2 m^2 vil få et energitilskud på 51 kWh/m^2 , altså mere end tre gange så meget.

Den anden konklusion, der kan udledes af

Figur 17, er, at det er vigtigt at medregne skyggeforhold. Dette kan f.eks. ses ved, at energitilskuddet vil være positivt for et vindue på ca. $0,8 \text{ m}^2$ uden medtagning af skygger. Hvis der regnes med en skyggefaktor på 0,8, skal man op på et vinduesareal på ca. $1,6 \text{ m}^2$ for at få et positivt energitilskud. Altså ca. det dobbelte areal.

Der er altså stor risiko for, at man når huset er bygget, ikke opnår det tiltænkte energitilskud fra sine vinduer, hvis der ikke er taget hensyn til skygger.

Figur 17. Vinduesarealets betydning for energitilskuddet. Sydvendt kvadratisk vindue med U - og g -værdier som angivet i Figur 15 og Figur 16. Skyggefaktor er 0,8 for stiplede kurve.



Figur 18. Forholdets betydning for vinduets U-værdi.

6.1.2 Formens betydning

Når et vindues areal fastholdes og det gøres henholdsvis smalt og bredt, ændres glasarealet og solindfaldet varierer pga. ændrede skyggeforhold. Vinduets form har således betydning for energibalancen. Forudsættes rudens U-værdi at være lavere end ramme-karmprofilets opnås den laveste U-værdi og den højeste g-værdi for et kvadratisk vindue, idet glasarealet i forhold til det totale areal da bliver størst. U-værdi som funktion af forholdet mellem højden og bredden for et vindue med rude- og ramme-karmdata som beskrevet i afsnit 6.1 kan ses på Figur 18.

Som beskrevet viser det sig, at U-værdien bliver mindst når vinduet er kvadratisk, hvilket vil sige når forholdet mellem højden og bredden er 1.

6.1.3 Placering i vægkonstruktion

Varmestrømmen gennem vinduesarealet afhænger også af vinduets integration i vægkonstruktionen. Forlængelse af væggen op over rammekanten vil reducere varmemestrømmen gennem vinduesarealet. Reduktionen vil være mest signifikant for vinduer med dårligt isolerende rammer.

Som hovedregel bør vinduet placeres i fortsættelse af isoleringslaget i væggen, da dette giver de mest lineære isotermer og dermed minimerer den flerdimensionale effekt.

Er væggen tyk, eller er isoleringslaget placeret i den inderste del af væggen, og er man interesseret i høj udnyttelse af solenergien, kan det være fordelagtigt at anbringe vinduet mere yderligt pga. mindre skygge fra væggen. Det er i givet fald vigtigt at analysere eventuelle kuldebroeffekter ved vindue/vægforbindelsen. Hvis vægkonstruktionen er udført i velisolerende materiale (træ og isolering), vil der ikke være synderlig forskel for de forskellige placeringer. Det mindske varmetab, der opnås ved at placere vinduet midt i væggen i stedet for yderst, er delvist modvirket ved et mindsket solindfald. Ved renovering af f.eks. en ydervæg bør vinduet flyttes med ud i facaden i forlængelse af isoleringslaget.

Litteratur

- [1] *Vedtægt for mærkningsordningen Energimærkning af vinduer og ruder. Marts 2005*
- [2] *Energimærkning. Tekniske Bestemmelser for ruder. Januar 2008*
- [3] *Energimærkning. Tekniske Bestemmelser for vinduer. Marts 2008*
- [4] *DS 418 – 6. Udgave - Beregning af bygningers varmetab. Dansk Standard*
- [5] *Tillæg 4 til DS 418 Beregning af bygningers varmetab. Tillæg om kuldebroer, fundamenter, terrændæk, kældergulve og –vægge samt samlinger omkring vinduer og døre. Dansk standard høringsudkast, marts 1999*
- [6] *Bygningers energibehov. SBI-Anvisning 184. Statens byggeforskningsinstitut, 1995*
- [7] *Ruder og vinduers energimæssige egenskaber. Kompendium 3: Detaljerede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata. Institut for Bygninger og Energi, DTU, 1999*
- [8] *Design Reference Year, DRY - et nyt dansk referenceår*
Jerry Møller Jensen og Hans Lund
Institut for Bygninger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet, 1995
- [9] *Energi 21, Regeringens energihandlingsplan 1996, Miljø- og Energiministeriet 1996.*
- [10] *KLIMA 2012, Status og perspektiver for dansk klimapolitik, Miljø- og Energi- ministeriet, marts 2000.*

Adresser

Adresse:	Kontaktpersoner:
BYG•DTU Danmarks Tekniske Universitet Bygning 118, Brovej 2800 Kgs. Lyngby Tlf. 45 25 18 55 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/	
Statens Byggeforsknings Institut Postboks 119 2970 Hørsholm Tlf. 45 86 55 33 http://www.sbi.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/	

Appendiks

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.

Tabel 29. 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 30. 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

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 29

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 30.

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

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 31

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 31 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 31. 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

Energitilskuddet 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 energimæssigt optimalt 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. Der er endvidere vedlagt et diagram for vandrette ruder og vinduer, samt et diagram for energitilskuddet til et referencehus (bolig) (Figur 20- Figur 22). 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 4.1, 4.2, 5.1 og 5.2.

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°. Skyggefaktoren 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.

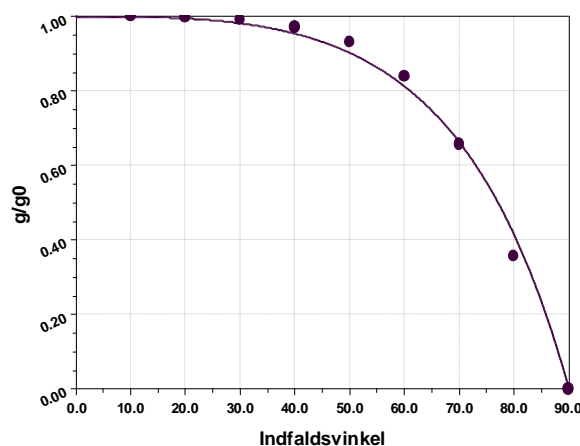
Timeværdier for den direkte og diffuse solstråling samt indfaldsvinklen findes for rudens eller vinduets orientering og hældning ved hjælp af programmet SolDia [8]. Tidsskridtet benyttet i beregningerne er derfor 1 time. Ved at summere den tilførte solenergi til bygningen fra hver time over fyringssæsonen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

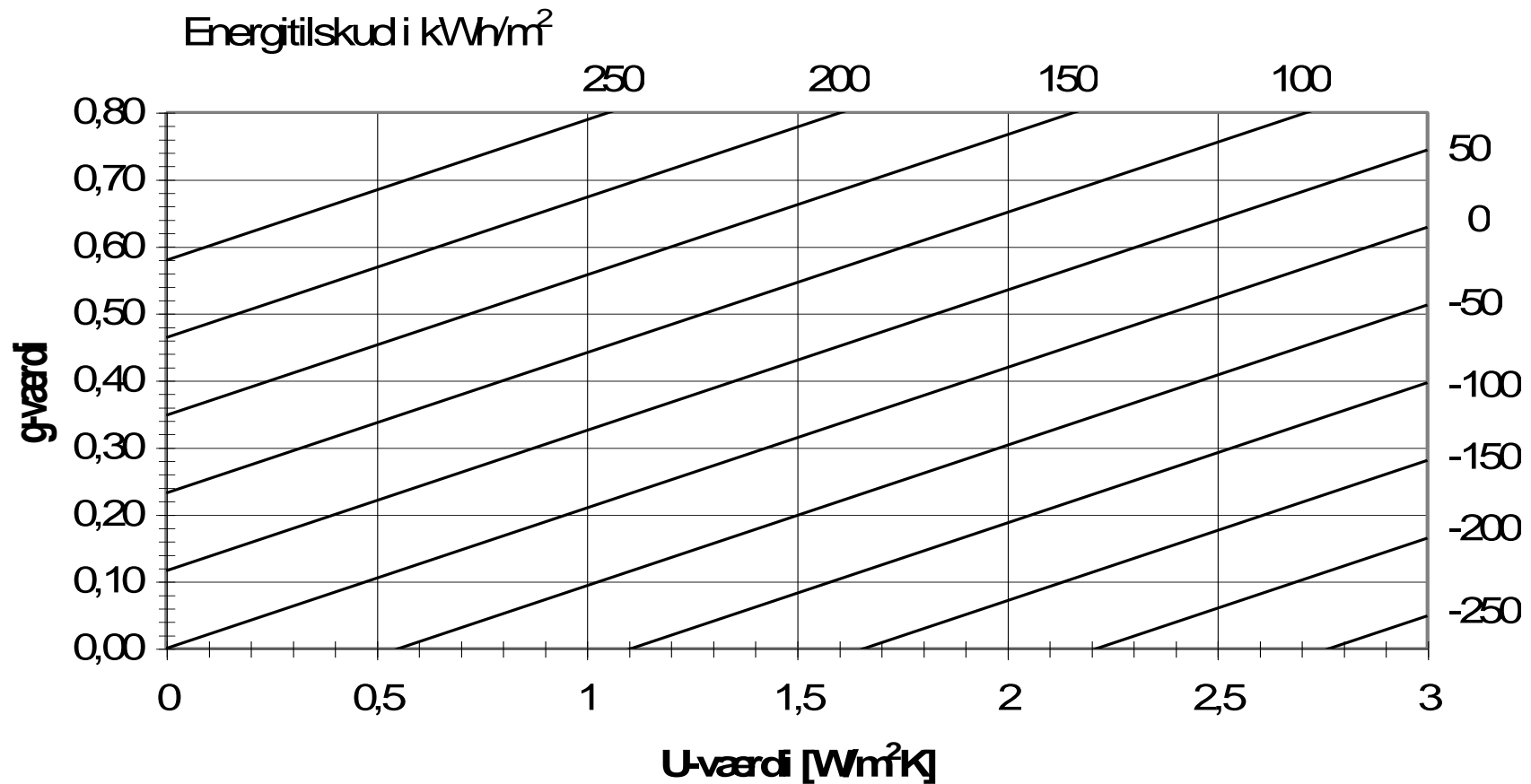
I Figur 19 er kurvetilpasningen på baggrund af data fra WIS vist.

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

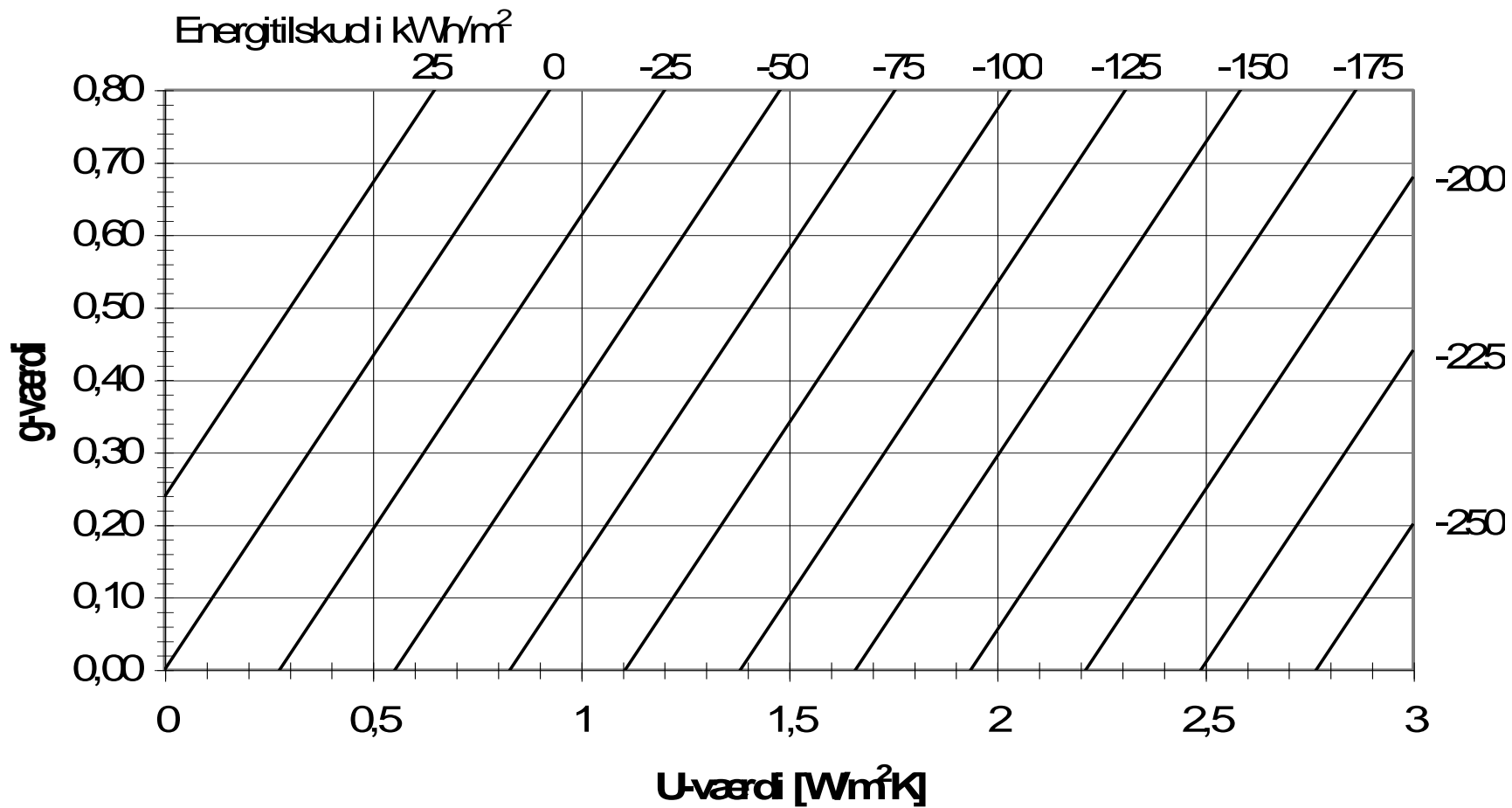
Diagrammerne er optegnet med udgangspunkt i 2-lags energiruder med en lav-emissionsbelægning. Uanset typen af belægninger vil korrektionsfaktoren antage omtrent samme værdi for forskellige 2-lagsruder. For andre rudetyper vil korrektionsfaktoren for den diffuse solstråling og vinkelafhængighedsfaktoren 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.



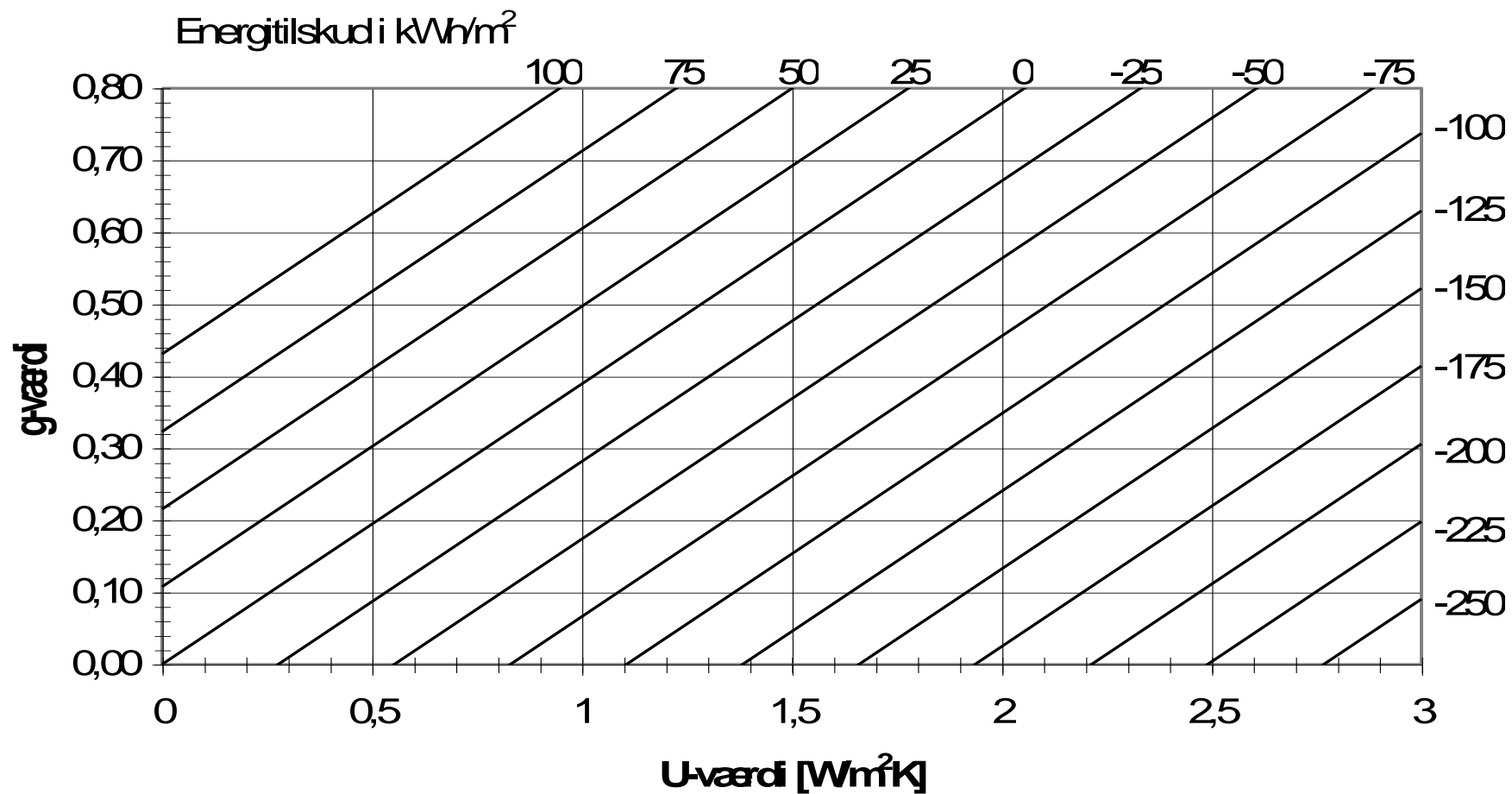
Figur 19. Bestemmelse af vinkelafhængighedsfaktoren p ved hjælp af data fra WIS [9] og kurvetilpasning. De markerede punkter i diagrammet er datapunkter beregnet med WIS. Den indtegnede kurve er $g/g_0 = (1 - \tan^p(i/2))$ med $p = 3,04$.



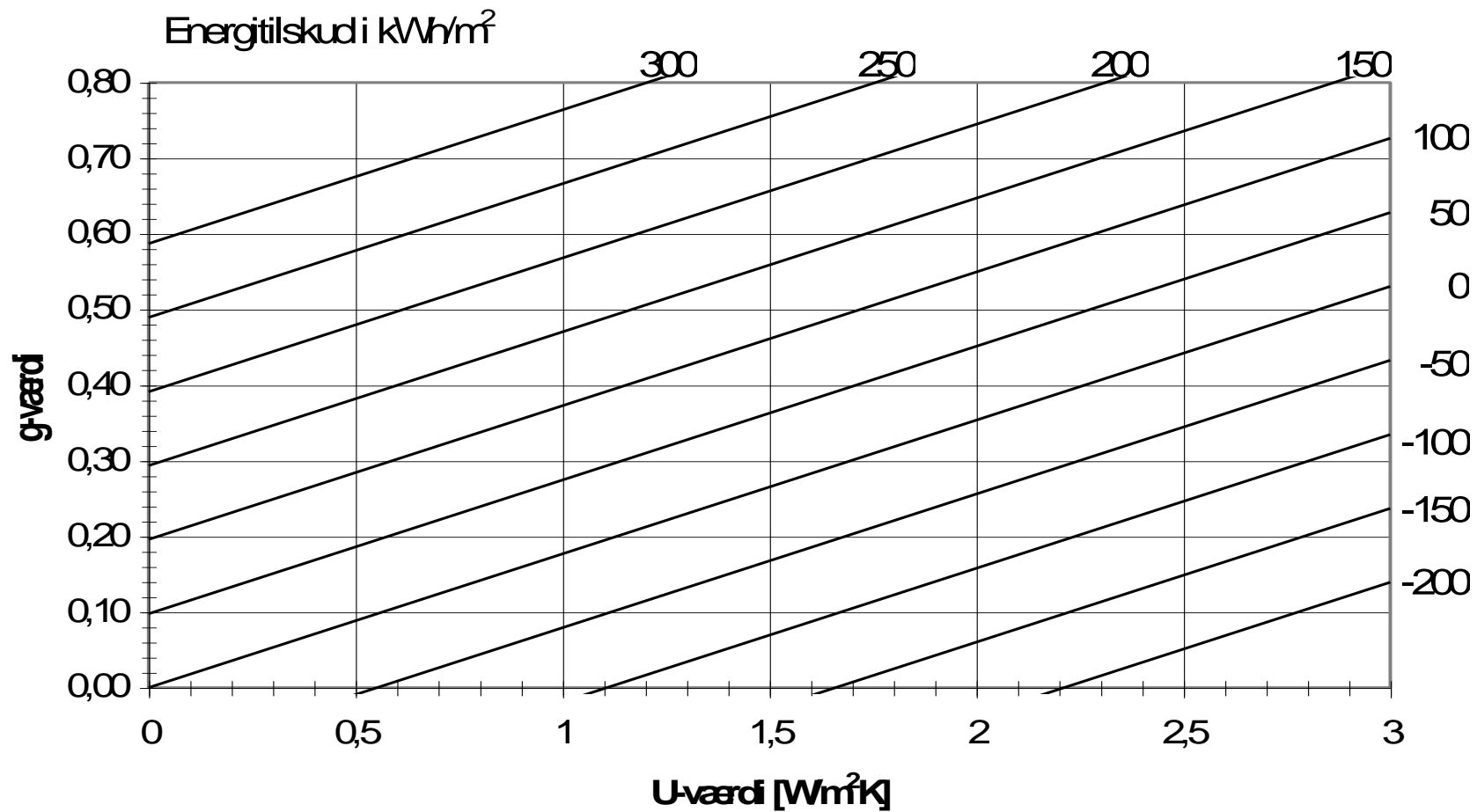
Figur 20. Energitilskud for lodrette, sydvendte ruder og vinduer over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



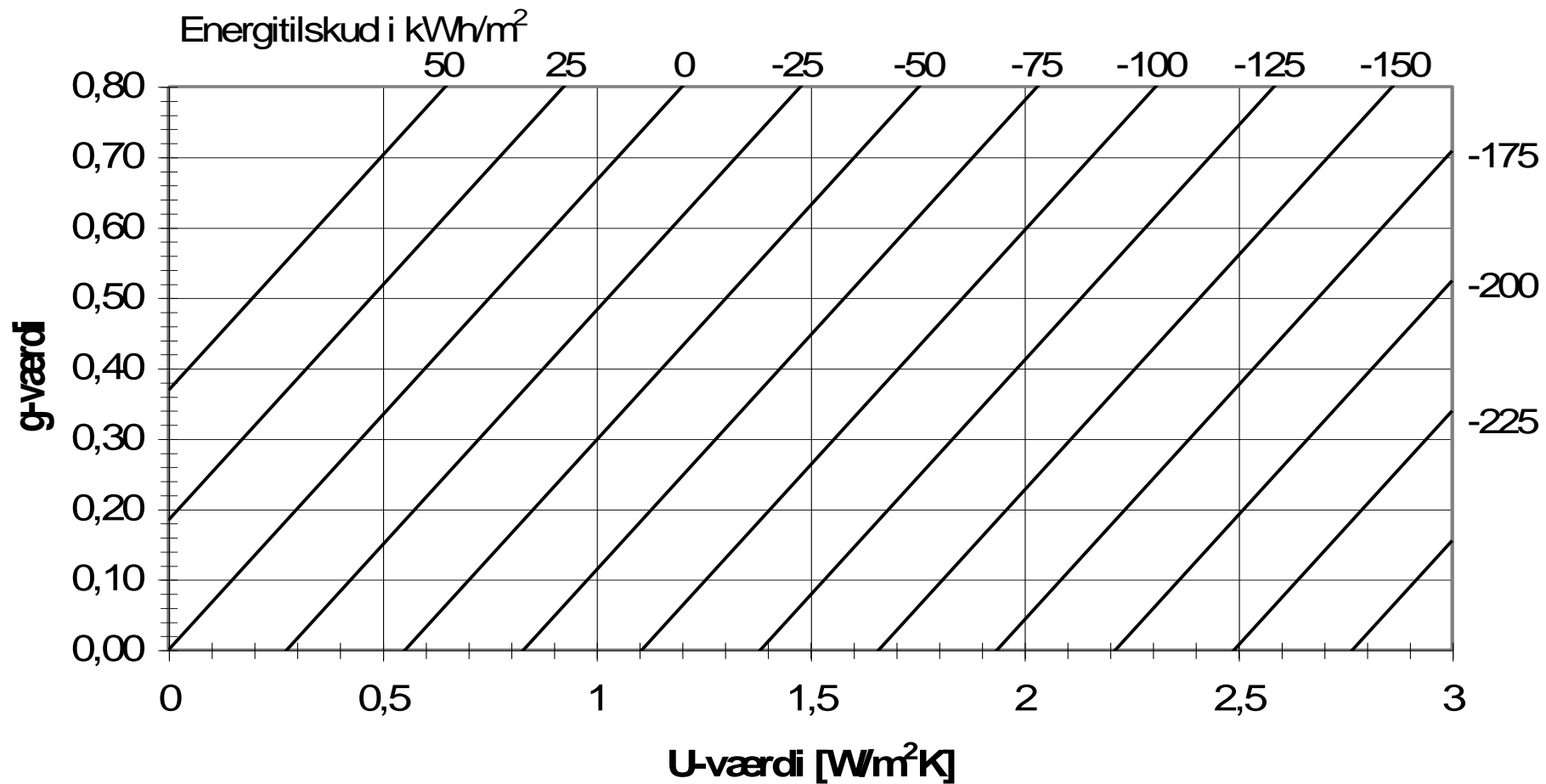
Figur 21. Energitilskud for lodrette, nordvendte ruder og vinduer over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



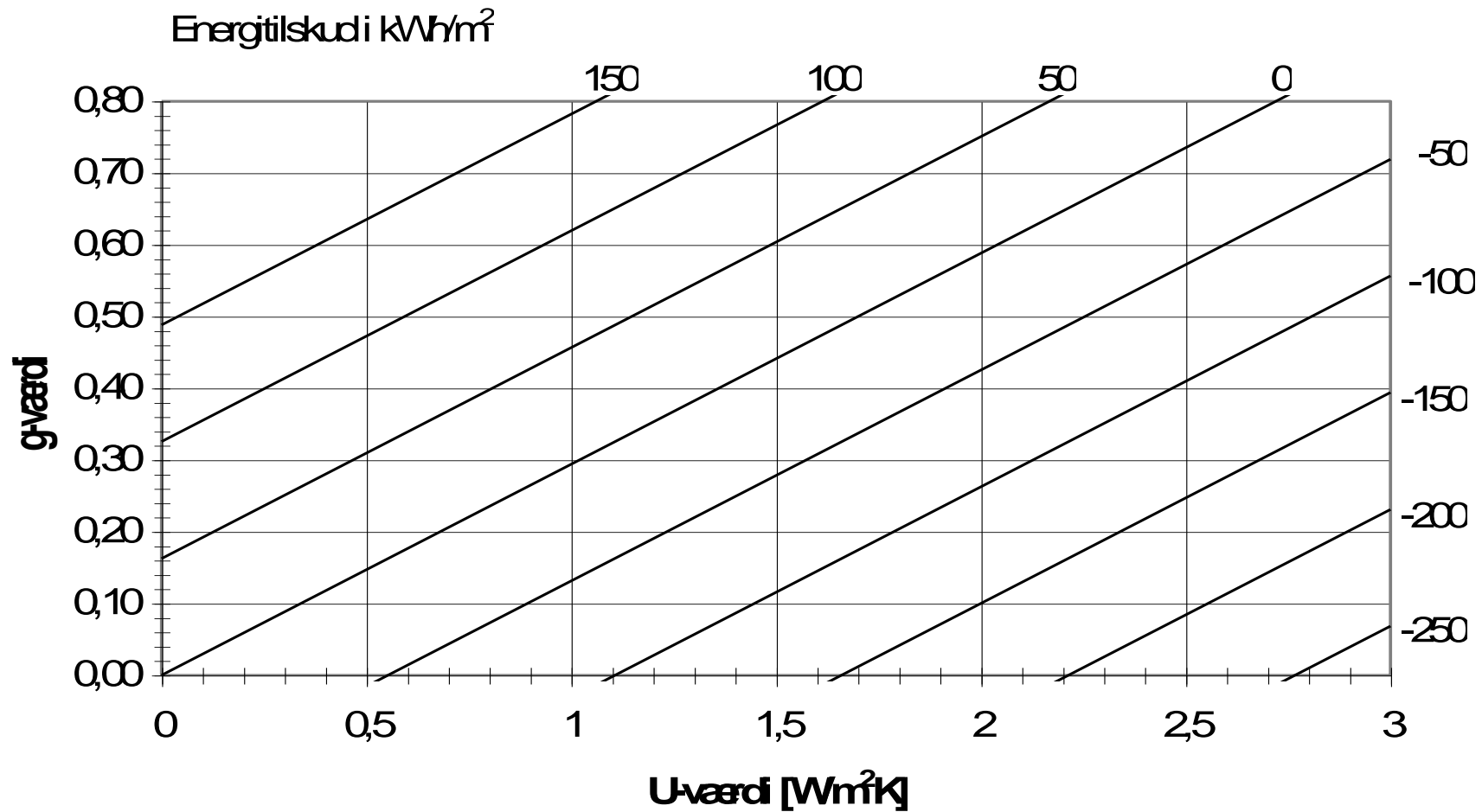
Figur 22. Energitilskud for lodrette, øst/vestvendte ruder og vinduer over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



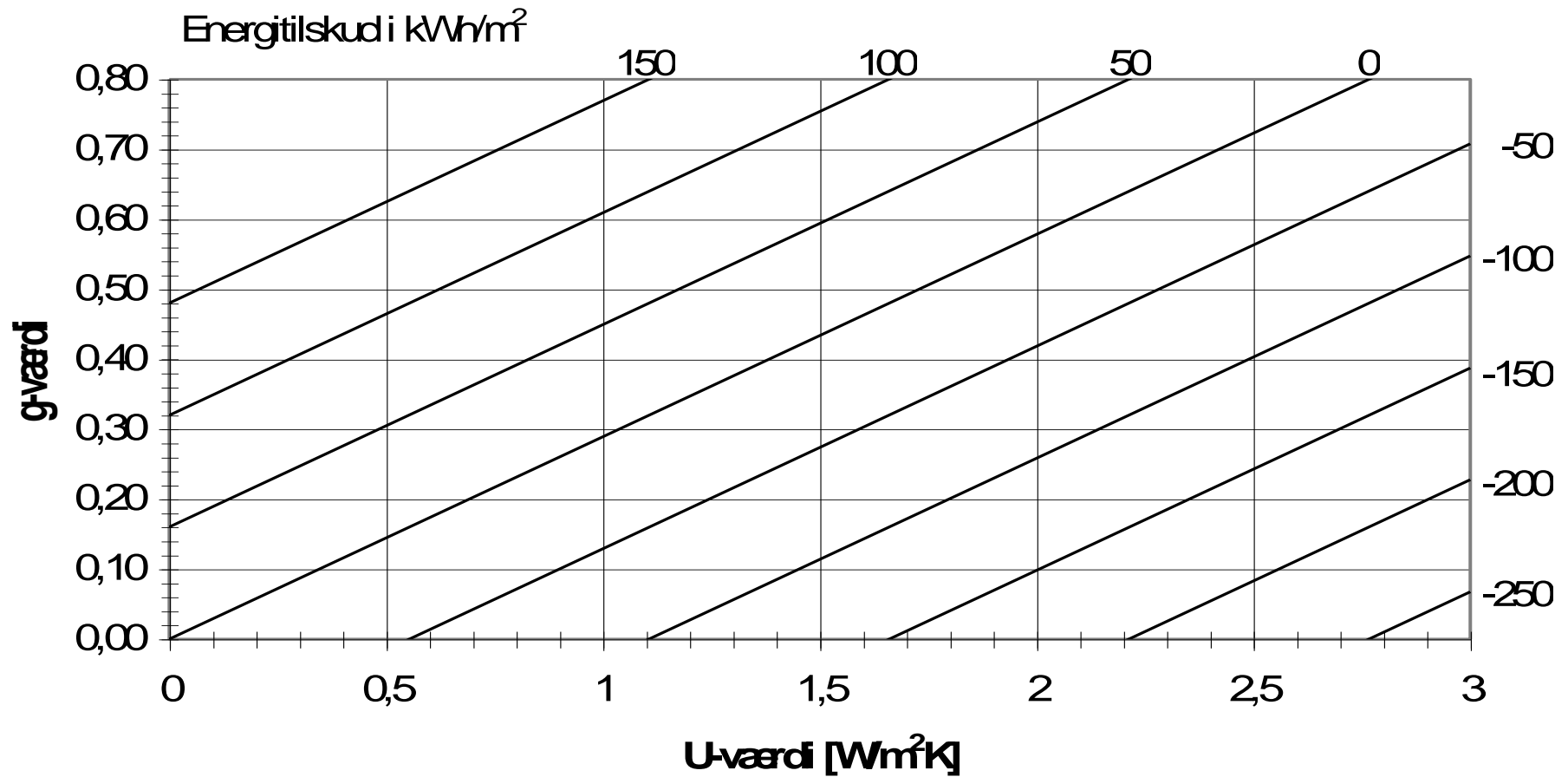
Figur 23. Energitilskud for sydvendte ruder og vinduer med hældning 45° over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



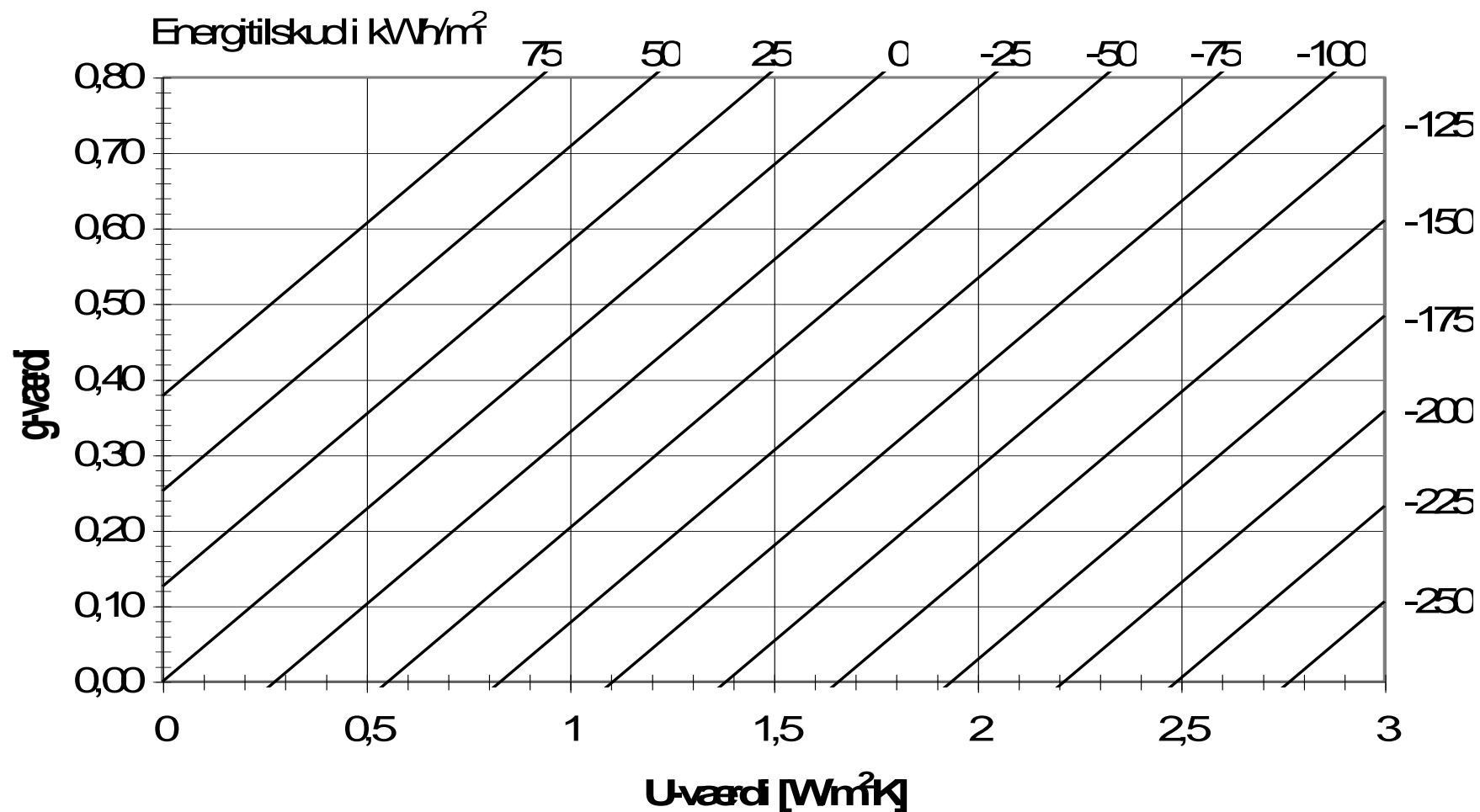
Figur 24. Energitilskud for nordvendte ruder og vinduer med hældning 45° over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



Figur 25. Energitilskud for øst/vestvendte ruder og vinduer med hældning 45° over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



Figur 26. Energitilskud for vandrette ruder og vinduer over perioden 24/9-13/5 (fyringssæsonen).



Figur 27 Energitilskud for vinduer i huset beskrevet i DS 418 tillæg 4 [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.