

Räkna med dagsljus

Hans Allan Löfberg

Statens institut för byggnadsforskning

Statens institut för byggnadsforskning

Redaktör: Birgitta Eneroth

Grafisk form: Margareta Johansson

Ritningar och gradskivor: Folke Glaas

Foto: omslaget Birgitta Bäck, s 6 Roger Stenberg/Mira,

s 10 Maud Nycander/Mira, s 15 Karin Gustavsson,

s 16 Lasse Møngs/ARX, s 58 Ralph Nykvist/Mira, s 60 Hans Allan Løfberg

Tryck: Trycksam, Gävle 1987

Definitioner

Belysningsstyrka

Mått på det ljusflöde (lumen) som träffar en yta. Enhet: lux = lumen/m².

Dagsljusfaktor (DF)

DF anger hur stor del av belysningsstyrkan från en oavskärmd mulen himmel mot en horisontell yta som når en punkt i ett rum. DF uttrycks vanligen i procent. $DF = HK + URK + IRK$.

Himmelskomponent (HK)

Den del av dagsljusfaktorn som beror på direkt himmelsljus mot den studerade punkten i rummet.

Innereflekterad komponent (IRK)

Den del av dagsljusfaktorn som beror på ljus som når punkten efter att ha reflekterats en eller flera gånger i rummet.

Ljusflöde

Mått på den ljusenergi som utsänds per rymdvinkelenhet (steradian). Enhet: lumen (lm).

En ljuskälla med ljusstyrkan 1 cd i alla riktningar utsänder totalt ljusflödet 4 lumen.

Ljusstyrka

Mått på intensiteten hos den synliga strålning som en ljuskälla sänder ut. Enhet: candela (cd). Ljusstyrkan kan variera i olika riktningar från en ljuskälla.

Luminans

Mått på ljusheten hos en yta uttryckt som ljusstyrkan per ytenhet eller cd/m². Luminansen kan variera i olika riktningar från ytan beroende på hur den lysande ytan fördelar ljusintensiteten eller på hur ytans reflexionsegenskaper varierar i olika riktningar om det är en belyst yta.

Den subjektiva upplevda ljusenheten beror på den allmänna ljusnivån och på skillnaderna i luminans mellan olika ytor i synfältet.

Utereflekterad komponent (URK)

Den del av dagsljusfaktorn som beror på ljus som når punkten efter att ha reflekterats mot ytor utanför fönstret vilka skärmar av hela eller en del av himlen.

Förord

Dagsljus inomhus, utgiven 1970, har hittills varit den första och enda skrift på svenska som behandlat beräkning av dagsljus inomhus. Den är en bearbetning av en engelsk bok, med viss anpassning till svenska förhållanden.

Under senare år har intresset för fönster och dagsljus ökat markant, speciellt ur energisynpunkt och mycket har skrivits om fönsters energibalans. Även dagsljusets miljöskapande egenskaper och fönsterutformningens betydelse har behandlats i några rapporter, främst från Tekniska högskolan i Stockholm.

Kraven på dagsljusstillgång som formulerades i Svensk Byggnorm (SBN) 1972 var visserligen en kraftig skärpning jämfört med Socialstyrelsens minimikrav men väckte inte mycket uppmärksamhet till att börja med.

När nu allt fler äldre hus byggs om, urvalet nya fönster ökar, vindar inreds och gårdar glasas över, uppmärksammas också allt mer riskerna för dålig dagsljusbelysning i boningsrum. Det har därför visat sig vara lämpligt att arbeta om *Dagsljus inomhus* och att även komplettera exempeldelen.

Den nya dagsljusboken *Räkna med dagsljus* inriktar sig både på bostäder och arbetslokaler även om det för dessa inte finns lika tydligt formulerade krav som för bostäder. Lagens mening är dock att arbetslokaler ska vara fönsterförsedda där inte arbetets art hindrar detta.

Den tidigare publicerade dagsljusgradskivan för vertikalt tvåglasfönster har kompletterats med gradskivor för lutningsvinklarna 0° (horisontellt), 30° och 60° . Detta möjliggör beräkning av dagsljusfaktor i rum med valfri lutning på fönstren eftersom tabeller och formler som kompletterar gradskivorna ingår i boken.

De beräkningsexempel som finns med täcker naturligtvis inte alla typer av fönster och avskärmningar som kan förekomma utan ger endast en inblick i hur man räknar och resonerar samt en diskussion om de fel som kan tänkas uppstå.

Innehåll

- 7 Grundläggande principer
- 8 Dagsljusets kvaliteter
 - 8 Variation - ett plus
 - 8 Bländning
 - 9 Ljusfärg
- 11 Upplevelsen av dagsljus och fönster
- 12 Dagsljusets kvantitet
 - 12 Utomhus
 - 12 Beräkningsunderlag - mulen himmel
 - 13 Den mulna himlens luminans
 - 13 Belysningsstyrkan från mulen himmel
 - 13 Himmel med jämn luminans
 - 13 Betydelsen av fönstrets yta och placering
 - 14 Glasets transmissionsförmåga
 - 14 Begreppet dagsljusfaktor
- 17 Kombination av dagsljus och elljus
- 18 Beräkningsmetod
 - 18 Dagsljusfaktorerna delar
 - 18 Rekommenderad beräkningsmetod
 - 19 Förenklad beräkningsmetod
- 20 Beräkningsexempel
 - 20 Vertikala fönster
 - 20 Himmelskomponenten (HK)
 - 20 Oändligt brett fönster
 - 22 Fönster med begränsad bredd
 - 22 Flera fönster i samma rum
 - 24 Utereflekterade komponenten (URK)
 - 24 Enkel bred avskärmning
 - 25 Oregelbunden avskärmning
 - 26 Innereflekterade komponenten (IRK)
 - 31 Dagsljusfaktorn (DF)
 - 31 Utan hinder utanför
 - 31 Med hinder utanför
 - 32 Inverkan av balkong eller loftgång utanför fönstret
 - 32 Himmelskomponenten (HK)
 - 33 Innereflekterade komponenten (IRK)
 - 35 Dagsljusfaktorn (DF)
 - 36 Inverkan av ett utskjutande tak

- 36 Lutande fönster i tak
 - 36 Himmelskomponenten (HK) 36 *Punkten ligger inte rakt under fönstret* 38 *Punkten ligger under fönstret* 38 *Många fönster*
 - 38 Utereflekterade komponenten (URK) 38 Innereflekterade komponenten (IRK)
- 45 Lutande fönster i bostadsrum
 - 45 Himmelskomponent och utereflekterad komponent 45 Innereflekterad komponent
- 45 Överglasade gårdar, inglasade rum och liknande
 - 47 Beräkningsexempel
- 51 Noggrannhet i beräkningarna och nödvändiga korrekationer**
 - 51 Noggrannhet i bestämning av himmelskomponenten
 - 51 Gradsnivans noggrannhet 51 Avläsningsnoggrannhet
 - 52 Noggrannheten i utereflekterade komponenten 52 Noggrannheten i innereflekterade komponenten 52 Antal glas i fönstren
 - 54 Annan lutning än gradskivan avser 54 Specialglas 54 Inverkan av nedsmutsning
- 56 Att mäta dagsljus**
 - 56 Mätning i färdig byggnad 56 Mätning i modell
- 59 Belysningsstyrka inomhus**
- 61 Solinstrålning**
- 62 Lagar och rekommendationer**
- 63 Litteratur**

I ficka i bakre pärmen: 4 st dagsljusgradskivor

Grundläggande principer

Oavsett om ljuset kommer från fönster eller från elbelysning måste det uppfylla vissa krav på kvalitet för att fungera som önskat. De viktigaste kraven på en god belysning i ett rum är följande:

- tillräcklig belysningsnivå
- lämplig riktning på ljuset
- lämplig fördelning av ljuset
- bländfrihet
- lämplig färg på ljus och rumsytor.

Alla dessa faktorer samverkar till ett bra eller dåligt resultat och måste fölaktligen beaktas. Det räcker inte med *mycket* ljus, för om det kommer från fel håll kan blänk och speglingar göra synarbetet omöjligt. Alltför stora variationer i ljushet (luminans) i synfältet och rummet försvårar seendet och verkar onödigt tröttande.

Idag behövs inte dagsljuset för detaljseendet på arbetsplatsen. Det kan ersättas med elljus. Men fönster och dagsljus ingår som naturliga element i byggnadsplaneringen och bidrar till skapandet av en stimulerande miljö. Dagsljus från väggfönster ger också ett tillskott till rumsupplevelsen som oftast är positivt och fönstren ger kontakt med omvärlden.

Variationen i dagsljuset i ett rum och över tiden kan vara positiva element i miljön, men måste naturligtvis utnyttjas rätt för att inte skapa negativa reaktioner. Variationen i rummet får inte bli för stor och ljuset från fönstren får inte blända. Solinstrålning kan vara både till glädje och besvär och måste kunna styras.

För kontroll av dagsljusets kvantitet och fördelning i ett rum finns beskrivnings- och beräkningsmetoder som är enkla att använda under projekteringen av en ny- eller ombyggnad.

Mängden dagsljus i en punkt i ett rum brukar anges med hjälp av *dagsljusfaktorn* som anger förhållandet mellan belysningen inomhus och utomhus en mulen dag. Den uttrycks vanligen i procent. Dagsljusfaktorn 2.5% betyder exempelvis att då belysningsstyrkan är 12 000 lux utomhus är den 300 lux i den givna punkten.

Dagsljusets kvaliteter

Variation – ett plus

Efter att ha varit *den enda* och *den bästa* har dagsljuset under lång tid i den industrialiserade världen betraktats som *den opålitliga* ljuskällan. Opålitligheten ligger i variationen i ljusmängd över dagen och året.

Dagsljuset varierar också över ett rum som bara har fönster på vissa väggar. Rum med takfönster jämnt fördelade över golvytan kan däremot få en över ytan jämn dagsljusbelysning.

Variationen i tiden är dagsljusets kanske viktigaste kvalitet. Den ger miljön en stimulans som vanligen saknas i elbelysningen.

Snett infallande ljus från ett väggfönster ger en variation i skuggor och dagrar som ofta upplevs naturligare än den som belysning rakt uppifrån ger. Takfönster kan i detta avseende jämföras med elbelysning.

Med riktig orientering av arbetsplatserna ger också det snett infallande ljuset en utmärkt kontraståtergivning. Ljus från ett sidofönster bidrar dessutom till belysningen av vertikala ytor i rummet, vilket kan vara positivt för rumsupplevelsen.

Bländning

Fönster kan ha hög luminans, speciellt om man ser himlen genom dem. Luminansen är ofta så hög att den är direkt obehagligt bländande.

Arbetsplatser bör därför inte vara orienterade så att man måste se mot ett oavskärmat fönster. Om fönsteröppningen utformas så att området kring öppningen är så ljust som möjligt och luminansen avtar stegvis minskar obehagsrisken, men fortfarande kan ögonens adaptation (anpassning) påverkas så att synförmågan inom arbetsområdet försämras.

Om fönster måste finnas i synfältet och om dagsljuset ger störande speglingar i arbetsmaterial, bildskärmar etc, måste det också finnas avskärningsanordningar för fönstren. Gardiner, persienner och markiser är exempel på rörliga avskärmningar, som kan dras bort när dagsljuset inte är störande. En ljus gardin får dock inte vara för tunn eftersom den då kan få så hög luminans att den blir störande. En solbelyst, bländande vit gardin är mer besvärande för fler i ett rum än det oavskärmade fönstret.

Permanent avskärmningar som utvändiga fasta skärmar, färgade glas eller andra fasta filter på fönstren bör undvikas eftersom de minskar dagsljusinfallet även när man vill få in så mycket dagsljus som möjligt. De påverkar också utsikten, ofta på ett negativt sätt.

Risken för bländningsobehag måste bedömas mot bakgrund av erfarenheter, fönsterorientering, vad som finns utanför fönstren samt rummets utformning, belysning och användning. Någon accepterad metod att beräkna sannolikheten för bländning från fönster finns inte och är knappast heller nödvändig.

Ljusfärg

Dagsljusets färg varierar inom ett mycket stort område – från varmt solnedgångs- eller soluppgångsljus till vitt ljus från moln och högt stående sol och till och med till blått himmelsljus.

När dagsljus kombineras med elljus i ett rum kommer det alltid att kunna bli en färgblandning, s k tveljus. I de flesta arbets- och bostadssituationer är inte detta något problem. Vi accepterar utan att tänka på det att ljuset kan ha olika färg. Naturligtvis måste tveljus undvikas när färgjämförelser är viktiga, t ex i textilindustri och vid grafiskt arbete.

Ett kraftigt färgat glas, som samtidigt reducerar dagsljuset kraftigt, kan upplevas negativt inte bara för att färgerna i rummet inte alltid upplevs naturliga utan också för att utsikten påverkas.

Upplevelsen av dagsljus och fönster

I de flesta miljöer tar man för givet att det ska finnas fönster så att man kan se ut samtidigt som dagsljus kan komma in. Just utsikten och kontakten med omvärlden är så viktig att det motiverar fönster trots att de medför ökade bygg- och underhållskostnader och ibland även uppvärmnings- eller kylningskostnader. "Värdet" av fönster går knappast att uppskatta i pengar och därför är det svårt att motivera en viss fönsterstorlek av rent ekonomiska skäl.

Många undersökningar har gjorts av fönsters betydelse och av vilken storlek som är bäst. En undersökning vid Statens institut för byggnadsforskning (SIB) visade inte oväntat att fönster betyder mer ju mer bundet arbete man har. Det intressantaste var kanske att fönster verkade ha så stor betydelse för blinda, som fick annan orienterande information än ljus från fönstren, nämligen via ljud och värme eller kyla.

Något entydigt svar på hur stora fönster måste eller bör vara går inte att utläsa ur forskningen, inte heller vilken form fönster bör ha. Några forskare och planerare hävdar att fönster bör vara smala och höga, andra att lägre och bredare är bättre.

Lämpligaste form beror nog mest på vad man kan se genom fönstren. Ju mer varierad utsikten är desto bättre. Kan denna variation berikas genom fönsterutformningen bör det utnyttjas.

Viss ledning beträffande fönsterstorlek kan man få i studier av rumsupplevelsen och dagsljusets fördelning över rummet. Är fönstren för små och bara placerade i en vägg i ett rum blir dagsljuset alltför ojämnt. Rummets inre upplevs som mörkt samtidigt som området närmast fönstret kan vara bländande. Denna variation förstärks eller försvagas naturligtvis av om rumsytorna är mörka eller ljusa.

Studierna av ljus och rumsupplevelse ligger till grund för den rekommendation om dagsljus som finns i Svensk Byggnorm (SBN).

Dagsljusets kvantitet

Utomhus

Tillgången på dagsljus vid jordytan bestäms först och främst av solhöjden. Molnigheten har naturligtvis också stor betydelse. Luftens renhet, fuktinnehåll och stofthalt har en påtaglig inverkan i områden med stora luftföroreningar från t ex industri. Generellt är luften i Sverige ganska torr och ren och man brukar inte göra några speciella korrekationer för varierande luftrenhet.

Beroendet av solhöjden gör att dagsljusstillgången har en systematisk variation som är förutsebar. Molnighetens inverkan är däremot mer slumpartad och leder till en stor spridning i tillgången för en viss tidpunkt. Detta gör att det (i stort sett) är omöjligt att förutsäga att dagsljusbelysningen uppgår till ett visst värde vid en given tidpunkt. Man måste arbeta med genomsnittliga värden och acceptera variationen.

Dagsljusets variation (i medeltal) som funktion av solhöjd diskuteras i (Löfberg 1976) där också ekvationer för bestämning av solhöjd och -azimut finns redovisade.

Beräkningsunderlag – mulen himmel

Av tradition utgår man vid beräkning av dagsljus från helmulen himmel. Skälen till detta var flera. Först och främst menade man att mulen himmel är det sämsta fallet. Klarar man belysningen vid mulen himmel så klarar man sig också då himlen är klar och solen skiner. För det andra blir beräkningarna mycket enklare eftersom den helmulna himlen är rotationssymmetrisk, dvs himlens luminans varierar bara med höjdvinkeln över horisonten, men är oberoende av väderstreck. Detta gör att beräkningarna av dagsljusinfallet är oberoende av åt vilket håll fönstret vetter.

Den klara himlens luminansfördelning beror av solens läge och dagsljusinfallet varierar således med fönstrets orientering och med tidpunkt på ett ganska komplicerat sätt. Vill man göra en någorlunda säker beräkning av dagsljusinfallet vid klar himmel bör man ha en dator till hjälp.

Den mulna himlens luminans

Den helmulna himlens luminans varierar i genomsnitt på ett enkelt sätt med höjden över horisonten. Internationellt har sambandet

$$L_{\theta} = L_Z \frac{1 + 2\sin \theta}{3} \quad (1)$$

fastställts. L_Z är luminansen i zenit och θ är höjdvinkeln över horisonten. Zenitluminansen beror av solhöjden (Löfberg 1976).

Belysningsstyrkan från mulen himmel

Mätningar av belysningsstyrkan utomhus utförda av Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) har analyserats vid SIB. Ett enkelt samband mellan solhöjd och belysningsstyrka kan användas.

$$E_H = 0.5 \times h \quad [\text{klux}] \quad (2)$$

E_H är belysningsstyrkan på ett horisontalplan och solhöjden h uttrycks i grader.

Eftersom spridningen kring medelvärdet är stor vid en given solhöjd är det knappast rimligt att ge en mer komplicerad ekvation. Den skulle bara antyda en noggrannhet som inte finns i verkligheten.

Ekvationen gäller med acceptabel noggrannhet för solhöjden mellan 3° och 60° . Vid solhöjden 0° är belysningsstyrkan vid mulen himmel vanligen mellan 300 och 1 000 lux.

Himmel med jämn luminans

Beräkningen av dagsljusinfall genom fönster blir ännu enklare om man antar att himlen har helt jämn luminans. I Danmark utgår man t ex från en jämnt lysande himmel. En motivering kan vara att eftersom himlen sällan är perfekt helmuln och den delvis mulna himlen och klar himmel, bortsett från det direkta solljuset, har en annorlunda luminansfördelning, menar man att man vid sina beräkningar lika gärna kan utgå från en jämnt lysande himmel, som då representerar en medelhimmel.

Betydelsen av fönstrets yta och placering

Ju större glasytan är desto mer ljus släpper den naturligtvis in. Om man ökar fönsterytan på höjden ökar dagsljusinfallet mer än om man ökar fönstrets bredd, eftersom himlen är ljusare högre upp mot zenit. Ljuset faller

också in mer vertikalt och bidrar effektivare till belysningsstyrkan på en horisontell yta när fönsterytan sitter högre upp på väggen, trots att transmissionen genom glaset går ner då ljuset faller mer snett genom glaset.

Den ur ljussynpunkt effektivaste placeringen av en glasyta är också ett horisontellt takfönster. Som nämnts tidigare kan takfönster ge den jämnaste dagsljusbelysningen över ett rum, men man tappar samtidigt de positiva egenskaperna hos ett mer horisontellt riktat ljus och dessutom synkontakten med omvärlden.

Glaset transmissionsförmåga

Mängden dagsljus som kommer in beror förutom av glasytan och placeringen på antal glasrutor och på om glaset har någon beläggning för värmereflexion e d. De tidigaste värmereflekterande och värmeabsorberande glasen reducerade dagsljuset mer än de reducerade värmetransmissionen. Man kunde därför rent värme- och ljusekonomiskt nästan hellre minska fönsterstorleken än sätta in ett sådant specialglas. Utvecklingen går dock mot värmereflekterande glas som inte reducerar den synliga strålningen så mycket och som inte heller ger någon färgförändring av dagsljuset.

Begreppet dagsljusfaktor

För att beskriva hur mycket dagsljus som når in till en punkt i ett rum används, som nämnts tidigare, ett måttetal benämnt dagsljusfaktor, DF.

DF anger förhållandet mellan belysningsstyrkan i punkten i rummet och den totala belysningsstyrkan utomhus mot ett horisontalplan. Definitionsmässigt avses endast förhållandet vid jämnmulen himmel utomhus.

Dagsljusfaktorn uttrycks vanligen i procent. $DF = 2.5\%$ i en punkt i ett rum betyder således att då belysningsstyrkan utomhus är 12 000 lux är den 300 lux i den givna punkten.

Kombination av dagsljus och elljus

Eftersom dagsljuset under en stor del av arbetsåret saknas eller i varje fall är otillräckligt som arbetsbelysning inomhus i Sverige, måste det finnas elbelysning i alla arbetsrum.

Så länge elektriciteten är förhållandevis billig i landet lönar det sig knappast att göra sofistikerade installationer för att styra elbelysningen så att den kompletterar dagsljuset i varierande grad över ett rum. Naturligtvis bör elbelysningen vara släckt när dagsljuset räcker till som ljuskälla. Detta innebär att elbelysningen enkelt bör kunna släckas och tändas i olika zoner i rummet. I länder med större tillgång på dagsljus, kombinerat med högre elpriser och varmare klimat, prövas många olika lösningar på hur elljuset kan styras så att det kompletterar dagsljuset.

Vilken ljuskälla man än väljer i ett rum med fönster, kommer dagsljuset vissa tider att ha en helt annan färg än elljuset. Som nämnts tidigare är detta normalt inte till något besvär.

Beräkningsmetod

Dagsljusfaktorns delar

Dagsljuset i en punkt i ett rum når denna flera vägar. En del kan komma som direkt himmelsstrålning genom fönstren och en del via reflexion mot ytor utanför och inne i rummet.

Beräkningen av dagsljusfaktorn (DF) i en punkt bygger vanligen på att de olika bidragen beräknas var för sig och sedan adderas. Man brukar därför dela upp dagsljusfaktorn i tre delar: himmelskomponent (HK), utereflekterad komponent (URK) samt innereflekterad komponent (IRK).

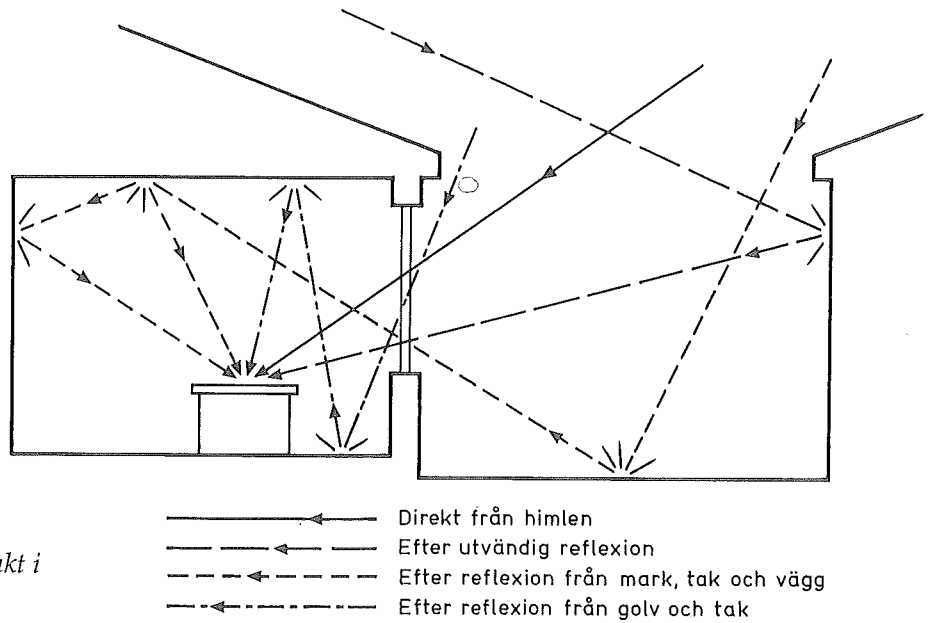
$$DF = HK + URK + IRK \quad (3)$$

HK är bidraget från direkt himmelsljus och URK innefattar det ljus som kommer från vertikala ytor utanför rummet, ytor som skärmar bort delar av himlen, sett från den studerade punkten. IRK är slutligen det bidrag som kommer via reflexioner i rummet. Storleken av IRK beror därför mycket på hur ljusa rumsytorna är.

Rekommenderad beräkningsmetod

Med kännedom om fönstrets eller fönstrens storlek och placering i förhållande till den studerade punkten i rummet, fönsterglasets transmissionsegenskaper, eventuella yttre avskärmningar och rumsytornas reflexionsfaktorer, kan man på olika sätt beräkna hur stora HK, URK och IRK blir. Den metod som rekommenderas här bygger på en geometrisk beskrivning av fönsteröppningens storlek och placering för beräkningen av HK och URK samt tabeller för IRK. Dessa tabeller bygger på en formel för hur mycket ljus som når punkten efter upprepade reflexioner. Ibland är det bästa att använda formeln direkt istället för tabellerna. HK och URK beräknas med hjälp av sk dagsljusgradskiva, som finns för olika lutning på glasytan.

Metoden utvecklades i England (Hopkinson et al 1966) och dagsljusgradskivor har tidigare publicerats för fönster med enkelglas och lutningarna 0°, 30°, 60° och 90° mot horisontalplanet.



Figur 1. Dagsljusets väg till en punkt i ett rum.

När metoden introducerades i Sverige (Fritzell & Löfberg 1970) var tvåglasfönster vanligast och en dagsljusgradskiva beräknades för vertikala tvåglasfönster (Dagsljusgradskiva 1971). Metoden accepterades av Statens planverk och anges som lämplig i SBN.

I och med överglasning av gårdar, inredning av vindar med fönster i lutande takytor etc finns behov av dagsljusgradskivor för flerglasfönster med olika lutning. Sådana har beräknats vid SIB och medföljer denna bok. Samma lutningsvinklar som de engelska har valts och i senare kapitel diskuteras hur man förfar vid andra lutningsvinklar. Inverkan av nedsmutsning, specialglas och antal glas i fönstren behandlas också.

Förenklad beräkningsmetod

Eftersom så många faktorer påverkar hur mycket dagsljus som når en punkt i ett rum och eftersom mängden varierar så kraftigt över rummet är det omöjligt att förenkla beräkningen ytterligare och ändå bibehålla rimlig noggrannhet. För enkla regelbundna rum och fönsterplaceringar kan man överslagsmässigt ange vilken fönsteryta som krävs för att fylla byggnormens nuvarande värde på dagsljusfaktor i en definierad punkt i rummet. Denna mycket förenklade beräkningsmetod gäller bara under givna förutsättningar beträffande rumsstorlek, rumsytornas reflexionsfaktorer och fönsterplacering. Metoden som ger glasyta i förhållande till golvyta beskrivs också i svensk standard SS 91 42 01.

Beräkningsexempel

Nedan följer några exempel på hur dagsljusfaktorn beräknas med hjälp av dagsljusgradskiva för himmelskomponenten och den utereflekterade komponenten samt med tabeller och formler för den innereflekterade komponenten.

Exemplen täcker naturligtvis inte alla situationer som kan uppkomma, men kan förhoppningsvis ge tips om hur man kan resonera även vid mer komplicerade fall.

Vertikala fönster

För beräkning krävs att man har en plan och en sektion över rummet som visar fönstrets eller fönstrens storlek och placering samt den studerade punktens läge. Ritningen ska helst vara så detaljerad att det klart framgår vad som är glasyta. Skalan är valfri.

Himmelskomponenten (HK)

Oändligt brett fönster. Först används sektionsritningen och vi antar att det inte finns några hinder utanför fönstret. Syftningslinjer dras från punkten P till övre och undre begränsningen av fönstret.

Dagsljusgradskivan för vertikalt fönster läggs på ritningen med centrum i P så som visas i fig 2a, dvs med den del som gäller oändligt brett fönster vänd uppåt.

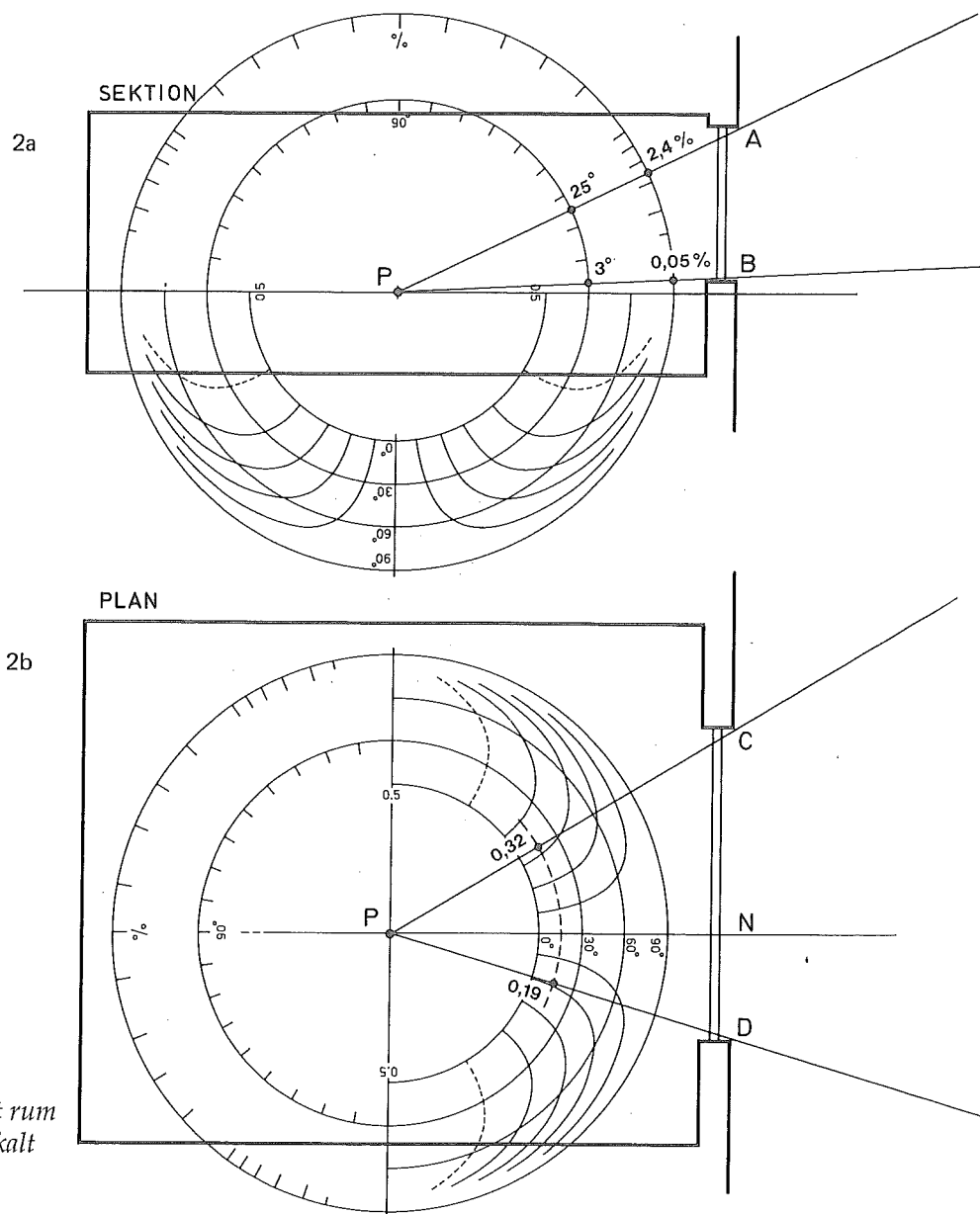
Syftningslinjens skärning med gradskivans yttre skala visar vilken andel av det totala himmelsljuset som skulle komma till punkten P om fönstret sträckte sig från horisontalplanet upp till den höjd som linjen motsvarar om fönstret var oändligt brett.

Värdena för fönstret blir då:

| | |
|----------------------|-------|
| för överkanten (PA) | 2.4% |
| för underkanten (PB) | 0.05% |

PB visar hur stor del av himmelsljuset som skärmas bort av fönsterbröstningen och fönstret ger således

$$HK_{\infty} = 2.4 - 0.05 = 2.35\%$$



Figur 2. Sektion och plan över ett rum med dagsljusgradskivan för vertikalt 2-glasfönster inlagd.

För den fortsatta beräkningen behöver vi veta hur högt fönstret sitter och avläser därför höjdvinklarna för PA och PB på den vanliga vinkelgradskivan. Vinklarna är 25° respektive 3°. Medelhöjdvinkeln för fönstret beräknas till

$$\frac{25 + 3}{2} = 14^\circ$$

Fönster med begränsad bredd. Eftersom fönstret inte är oändligt brett måste det erhållna värdet korrigeras. Detta sker med hjälp av dagsljusgradskivans andra halva som placeras på *planen* över rummet så som visas i fig 2b, dvs med P i centrum och gradskivans baslinje parallell med fönstret.

Hur mycket det tidigare värdet ska korrigeras beror inte bara på fönstrets bredd utan också som nämnts tidigare på hur högt det sitter i förhållande till P. Den verkliga medelhöjden läggs in som en tänkt halvcirkel i gradskivan som har markering för 0°, 30°, 60° och 90°. De krökta linjerna, markerande korrektionsfaktorer från 0.05 till 0.48, avläses vid skärningspunkterna mellan den tänkta halvcirkeln och syftlinjerna från P till fönstrets sidor, PC och PD.

Värdet vid linjen PC blir 0.32. Detta innebär att fönsterdelen från normalen PN till PC motsvarar 32% av det dagsljus som ett oändligt brett fönster skulle ge. För delen ND avläses 0.19.

Hela fönsterbredden ger således korrektionen

$$0.32 + 0.19 = 0.51$$

vilket innebär att fönstret ger en himmelskomponent

$$HK = 2.35 \times 0.51 = 1.2\%$$

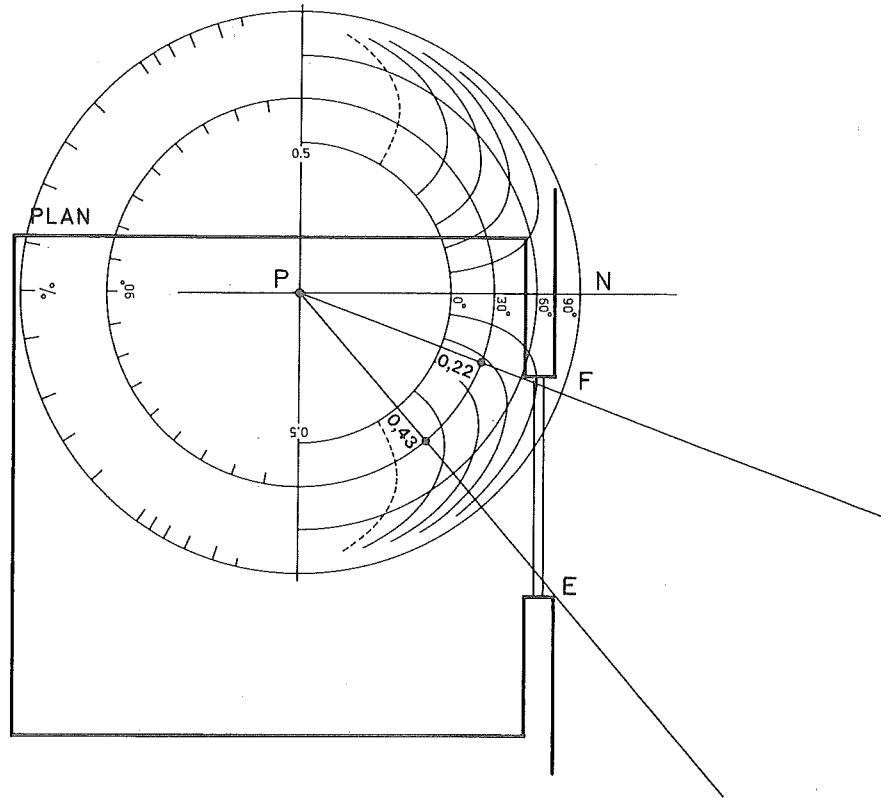
Skulle punkten P ligga mycket snett i förhållande till fönstret beräknas på analogt sätt korrektionen för fönstrets verkliga bredd som skillnaden mellan bidragen från NE och NF i fig 3, där korrektionen blir $0.43 - 0.22 = 0.21$ för medelhöjden 30°.

Flera fönster i samma rum. Ofta finns flera fönster i ett rum. Dagsljuset i punkten blir då summan av bidragen från samtliga fönster.

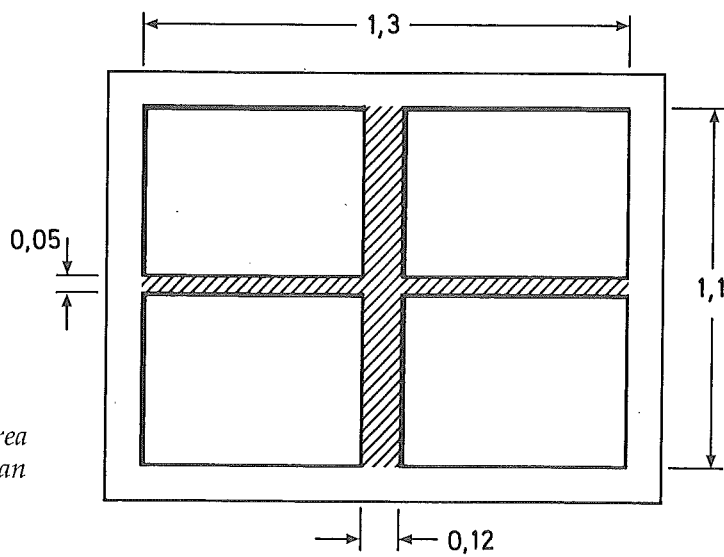
Om fönstren sitter i rad och/eller är uppdelade i smårutor behöver man inte räkna på varje liten del för sig. Beräkningen blir enklare och minst lika noggrann om man beräknar dagsljusinfallet för hela öppningen och sedan reducerar värdet med hänsyn till hur stor del av ytan som skärmas av med mellanstycken, spröjsar, etc.

I fig 4 visas hur man beräknar nettoglasarean i förhållande till bruttoarean. Bruttoarean är $1.3 \times 1.1 = 1.43 \text{ m}^2$ och 0.19 m^2 upptas av spröjsar m m. Nettoglasarean blir då 87% av bruttoarean.

Det värde som erhållits på HK för bruttoarean multipliceras därför med 0.87.



Figur 3. Korrektion för fönstrets bredd då den studerade punkten P ligger vid sidan av fönstret.



Figur 4. Beräkning av nettoglasarea med hänsyn till spröjsar eller annan uppdelning av fönsterytan.

Utreflekterad komponent (URK)

I föregående avsnitt antogs att det inte fanns några yttre hinder som avskärmar delar av himlen. Om delar av den egna byggnaden utanför fönstren, andra byggnader o dyl skärmar av himmelsljuset minskas naturligtvis himmelskomponenten. Om den skärmande delen är belyst reflekterar den in ljus i rummet och detta bidrag till dagsljusfaktorn kallas den utreflekterade komponenten (URK). URK beräknas med hjälp av dagsljusgradskivan.

Man beräknar helt enkelt vilken himmelskomponent som den skärmande ytan motsvarar ($HK_{\text{skärm}}$) och därefter gör man ett antagande om vilken reflexionsfaktor ytan i genomsnitt har. För vanliga husväggar med blandning av glasytor och väggmaterial brukar man anta att de får en medelluminans på 10-20% av den skärmade himlens luminans.

URK beräknas därför vanligen schablonmässigt som

$$URK = 0.2 \times HK_{\text{skärm}} \quad (4)$$

Om den yttre skärmande ytans reflexionsfaktor gjorts speciellt hög för att öka det reflekterade ljuset bör man naturligtvis ta hänsyn till detta.

Enkel bred avskärmning. I fig 5 visas hur beräkningen av HK och URK blir om en annan byggnad skärmar av en del av himlen.

För den oavskärmade delen av himlen (A till R) blir himmelskomponenten för det oändligt breda fönstret

$$HK_{\infty} = 2.4 - 1.0 = 1.4\% \text{ med medelhöjden } (25 + 18)/2 = 22^\circ.$$

Utreflekterade komponenten bestäms av himmelskomponenten för R till B.

$$HK_{\text{skärm}, \infty} = 1.0 - 0.05 = 0.95 \text{ med medelhöjden } (18 + 3)/2 = 10^\circ.$$

Med de nya medelhöjderna blir korrektionerna för fönstrets verkliga bredd något justerade. Gradskivan ger vid höjdvinklarna 22° respektive vid 10° korrektionen för bredden:

$$\begin{array}{ll} \text{för oavskärmade delen} & 0.32 + 0.18 = 0.50 \\ \text{för skärmade delen} & 0.33 + 0.19 = 0.52 \end{array}$$

Detta innebär att himmelskomponenten nu blir:

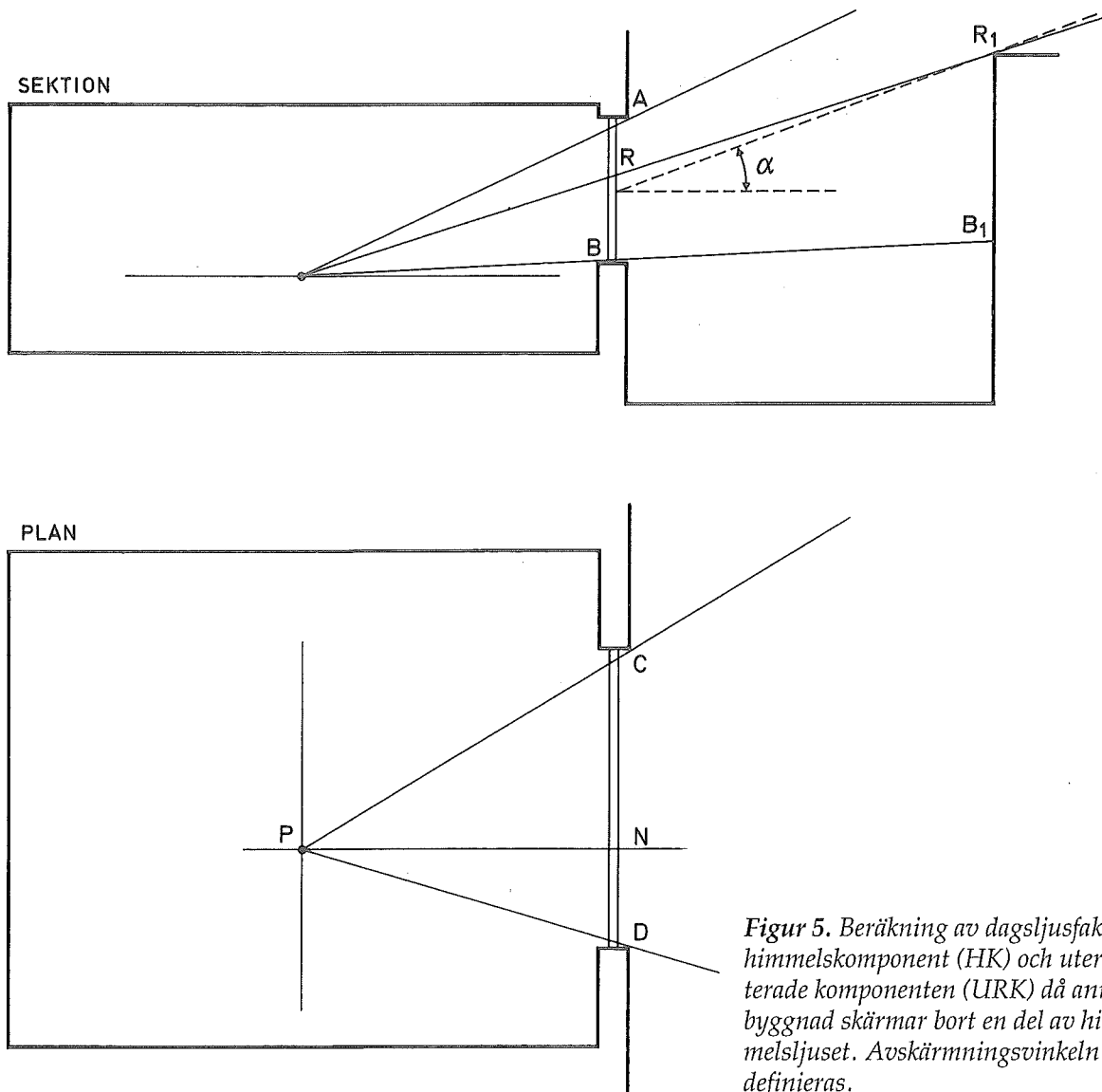
$$HK = 1.4 \times 0.50 = 0.70\%$$

och för den skärmade delen blir himmelskomponenten

$$HK_{\text{skärm}} = 0.95 \times 0.52 = 0.49\%$$

och URK följaktligen enligt formel 4:

$$URK = 0.49 \times 0.2 = 0.1\%.$$



Oregelbunden avskärmning. Om den yttre avskärmningen har varierande höjd räcker det vanligen att man beräknar eller uppskattar en medelhöjd för skärmen och gör beräkningen för denna.

Innereflekterad komponent (IRK)

Det ljus som når punkten efter att först ha reflekterats mot ytor inne i rummet ger den innereflekterade komponenten IRK. I denna ingår också ljus som reflekterats in i rummet från ytor utomhus och därefter reflekterats mot ytor inomhus.

I England har man som nämnts tidigare räknat fram en formel för IRK som gäller fönster med enkelglas (Hopkinson et al 1966). Den kan approximeras att gälla för 1-3 glas. Formeln ger ett medelvärde av IRK i rummet och lyder efter komplettering:

$$IRK_{\text{medel}} = \frac{(0.95 - 0.1 \times N) G}{A (100 - R)} (C \times R_{\text{gv}} + 5 \times R_{\text{tv}}) \% \quad (5)$$

- där N antal rutor i fönstret (1-3 st)
G glasarean
A arean av alla rummets begränsningsytor
R medelvärdet av alla ytornas reflexionsfaktorer
C en faktor som beror av himlens luminansfördelning och skärmvinkeln till angränsande byggnader, se tabell 1
 R_{gv} medelvärdet av reflexionsfaktorerna på golvet och de delar av väggarna som ligger under fönstrets medelhöjd (exklusive fönsterväggen själv)
 R_{tv} motsvarande medelvärde av reflexionsfaktorerna på tak och väggarna över fönstrets medelhöjd.

Reflexionsfaktorerna uttrycks i procent.

De värden på C som ges i tabell 1 baseras på en mulen himmel med luminansfördelning enligt formel (1). För andra luminansfördelningar se (Hopkinson et al 1966).

C kan också beräknas approximativt med formeln:

$$C = 39 - \alpha (13 + \alpha (98 - \alpha) / 360) / 40 \quad (6)$$

där α är skärmvinkeln räknad från fönstrets medelhöjd till överkant skärm, se figur 5.

Medelvärdet R av alla ytors reflexionsfaktorer beräknas genom att varje individuell yta multipliceras med reflexionsfaktorn, produkterna summeras och summan divideras med totalarean A. Glasarean ingår i denna beräk-

Tabell 1. Värdet av faktorn i C i BRS formel för innereflekerat ljus, som funktion av avskärningsvinkeln mätt från horisontalplanet genom fönstrets mittpunkt. Mullen himmel enligt CIE (Hopkinson et al 1966).

| | | | | | | | | | | |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Skärmvinkel, ° | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Faktor C | 39 | 35 | 31 | 25 | 20 | 14 | 10 | 7 | 5 | 3 |

ning och glasytan antas ha reflexionsfaktorn 0.15. Beräkningen kan beskrivas med formeln:

$$R = \frac{A_1 \times R_1 + A_2 \times R_2 + A_3 \times R_3 + \text{osv}}{A_1 + A_2 + A_3 + \text{osv}} \quad (7)$$

Vid beräkning av medelvärdet av reflexionsfaktorerna för undre och övre delarna av rummet R_{gv} och R_{tv} , antas rummet delat av ett horisontalplan genom fönstrets medelhöjd. De beräknas på samma sätt som R genom viktning med areorna men fönsterväggen räknas inte in eftersom den inte tar emot direkt ljus.

R_{gv} bestäms till stor del av golvets reflexionsfaktor. Eftersom den vanligen är låg blir R_{gv} relativt liten. R_{tv} blir å andra sidan vanligen relativt hög eftersom den till stor del bestäms av takets vanligen höga reflexionsfaktor.

Som nämnts tidigare ger formeln (5) ett medelvärde på IRK. I vanliga rum med belysning från ett håll blir IRK högre närmare fönstret och lägre längst in i rummet. I rum med små fönster och/eller ytor med höga reflexionsfaktorer blir fördelningen jämnare.

Då det ibland är nödvändigt att bestämma den totala dagsljusbelysningen i kritiska delar av ett rum måste man kunna ta reda på minimivärdet på IRK. I fig 6 visas förhållandet mellan minimi- och medelvärdet som funktion av medelvärdet R av rummets reflexionsfaktorer vid olika golvreflexionsfaktorer.

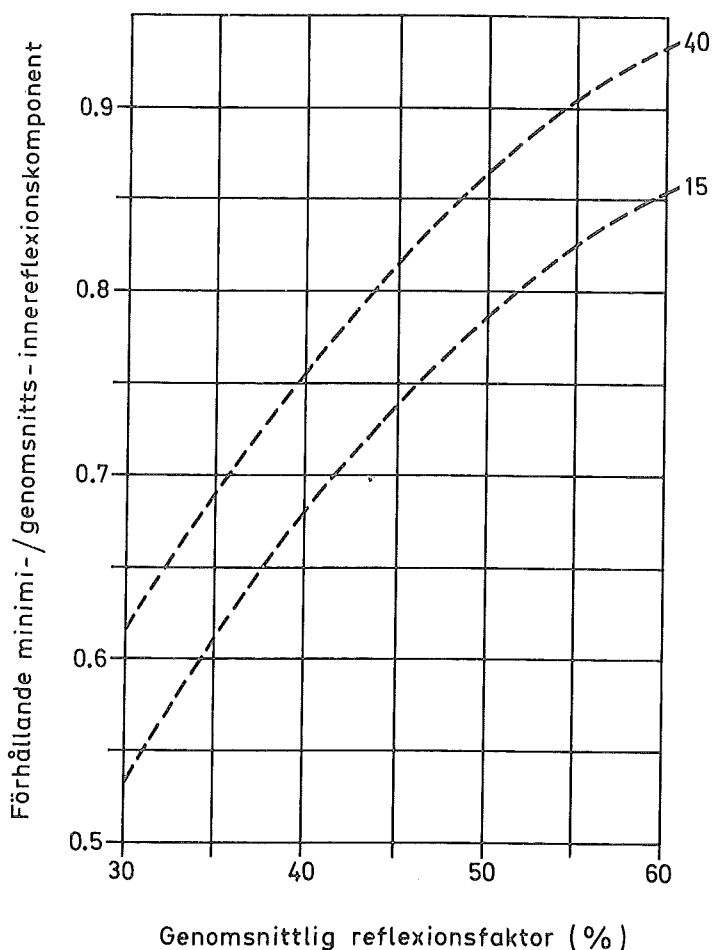
Förhållandet i fig 6 kan också beräknas med formeln:

$$\frac{IRK_{\min}}{IRK_{\text{medel}}} = 3.2 \times 10^{-3} \times R_{\text{golv}} - 0.26 + 3.3 \times 10^{-2} \times R - 3.05 \times 10^{-4} \times R^2 + 8.3 \times 10^{-7} \times R^3 \quad (8)$$

där

R_{golv} är golvets reflexionsfaktor (%)

R är medelreflexionsfaktorn för rummets ytor (%)



Figur 6. Förhållandet mellan mini- och genomsnittsvärdena för den innereflekterade komponenten vid olika medelreflexionsfaktor för rumsytorna. Kurvorna avser 15 respektive 40% reflexionsfaktor på golvet. (Ur Hopkinson et al 1966 och Fritzell & Löfberg 1976).

Med hjälp av formel (5) har tabeller över IRK utarbetats. Tanken har varit att göra beräkningarna enkla och med ungefär samma noggrannhet som den man får vid beräkning av himmelskomponenten med hjälp av dagsljusgradskiva.

Tabellerna 2, 3 och 4 ger medelvärden av IRK för 1, 2 respektive 3-glasfönster. De är beräknade för ett kvadratisk rum vars sida är två gånger rumshöjden, men kan användas även för rum med andra proportioner förutsatt att förhållandet mellan rummets djup och bredd inte överstiger 2:1. Om de relativa förhållandena mellan rumshöjd och golvarea ändras kan det vara nödvändigt att införa korrektionsfaktor enligt tabell 5.

Vidare har förutsatts ett enda fönster på en sidovägg från 0.75 m över golv till tak. Om fönstrets över- och underkant ändras något påverkas inte IRK nämnvärt.

Om taket har annan reflexionsfaktor än 70% korrigeras värdet med faktor ur tabell 5. Värdet måste också korrigeras om den yttre avskärmningen avviker från 20°.

I tabellerna 2 - 4 finns slutligen en omvandlingsfaktor för beräkning av minimivärdet av IRK.

Om rummet i fig 5 antas ha golvarean $5 \times 6 = 30 \text{ m}^2$ och takhöjden 2.5 m blir glasytan, som är $1.5 \times 3 = 4.5 \text{ m}^2$, 15% av golvytan.

Antag också att golvet har reflexionsfaktorn 20%, väggarna 60% och taket 80%. Medelvärdet av IRK blir då enligt tabell 3 för rum med tvåglasfönster 0.8%. Detta värde gäller 70% reflexionsfaktor för taket och tabell 5 ger en korrektionsfaktor 1.1 för $R_{\text{tak}} = 80\%$.

Således blir:

$$\text{IRK}_{\text{medel}} = 0.8 \times 1.1 = 0.9\%$$

Någon korrektion för den yttre avskärmningen behöver inte göras då den är 20° och tabellerna 2 - 4 beräknats för avskärmningen 20°.

I punkten P gäller medelvärdet på IRK. Längst in i rummet blir minimivärdet enligt omvandlingsfaktorn i tabell 3:

$$\text{IRK}_{\text{min}} = 0.9 \times 0.8 = 0.7\%$$

Med hjälp av fig 6 kan också förhållandet mellan IRK_{min} och $\text{IRK}_{\text{medel}}$ avläsas. För detta behövs rummets medelreflexionsfaktor R. Med de tidigare angivna värdena blir:

$$R = \frac{80 \times 30 + 20 \times 30 + 15 \times 4.5 + 60(2.5 \times 2 \times 11 - 4.5)}{30 + 30 + 55} = 53\%$$

För $R_{\text{golv}} = 20\%$ och $R = 53\%$ ger fig 5, eller formeln (8):

$$\frac{\text{IRK}_{\text{min}}}{\text{IRK}_{\text{medel}}} = 0.82, \text{ dvs } \text{IRK}_{\text{min}} = 0.7\%$$

Medelvärdet av IRK kan också beräknas med formel (5). För detta behövs värden på R_{gv} och R_{tv} förutom R som redan beräknats till 53%.

$$R_{\text{gv}} = \frac{20 \times 30 + 60 \times 1.65 \times 17}{30 + 1.65 \times 17} = 39$$

$$R_{\text{tv}} = \frac{80 \times 30 + 60 \times 0.85 \times 17}{30 + 0.85 \times 17} = 73$$

Tabell 2. Medelvärde av IRK för vertikalt englasfönster i sidovägg. Mullen himmel enligt CIE.

| Reflexionsfaktor, % | | | Glasyta, % av golvytan | | | | | | | | | | | | för IRK _{min} | |
|---------------------|------|------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------|--------|
| tak | golv | vägg | 2 | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | | |
| 70 | 10 | 20 | | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | × 0.50 | |
| | | 40 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | × 0.65 | |
| | | 60 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.1 | 2.3 | × 0.75 | |
| | | 80 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 1.1 | 1.4 | 1.7 | 2.1 | 2.4 | 2.6 | 2.9 | 3.2 | × 0.85 | |
| | 20 | 20 | | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | × 0.60 | |
| | | 40 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | × 0.75 | |
| | | 60 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.7 | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 2.8 | × 0.80 | |
| | | 80 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 1.3 | 1.7 | 2.1 | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.5 | 3.8 | × 0.85 | |
| | 40 | 20 | | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | × 0.70 |
| | | 40 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.1 | 2.4 | 2.6 | 2.9 | × 0.80 | |
| | | 60 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1.3 | 1.7 | 2.1 | 2.5 | 2.9 | 3.2 | 3.6 | 3.9 | × 0.85 | |
| | | 80 | 0.3 | 0.6 | 0.9 | 1.3 | 1.9 | 2.4 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 4.9 | 5.4 | × 0.90 | |

Tabell 3. Medelvärde av IRK för vertikalt tvåglasfönster i sidovägg. Mullen himmel enligt CIE.

| Reflexionsfaktor, % | | | Glasyta, % av golvytan | | | | | | | | | | | | för IRK _{min} | |
|---------------------|------|------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------|--------|
| tak | golv | vägg | 2 | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | | |
| 70 | 10 | 20 | | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | × 0.50 | |
| | | 40 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.4 | × 0.65 | |
| | | 60 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | × 0.75 | |
| | | 80 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 2.1 | 2.3 | 2.6 | 2.8 | × 0.85 | |
| | 20 | 20 | | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | × 0.60 | |
| | | 40 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | × 0.75 | |
| | | 60 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | × 0.80 | |
| | | 80 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.1 | 3.4 | × 0.85 | |
| | 40 | 20 | | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | × 0.70 |
| | | 40 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 1.8 | 2.1 | 2.3 | 2.6 | × 0.80 | |
| | | 60 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 2.2 | 2.5 | 2.9 | 3.2 | 3.5 | × 0.85 | |
| | | 80 | 0.2 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.6 | 2.1 | 2.6 | 3.1 | 3.5 | 4.0 | 4.4 | 4.7 | × 0.90 | |

Tabell 1 ger $C = 31$ för 20° avskärningsvinkel. Med $N = 2$, $G = 4.5 \text{ m}^2$, $A = 115 \text{ m}^2$ och $R = 53\%$ blir:

$$IRK_{medel} = \frac{0.75 \times 4.5}{115 \times 47} (31 \times 39 + 5 \times 73) = 1.0\%$$

dvs något högre värde än tabellen gav. Detta beror på att rummets proportioner inte stämmer helt med förutsättningarna vid beräkningen av tabellerna 2 - 4, samt på att olika avrundningar i beräkningsprocessen kan ge upphov till viss skillnad.

Tabell 4. Medelvärdet av IRK för vertikalt treglasfönster i sidovägg. Mullen himmel enligt CIE.

| Reflexionsfaktor, % | | | Glasyta, % av golvytan | | | | | | | | | | | | för IRK _{min} |
|---------------------|------|------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------|
| tak | golv | vägg | 2 | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | |
| 70 | 10 | 20 | | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | × 0.50 |
| | | 40 | | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | × 0.65 |
| | | 60 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | × 0.75 |
| | | 80 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | × 0.85 |
| | 20 | 20 | | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | × 0.60 |
| | | 40 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | × 0.75 |
| | | 60 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | × 0.80 |
| | | 80 | 0.1 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 2.9 | × 0.85 |
| | 40 | 20 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | × 0.70 |
| | | 40 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | × 0.80 |
| | | 60 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.2 | 2.5 | 2.7 | 3.0 | × 0.85 |
| | | 80 | 0.2 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.4 | 1.9 | 2.3 | 2.7 | 3.1 | 3.4 | 3.8 | 4.1 | × 0.90 |

Tabell 5. Korrektionsfaktor för andra värden på rumsdimension, takreflexionsfaktor och skärmvinkel än som antagits i tabell 2-4 (Ur Fritzell & Löfberg 1976).

| | | | | | | |
|---------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| Väggreflexionsfaktor, % | 20 | 40 | 60 | 80 | | |
| Korrektionsfaktor | | | | | | |
| Rumsdimension 3.0 × 3.0 × 3.0 m | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | | |
| Rumsdimension 9.0 × 9.0 × 3.0 m | 1.4 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | | |
| Takreflexionsfaktor, % | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | |
| Korrektionsfaktor | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | |
| Skärmvinkel, ° | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| Korrektionsfaktor | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 0.82 | 0.68 | 0.53 |

Dagsljusfaktorn (DF)

Dagsljusfaktorn i punkten P är summan av HK, URK och IRK.

Utan hinder utanför. Enligt beräkningsexemplet sid 15 är HK = 1.2%. Då inget hinder fanns utanför är URK = 0. IRK_{medel} är enligt exemplet på sid 29 0.9%, men detta värde måste korrigeras med faktorn 1.2 enligt tabell 5 eftersom avskärmningen är 0°. IRK_{medel} = 1.2 × 0.9 = 1.1%.

$$DF = 1.2 + 0 + 1.1 = 2.3\%$$

Med hinder utanför. Enligt de tidigare avsnitten är då

$$HK = 0.7\%, \text{ URK} = 0.1\% \text{ och IRK}_{\text{medel}} = 0.9\%, \text{ dvs}$$

$$DF = 0.7 + 0.1 + 0.9 = 1.7\%.$$

Inverkan av balkong eller loftgång utanför fönstret

Dagsljuset i ett rum kan skärmade bort inte bara av andra byggnader, träd o dyl utan också av utskjutande delar på den egna byggnaden. Vanligast är att balkonger med tak och väggar gör att boningsrum innanför blir mörkare. Även en loftgång med tak utanför kan ta bort mycket av dagsljuset.

Vid beräkning av dagsljusfaktorn måste man naturligtvis ta hänsyn till hur dessa yttre skärmande ytor påverkar i första hand himmelskomponenten. Beräkningen av denna sker på samma sätt som beskrivits förut. Beräkningen av IRK blir däremot något mer komplicerad och kommer att beskrivas nedan.

När det gäller bostäder räknas en balkong utanför eller en loftgång vanligen in i "rumsdjupet", vilket innebär dels att referenspunkten som används i byggnormen flyttas ut mot fönsterväggen, dels att den golvyta, som rummet räknas ha, ökar så att proportionen fönsteryta/golvnya minskar. Detta påverkar främst den innereflekterade komponenten.

Himmelskomponenten (HK)

Om rummet i fig 2 har en balkong utanför blir beräkningen av HK enligt fig 7 (pröva själv att använda dagsljusgradskivan för vertikalt fönster):

För punkten P_1 :

$$HK_{\infty} = 1.2 - 0.05 = 1.15\% \text{ med medelhöjden } (19 + 3)/2 = 11^{\circ}$$

För punkten P_2 :

$$HK_{\infty} = 1.7 - 0.05 = 1.65\% \text{ med medelhöjden } (22 + 3)/2 = 12^{\circ}$$

Observera att punkten P_2 , som ligger på halva rumsdjupet, flyttat, eftersom ytterväggens tjocklek och balkongens djup får räknas in i rumsdjupet.

Den effektiva bredden på fönstret påverkas inte av balkongens väggar för punkten P_1 utan korrektionen för fönsterbredden blir:

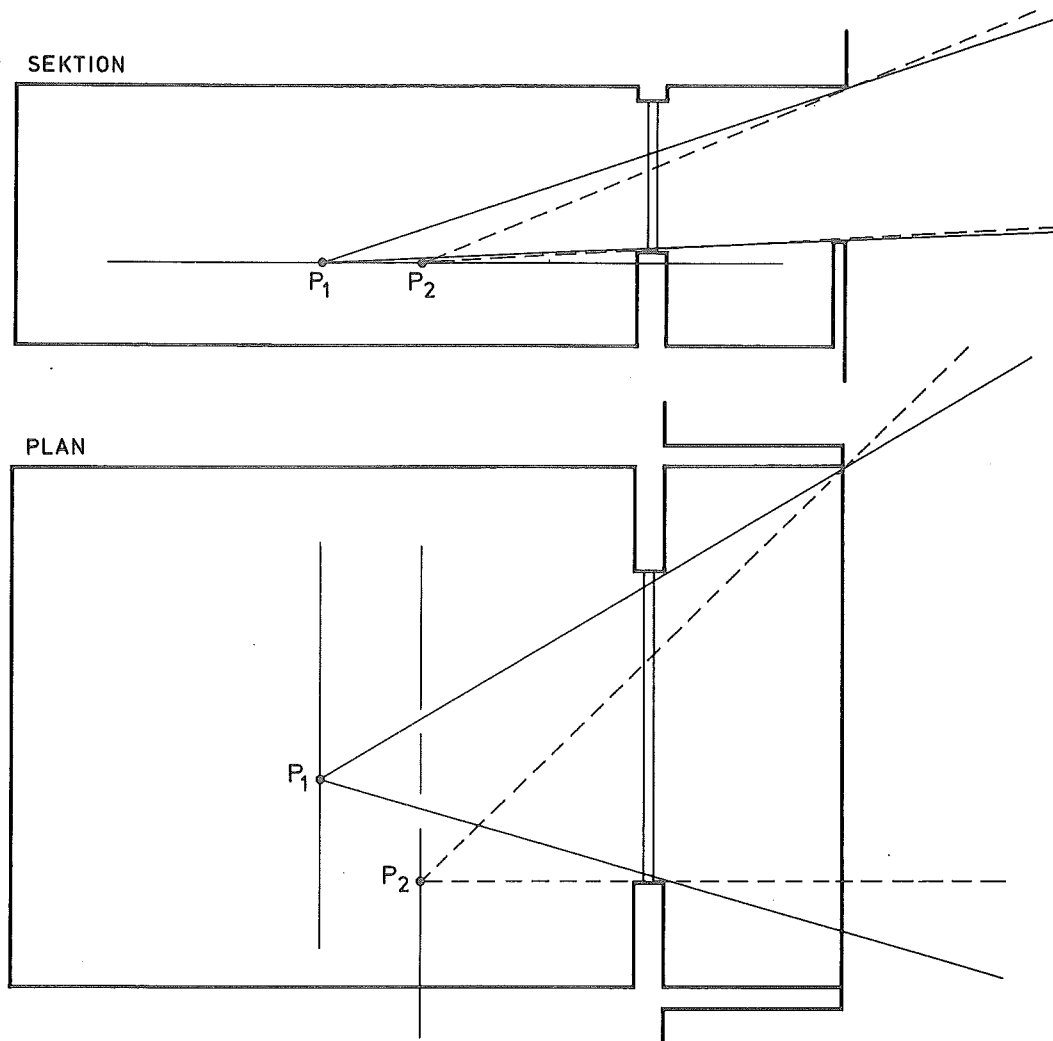
$$0.32 + 0.19 = 0.51\% \text{ och}$$

$$HK_{P_1} = 1.15 \times 0.51 = 0.6\%$$

För P_2 , som är den referenspunkt 1 m från sidovägg som används i byggnormen, blir däremot korrektionen beroende av den ena sidoväggen på balkongen:

$$0.42 + 0 = 0.42 \text{ och}$$

$$HK_{P_2} = 1.65 \times 0.42 = 0.7\%$$



Figur 7. Beräkning av dagsljusfaktorns himmelskomponent (HK) i rum med balkong utanför.

Innereflekterade komponenten (IRK)

Man kan vid beräkning av IRK resonera som att fönstret flyttas ut i ytterfasaden i balkongens eller loftgångens ytterkant. Rumsdjupet i fig 6 blir då 7.9 m och golvytan således 39.5 m² med samma antaganden som förut.

Glasarean är fortfarande 4.5 m², vilket nu motsvarar 11% av golvytan.

För att beräkna IRK måste man känna rumsytornas reflexionsfaktorer. Balkong- och loftgångsytor har vanligen lägre reflexionsfaktorer än rumsytorna, vilket innebär att de tidigare antagna värdena $R_{\text{golv}} = 20\%$, $R_{\text{vägg}} = 60\%$ och $R_{\text{tak}} = 80\%$ måste reduceras. Detta kan ske helt i proportion till ytornas storlek, men eftersom de första reflexionerna är viktiga bör balkong-/loftgångsyternas reflexionsfaktorer väga något tyngre. Speciellt blir reflexionen mot golvet låg eftersom ytterväggen också hindrar en stor del av detta ljus att alls nå in i rummet.

Vid loftgång utanför saknas ju dessutom vanligen sidovägg som kan bidra till det reflekterade ljuset eftersom loftgångstaket åt sidorna hindrar himmelsljus att falla in snett från sidan. Har däremot balkongen inga sidoväggar kan ljus infallande från sidan öka den skenbara reflexionsfaktorn på väggarna.

I tabell 6 ges förslag till värden på reflexionsfaktorer att använda på tak, väggar och golv i rum med loftgång eller balkong utanför.

Dessa värden kan göra det svårt att använda den förenklade metoden med tabellerna 2 - 5. Man måste använda formel (5) för IRK_{medel} . Med hjälp av tabell 6 uppskattas nya reflexionsfaktorer för rummet i fig 7 till:

$$R_{\text{golv}} = 5\%$$

$$R_{\text{vägg}} = 35\%$$

$$R_{\text{tak}} = 50\%$$

Glasarean är 11% av golvarean.

Tabell 4 för tvåglasfönster ger vid $R_{\text{golv}} = 10\%$ genom interpolering $IRK_{\text{medel}} = 0.3\%$.

Yttre avskärmning saknas, vilket ger korrektionsfaktorn 1.2. Takets reflexionsfaktor 50% ger korrektionen 0.8, allt enligt tabell 6. Således blir:

$$IRK_{\text{medel}} = 0.3 \times 1.2 \times 0.8 = 0.3\%$$

Om man ser hur golvets reflexionsfaktor påverkar värdena i tabell 4 bör man kunna gissa att 5% golvreflexionsfaktor skulle sänka IRK till ca 0.2%.

Med formel (5) och ovan angivna värden samt totalarean $A = 143.5 \text{ m}^2$ och $C = 39$ blir:

$$R = 30\%$$

$$R_{\text{gv}} = 14\%$$

$$R_{\text{tv}} = 43\%$$

Tabell 6. Värden på reflexionsfaktorer (%) att använda vid beräkning av IRK då balkong eller loftgång finns utanför rummet.

| Utanför finns | Reflexionsfaktorer i rummet, % | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|----|----|--------|----|----|----|----|------|----|----|----|----|
| | tak | | | väggar | | | | | golv | | | | |
| | 60 | 70 | 80 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| Balkong med sidovägg | 40 | 50 | 50 | 10 | 20 | 30 | 35 | 40 | 0 | 0 | 5 | 10 | 15 |
| Balkong utan sidovägg | 40 | 50 | 50 | 35 | 45 | 55 | 60 | 70 | 0 | 0 | 5 | 10 | 15 |
| Loftgång | 40 | 50 | 50 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 0 | 0 | 5 | 10 | 15 |

och därmed

$$\text{IRK}_{\text{medel}} = \frac{0.75 \times 4.5}{143.5 \times 70} (39 \times 14 + 5 \times 43) = 0.26\%$$

vilket är något högre än vad uppskattningen ur tabellen gav. Samma förhållande mellan tabell och formel konstaterades i beräkningsexemplet på sid 30, vilket är naturligt eftersom det är i princip samma rum som studentens.

Dagsljusfaktorn (DF)

I punkten P_1 blir dagsljusfaktorn således:

$$\text{DF}_{P_1} = 0.6 + 0.2 = 0.8\%$$

och i P_2 på motsvarande sätt:

$$\text{DF}_{P_2} = 0.7 + 0.2 = 0.9\%$$

Detta innebär att dagsljusfaktorn i byggnormens referenspunkt (P_1) knappt klarar kravet ens då det inte finns någon annan avskärmning utanför från andra byggnader.

Inverkan av ett utskjutande tak

Ett utskjutande tak ovanför ett fönster kan jämföras med en loftgång eller balkong utan sidoväggar utanför.

Beräkningen kan därför approximativt göras på samma sätt som i föregående exempel, med antagandet att det inte finns något golv utanför fönstret som reflekterar in ljus. Reflexionsfaktorer väljs därför ur tabell 6 som för balkong utan sidoväggar och med golvreflexionsfaktorn 0.

Lutande fönster i tak

Fönster i tak kan ha vilken lutning som helst från horisontellt till vertikalt. Beräkningen av dagsljusinfallet och dagsljusfaktorn är i princip densamma som för vertikala fönster i sidovägg, men det behövs en dagsljusgradskiva för lämplig lutningsvinkel på glaset för beräkningen av himmelskomponenten samt ett extra antal tabeller för beräkningen av den inreflekterade komponenten.

Utförligare beskrivning finns i (Hopkinson et al 1966) och en kortare i (Longmore 1968).

Till denna bok medföljer dagsljusgradskivor för tvåglasfönster med lutningsvinklarna 0° (horisontellt fönster), 30° , 60° samt vertikalt fönster. Man väljer gradskiva för den lutning som närmast överensstämmer med fönstrets. Det fel som kan uppkomma genom att någon gradskiva inte finns just för den aktuella lutningen diskuteras senare.

Med takfönster menas här fönster i taket till oftast stora rum inom industri, kontor m m. Fönster i lutande tak i t ex inredda vindsbostäder behandlas på sid 45.

Himmelskomponenten (HK)

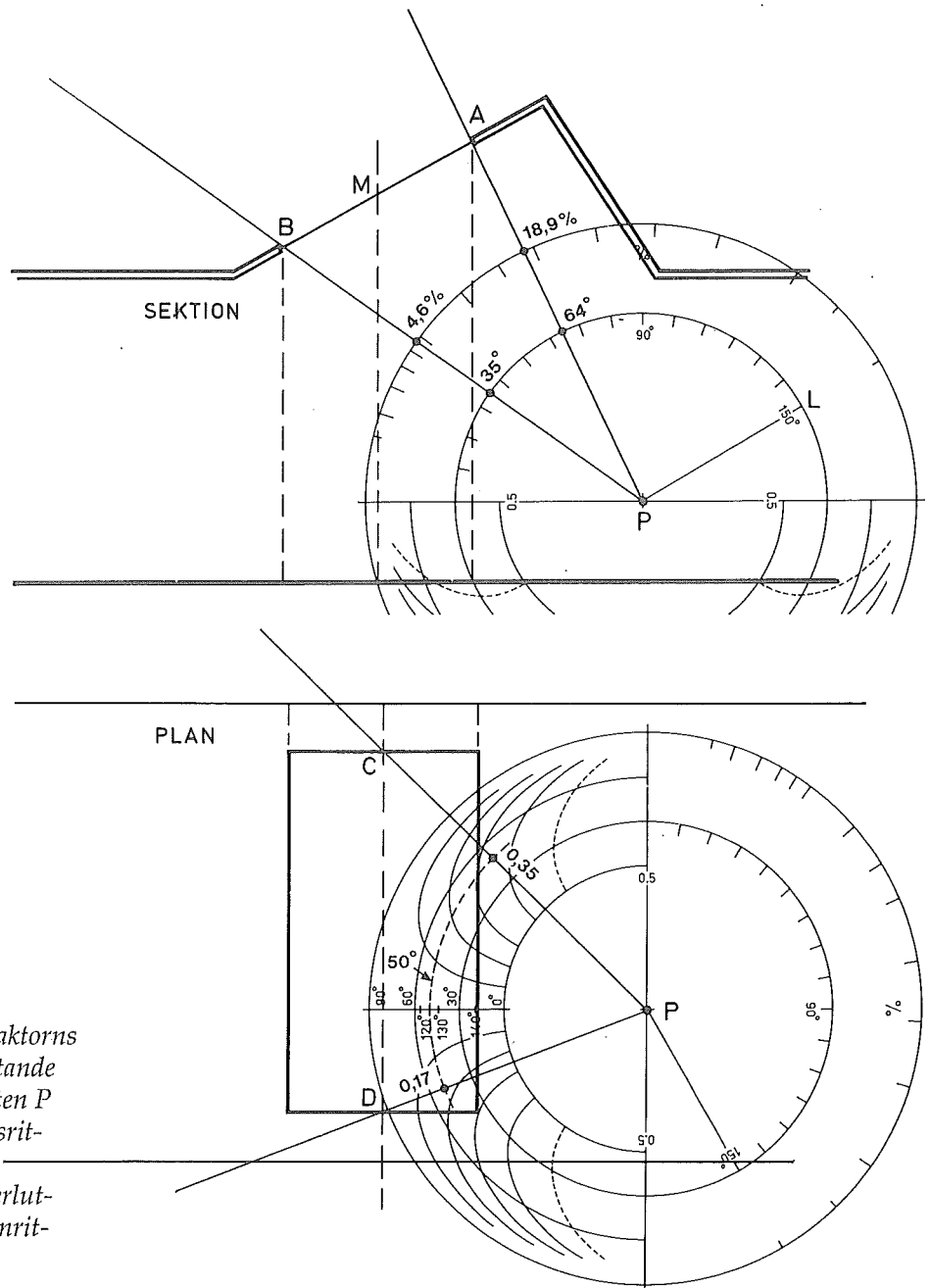
Punkten ligger inte rakt under fönstret. Som tidigare krävs en sektions- och en planritning som visar fönstrets storlek och läge i förhållande till punkten P, se fig 8. Takfönstrets lutning är 30° i exemplet.

Syftlinjer till över- och underkant PA och PB dras på sektionsritningen och mittpunkten M markeras. Läget på M överförs till planritningen och linjerna PC och PD dras.

Dagsljusgradskivan för den aktuella fönsterlutningen placeras på sektionen med P i centrum och med linjen PL, som markerar fönsterlutningen, parallell med fönsterglasets AB.

På vanligt sätt avläses sedan himmelskomponenterna för linjerna PA och PB och medelhöjden noteras. I fig 8 blir resultatet:

$$HK_\infty = 18,9 - 4,6 = 14,3\%, \text{ medelhöjden } \frac{64 + 35}{2} = 50^\circ$$



Figur 8. Beräkning av dagsljusfaktorns himmelskomponent (HK) vid lutande takfönster. Den studerade punkten P ligger ej under fönstret i sektionsritningen.

Dagsljusgradskivan för fönsterlutning 30° inlagd i sektion och planritning.

Korrekturen för fönstrets verkliga bredd erhålls med gradskivans andra halva placerad på planen över rummet. Korrekturen avläses vid höjd-vinkeln 50° för linjerna PC och PD.

$$0.35 + 0.17 = 0.52$$

Himmelskomponenten blir då:

$$HK = 14.3 \times 0.52 = 7.4\%$$

Punkten ligger under fönstret. Om punkten ligger under fönstret i sektionssritningen, som visas i fig 9, måste beräkningen ske i två steg. Takfönstret betraktas som två, ett på vardera sidan om lodlinjen genom P. Man gör detta för att få bättre avläsningsnoggrannhet med gradskivan som har dålig precision vid medelhöjdsvinklar nära 90°.

Gradskivan placeras på sektionen precis som förut, men man avläser ett värde också vid lodlinjen genom P.

Korrektionen för verklig bredd måste dock göras i två etapper och gradskivan vändas för de två fönsterdelarna.

Exemplet i fig 9 ger följande värden:

Delen BV:

$$HK_{\infty} = 37.6 - 14.5 = 23.1\%, \text{ medelhöjd: } 73^\circ$$

Korrektion för bredden:

$$0.40 + 0.22 = 0.62$$

$$HK_{BV} = 23.1 \times 0.62 = 14.3\%$$

Delen VA:

$$HK_{\infty} = 48.0 - 37.6 = 10.4\%, \text{ medelhöjd: } 97^\circ$$

Korrektion för bredden:

$$0.2 + 0.3 = 0.5$$

$$HK_{AV} = 10.4 \times 0.5 = 5.2\%$$

$$HK = HK_{BV} + HK_{VA} = 14.3 + 5.2 = 19.5\%.$$

Många fönster. Ofta finns flera fönster fördelade över taket. Bidraget till dagsljusfaktorn i punkten P beräknas för vart och ett och resultaten summeras. Olika sätt att förenkla beräkningen kan finnas. Tänk bara på att vända gradskivan rätt så att den stämmer med fönsterlutningen.

Utereflekterade komponenten (URK)

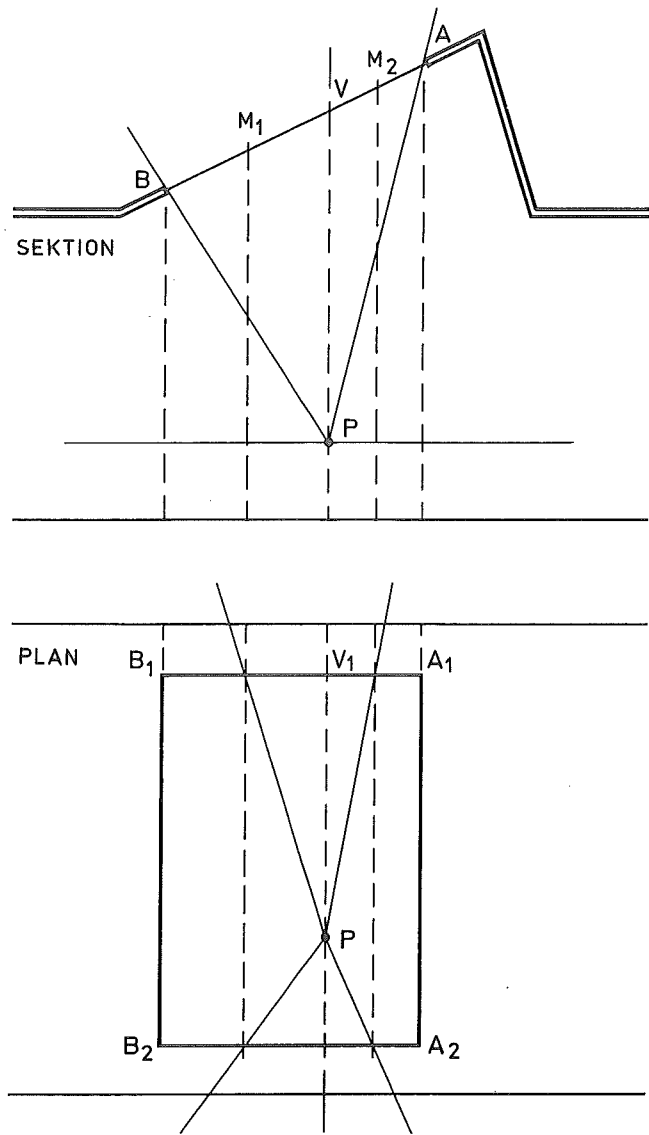
URK beräknas i förekommande fall precis som förut beskrivits.

Innereflekterade komponenten (IRK)

Eftersom takfönstren vanligen är rätt jämnt fördelade över taket blir dagsljusbelysningen oftast ganska jämn över rum med takfönster. Detta innebär att man bara behöver beräkna ett medelvärde på IRK.

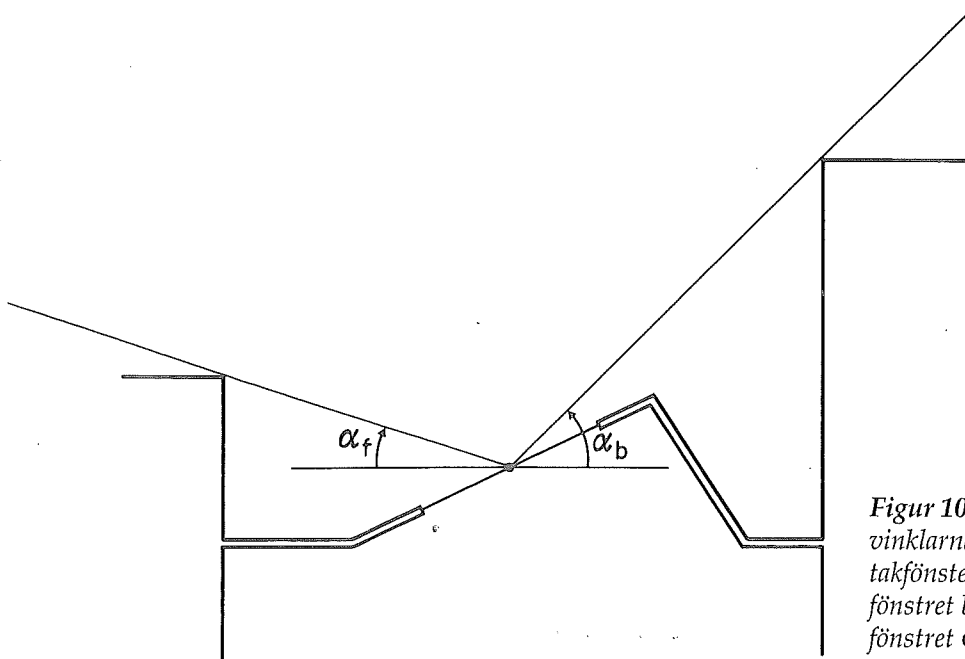
En enkel formel för beräkning av IRK vid takfönster är:

$$IRK_{\text{medel}} = K \frac{W \times R \times B}{A(100 - R)} \% \quad (9)$$



Figur 9. Den studerade punkten P ligger i sektionsritningen under det lutande fönstret.

- där $W = \text{glasarean (m}^2\text{)}$
 $A = \text{rumsytornas totala area (m}^2\text{)}$
 $R = \text{medelreflexionsfaktorn för alla ytor i rummet (\%)}$
 $B = \text{beror på antalet glas i fönstren}$
 $= 1 \text{ för enkelglas; } 0.88 \text{ för tvåglas; } 0.78 \text{ för treglas}$
 $K = \text{en faktor som beror på fönstrens lutning och på}$
 $\text{eventuell yttre avskärmning utanför fönstren.}$



Figur 10. Definition av avskärmningsvinklarna α_f och α_b för ett lutande takfönster. Avskärmningen "framför" fönstret betecknas α_f och "bakom" fönstret α_b .

Takfönster kan avskäras från två sidor och man måste ange båda avskärmningarna. I fig 10 visas hur dessa kan betecknas. Den som ligger "framför" fönstret beskrivs med avskärmningsvinkeln α_f och den "bakom" på motsvarande sätt med α_b . Avskärmningsvinkeln mäts som förut från fönstrets mittpunkt. För ett horisontellt takfönster är det ingen skillnad på framför och bakom och man kan använda α_1 och α_2 för vinklarna.

Tabellerna 7 - 10 visar hur faktorn K beror av avskärmningsvinklarna vid olika fönsterlutning (Hopkinson et al 1966). Värdena gäller fönster med enkelglas, men antalet glas beaktas i formel (9).

Tabellerna 11 - 13 ger en uppfattning om storleken av IRK för ett rum $36 \times 18 \text{ m}^2$ med takhöjd 4.5 m och takfönster i fyra band tvärs rummet. Takets reflexionsfaktor är 60% och de yttre avskärmningsvinklarna 20° . Tabellerna avser olika lutningsvinklar på takfönstren samt 1, 2 respektive 3 glas. Om taket har annan reflexionsfaktor än 60% korrigeras värdet på IRK_{medel} i tabellerna 11 - 13 med en faktor ur tabell 14.

Tabell 7. Faktorn K i formel 9 vid vertikala takfönster med enkelglas. Mullen himmel enligt CIE.

| Avskärningsvinkel, α° | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
|-----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Faktorn K | 37 | 34 | 30 | 26 | 21 | 16 | 12 | 10 | 9 |

Tabell 8. (t v) Faktorn K i formel 9 vid takfönster med enkelglas och 60° lutning. Mullen himmel enligt CIE. Beteckningar enligt fig 10.

Tabell 9. (t h) Faktorn K i formel 9 vid takfönster med enkelglas och 30° lutning. Mullen himmel enligt CIE. Beteckningar enligt fig 10.

| Avskärningsvinkel,° | | | Avskärningsvinkel,° | | | | | | |
|---------------------|------------|----|---------------------|------------|----|----|----|----|----|
| α_f | α_b | | α_f | α_b | | | | | |
| | 0-70 | 80 | | 0-30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 0 | 70 | 68 | 0 | 82 | 82 | 81 | 79 | 74 | 69 |
| 10 | 65 | 64 | 10 | 81 | 80 | 80 | 77 | 73 | 67 |
| 20 | 59 | 58 | 20 | 78 | 78 | 77 | 74 | 70 | 64 |
| 30 | 52 | 51 | 30 | 74 | 73 | 72 | 70 | 66 | 60 |
| 40 | 44 | 43 | 40 | 68 | 68 | 67 | 64 | 60 | 54 |
| 50 | 36 | 34 | 50 | 61 | 61 | 60 | 58 | 53 | 48 |
| 60 | 28 | 26 | 60 | 54 | 54 | 53 | 50 | 46 | 40 |
| 70 | 21 | 20 | 70 | 46 | 45 | 45 | 42 | 38 | 32 |
| 80 | 16 | 15 | 80 | 37 | 37 | 36 | 33 | 27 | 23 |

Tabell 10. Faktorn K i formel 9 vid horisontella takfönster med enkelglas. Mullen himmel enligt CIE.

| Avskärningsvinkel,° | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| α_1 | α_2 | | | | | | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 0 | 88 | 87 | 87 | 85 | 82 | 78 | 72 | 65 | 57 |
| 10 | 87 | 87 | 87 | 85 | 82 | 77 | 71 | 64 | 56 |
| 20 | 87 | 87 | 86 | 85 | 82 | 77 | 71 | 64 | 56 |
| 30 | 85 | 85 | 85 | 83 | 80 | 75 | 69 | 62 | 54 |
| 40 | 82 | 82 | 82 | 80 | 77 | 72 | 66 | 59 | 51 |
| 50 | 78 | 77 | 77 | 75 | 72 | 68 | 62 | 54 | 47 |
| 60 | 72 | 71 | 71 | 69 | 66 | 62 | 56 | 48 | 41 |
| 70 | 65 | 64 | 64 | 62 | 59 | 54 | 48 | 41 | 33 |
| 80 | 57 | 56 | 56 | 54 | 51 | 47 | 41 | 33 | 25 |

Tabell 11. IRK_{medel} för takfönster med enkelglas. Avskärningsvinkel 20° åt båda sidor. Övriga förutsättningar, se texten.

| Fönstrets lutning, ° | Glasyta, % av golvyta | Golvet's reflexionsfaktor, % | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 10 | | | 20 | | | 30 | | |
| | | Väggarnas reflexionsfaktorer, % | | | | | | | | |
| | | 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 60 |
| 0 (horisontellt) | 5 | .7 | .9 | 1.1 | .8 | 1.0 | 1.3 | .9 | 1.2 | 1.5 |
| | 7 | .9 | 1.2 | 1.5 | 1.1 | 1.4 | 1.8 | 1.3 | 1.6 | 2.0 |
| | 10 | 1.3 | 1.7 | 2.1 | 1.6 | 1.9 | 2.4 | 1.8 | 2.2 | 2.8 |
| | 15 | 1.9 | 2.4 | 3.0 | 2.2 | 2.8 | 3.5 | 2.6 | 3.3 | 4.1 |
| | 20 | 2.4 | 3.1 | 3.9 | 2.9 | 3.6 | 4.5 | 3.4 | 4.2 | 5.3 |
| | 25 | 2.9 | 3.8 | 4.8 | 3.5 | 4.2 | 5.5 | 4.1 | 5.1 | 6.4 |
| | 30 | 3.3 | 4.3 | 5.5 | 4.0 | 5.1 | 6.4 | 4.7 | 5.9 | 7.4 |
| 30 | 5 | .6 | .8 | 1.0 | .7 | .9 | 1.1 | .8 | 1.1 | 1.3 |
| | 7 | .8 | 1.1 | 1.4 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.2 | 1.5 | 1.8 |
| | 10 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 1.4 | 1.8 | 2.2 | 1.6 | 2.1 | 2.5 |
| | 15 | 1.7 | 2.2 | 2.8 | 2.0 | 2.6 | 3.2 | 2.4 | 3.0 | 3.7 |
| | 20 | 2.2 | 2.8 | 3.5 | 2.5 | 3.3 | 4.1 | 3.0 | 3.8 | 4.8 |
| | 25 | 2.7 | 3.4 | 4.3 | 3.1 | 4.0 | 5.0 | 3.7 | 4.6 | 5.8 |
| | 30 | 3.0 | 3.9 | 5.0 | 3.6 | 4.6 | 5.8 | 4.2 | 5.4 | 6.7 |
| 60 | 5 | .5 | .6 | .7 | .5 | .7 | .9 | .6 | .8 | 1.0 |
| | 7 | .6 | .8 | 1.0 | .8 | .9 | 1.2 | .9 | 1.1 | 1.4 |
| | 10 | .9 | 1.1 | 1.5 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.3 | 1.5 | 1.9 |
| | 15 | 1.3 | 1.6 | 2.1 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 1.8 | 2.2 | 2.8 |
| | 20 | 1.6 | 2.1 | 2.7 | 2.0 | 2.5 | 3.1 | 2.3 | 2.9 | 3.6 |
| | 25 | 2.0 | 2.6 | 3.3 | 2.4 | 3.0 | 3.8 | 2.8 | 3.5 | 4.4 |
| | 30 | 2.3 | 3.0 | 3.8 | 2.7 | 3.5 | 4.4 | 3.2 | 4.1 | 5.1 |
| 90 | 5 | .2 | .3 | .4 | .3 | .4 | .4 | .3 | .4 | .5 |
| | 7 | .3 | .4 | .5 | .4 | .5 | .6 | .4 | .6 | .7 |
| | 10 | .4 | .6 | .7 | .5 | .8 | .9 | .8 | .8 | 1.0 |
| | 15 | .7 | .8 | 1.0 | .8 | 1.0 | 1.2 | .9 | 1.1 | 1.4 |
| | 20 | .8 | 1.1 | 1.4 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.2 | 1.5 | 1.8 |
| | 25 | 1.0 | 1.3 | 1.7 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 1.4 | 1.8 | 2.2 |
| | 30 | 1.1 | 1.5 | 1.9 | 1.4 | 1.8 | 2.2 | 1.6 | 2.1 | 2.6 |

Tabell 12. IRK_{medel} för takfönster med tvåglas. Avskärningsvinkel 20° åt båda sidor. Övriga förutsättningar, se texten.

| Fönstrets lutning, ° | Glasyta, % av golvyta | Golvet's reflexionsfaktor, % | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 10 | | | 20 | | | 30 | | |
| | | Väggarnas reflexionsfaktorer, % | | | | | | | | |
| | | 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 60 |
| 0 (horisontellt) | 5 | .6 | .8 | 1.0 | .7 | .9 | 1.1 | .8 | 1.0 | 1.3 |
| | 7 | .8 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 1.1 | 1.4 | 1.8 |
| | 10 | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 1.4 | 1.7 | 2.1 | 1.6 | 2.0 | 2.5 |
| | 15 | 1.6 | 2.1 | 2.7 | 2.0 | 2.5 | 3.1 | 2.3 | 2.9 | 3.6 |
| | 20 | 2.1 | 2.7 | 3.5 | 2.6 | 3.2 | 4.0 | 2.9 | 3.7 | 4.7 |
| | 25 | 2.5 | 3.3 | 4.2 | 3.1 | 3.9 | 4.9 | 3.8 | 4.5 | 5.7 |
| | 30 | 2.9 | 3.8 | 4.9 | 3.5 | 4.5 | 5.6 | 4.1 | 5.2 | 6.6 |
| 30 | 5 | .5 | .7 | .9 | .6 | .8 | 1.0 | .7 | .9 | 1.2 |
| | 7 | .7 | .9 | 1.2 | .9 | 1.1 | 1.4 | 1.0 | 1.3 | 1.6 |
| | 10 | 1.0 | 1.3 | 1.7 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 1.4 | 1.8 | 2.2 |
| | 15 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 1.8 | 2.2 | 2.8 | 2.1 | 2.6 | 3.3 |
| | 20 | 1.9 | 2.5 | 3.1 | 2.3 | 2.9 | 3.7 | 2.7 | 3.4 | 4.2 |
| | 25 | 2.3 | 3.0 | 3.8 | 2.7 | 3.5 | 4.5 | 3.2 | 4.1 | 5.1 |
| | 30 | 2.6 | 3.4 | 4.4 | 3.2 | 4.1 | 5.1 | 3.7 | 4.7 | 5.9 |
| 60 | 5 | .4 | .5 | .7 | .5 | .6 | .8 | .6 | .7 | .9 |
| | 7 | .5 | .7 | .9 | .7 | .8 | 1.1 | .8 | 1.0 | 1.2 |
| | 10 | .8 | 1.0 | 1.3 | .9 | 1.2 | 1.5 | 1.1 | 1.4 | 1.7 |
| | 15 | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 1.3 | 1.7 | 2.1 | 1.6 | 2.0 | 2.5 |
| | 20 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 1.7 | 2.2 | 2.7 | 2.0 | 2.6 | 3.2 |
| | 25 | 1.8 | 2.3 | 2.9 | 2.1 | 2.6 | 3.3 | 2.4 | 3.1 | 3.9 |
| | 30 | 2.0 | 2.6 | 3.3 | 2.4 | 3.1 | 3.9 | 2.8 | 3.6 | 4.5 |
| 90 | 5 | .2 | .3 | .3 | .2 | .3 | .4 | .3 | .4 | .4 |
| | 7 | .3 | .3 | .4 | .3 | .4 | .5 | .4 | .5 | .6 |
| | 10 | .4 | .5 | .6 | .5 | .6 | .8 | .6 | .7 | .9 |
| | 15 | .6 | .7 | .9 | .7 | .9 | 1.1 | .8 | 1.0 | 1.3 |
| | 20 | .7 | .9 | 1.2 | .9 | 1.1 | 1.4 | 1.0 | 1.3 | 1.6 |
| | 25 | .9 | 1.2 | 1.4 | 1.0 | 1.4 | 1.7 | 1.2 | 1.6 | 2.0 |
| | 30 | 1.0 | 1.3 | 1.7 | 1.2 | 1.6 | 2.0 | 1.4 | 1.8 | 2.3 |

Tabell 13. IRK_{medel} för takfönster med treglas. Avskärningsvinkel 20° åt båda sidor. Övriga förutsättningar, se texten.

| Fönstrets lutning, ° | Glasyta, % av golvyta | Golvets reflexionsfaktor, % | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 10 | | | 20 | | | 30 | | |
| | | Väggarnas reflexionsfaktorer, % | | | | | | | | |
| | | 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 60 |
| 0 (horisontellt) | 5 | .5 | .7 | .8 | .6 | .8 | 1.0 | .7 | .9 | 1.1 |
| | 7 | .7 | .9 | 1.2 | .8 | 1.1 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.5 |
| | 10 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 1.4 | 1.8 | 2.1 |
| | 15 | 1.4 | 1.9 | 2.4 | 1.7 | 2.2 | 2.7 | 2.0 | 2.6 | 3.2 |
| | 20 | 1.8 | 2.4 | 3.1 | 2.2 | 2.8 | 3.5 | 2.6 | 3.3 | 4.1 |
| | 25 | 2.2 | 2.9 | 3.7 | 2.7 | 3.4 | 4.3 | 3.1 | 4.0 | 5.0 |
| | 30 | 2.6 | 3.4 | 4.3 | 3.1 | 4.0 | 5.0 | 3.6 | 4.6 | 5.8 |
| 30 | 5 | .5 | .6 | .8 | .6 | .7 | .9 | .7 | .8 | 1.0 |
| | 7 | .6 | .8 | 1.0 | .8 | 1.0 | 1.2 | .9 | 1.1 | 1.4 |
| | 10 | .9 | 1.2 | 1.5 | 1.1 | 1.3 | 1.7 | 1.3 | 1.6 | 2.0 |
| | 15 | 1.3 | 1.7 | 2.1 | 1.6 | 2.0 | 2.5 | 1.8 | 2.3 | 2.9 |
| | 20 | 1.7 | 2.2 | 2.8 | 2.0 | 2.6 | 3.3 | 2.4 | 3.0 | 3.7 |
| | 25 | 2.0 | 2.6 | 3.4 | 2.4 | 3.1 | 3.9 | 2.9 | 3.6 | 4.5 |
| | 30 | 2.3 | 3.0 | 3.9 | 2.8 | 3.6 | 4.5 | 3.3 | 4.2 | 5.2 |
| 60 | 5 | .4 | .5 | .6 | .4 | .5 | .7 | .5 | .6 | .8 |
| | 7 | .5 | .6 | .8 | .6 | .7 | .9 | .7 | .8 | 1.1 |
| | 10 | .7 | .9 | 1.1 | .8 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.2 | 1.5 |
| | 15 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 1.4 | 1.7 | 2.2 |
| | 20 | 1.3 | 1.7 | 2.1 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 1.8 | 2.2 | 2.8 |
| | 25 | 1.6 | 2.0 | 2.5 | 1.8 | 2.3 | 2.9 | 2.2 | 2.7 | 3.4 |
| | 30 | 1.8 | 2.3 | 2.9 | 2.1 | 2.7 | 3.4 | 2.5 | 3.2 | 4.0 |
| 90 | 5 | .2 | .2 | .3 | .2 | .3 | .3 | .3 | .3 | .4 |
| | 7 | .3 | .3 | .4 | .3 | .4 | .5 | .4 | .4 | .5 |
| | 10 | .4 | .4 | .5 | .4 | .5 | .8 | .5 | .6 | .8 |
| | 15 | .5 | .6 | .8 | .6 | .8 | 1.0 | .7 | .9 | 1.1 |
| | 20 | .6 | .8 | 1.1 | .8 | 1.0 | 1.2 | .9 | 1.2 | 1.4 |
| | 25 | .8 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 1.1 | 1.4 | 1.7 |
| | 30 | .9 | 1.2 | 1.5 | 1.1 | 1.4 | 1.7 | 1.3 | 1.6 | 2.0 |

Tabell 14. Omvandlingsfaktor vid beräkning av IRK_{medel} för olika reflexionsfaktorer på taket. Komplettering av tabell 11-13. (Ur Hopkinson et al 1966).

| Takets reflexionsfaktor, % | 40 | 50 | 60 | 70 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Omvandlingsfaktor | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |

Lutande fönster i bostadsrum

Himmelskomponent och utereflekerad komponent

Lutande fönster kan även förekomma i bostadsrum, t ex i inredda vindår. Dagsljusfaktorns himmelskomponent och utereflekerade komponent beräknas så som beskrivits i exemplet på sid 36-38 med hjälp av den dagsljusgradskiva som närmast motsvarar den aktuella fönsterlutningen. Ofta har sådana fönster lutningsvinkel på minst 45° och gradskivorna för 60° lutning eller vertikalt fönster kommer därför mest till användning.

Innereflekerad komponent

Om fönstret sitter lågt, så att det också ska ge utsikt, kommer IRK att variera över rummet på ungefär samma sätt som om det var ett vanligt vertikalt fönster i sidovägg. Beräkningen av IRK bör därför ske som beskrivits på sid 26-30.

I de fall fönstret sitter så högt att det närmast är att betrakta som ett takfönster bör beräkningen av IRK_{medel} ske som beskrivits på sid 38-44.

Överglasade gårdar, inglasade rum och liknande

Om det finns ett överglasat rum utanför fönstret, en glasgård, inglasad veranda e d, blir det något besvärligare att beräkna hur mycket dagsljus som kan nå in i rummet.

Det finns inte några enkla beräkningsmetoder för ljustransmission genom många lager glas, ibland av varierande lutning. Datorprogram kan klara av sådana komplexa beräkningar, men det finns inte program tillgängliga idag, utan sådana måste specialkonstrueras för lämpliga typlösningar.

Ett sätt att ungefärligen bedöma inverkan av en yttre överglasning e d är att dels beräkna dagsljusfaktorn på vanligt sätt i rummet som om det inte fanns någon yttre överglasning, dels beräkna hur mycket av dagsljuset som träffar fönsterytan som skärmas bort av överglasningen och sedan kombinera dessa uppgifter. Vanligen behöver man bara välja att studera hur mycket av det infallande ljuset som skärmas bort för en punkt mitt på fönstret.

Om dagsljusfaktorn i punkten P i rummet betecknas DF då det inte finns någon överglasning utanför och DF_g med överglasning kan man teckna ett samband

$$DF_g = DF \frac{k_m}{k_u} \quad (10)$$

där k_m betecknar den del av himmelsljuset som når fönstret genom den yttre överglasningen
 k_u betecknar den andel av himmelsljuset som når fönstret utan extra överglasning utanför

Både k_m och k_u består vanligen av en himmelskomponent och en utereflektad komponent. Ofta kan man bortse från den senare eftersom den är liten i jämförelse med det direkta himmelsljuset. Korrektionsfaktorerna k_m och k_u blir då himmelskomponenterna i en punkt mitt på fönstret. Finns ingen yttre avskärmning från andra byggnader eller byggnadsdelar utanför fönstret utöver den extra glasningen blir naturligtvis $k_u = 50\%$ för ett vertikalt fönster.

För bestämning av k_u behövs en dagsljusgradskiva för oglasad öppning. En sådan finns framtagen i England (Longmore 1968). Den används precis som övriga dagsljusgradskivor. Har man inte tillgång till denna gradskiva kan man beräkna himmelskomponenten i punkten mitt på fönstret med den vanliga gradskivan för vertikalt 2-glasfönster och korrigera detta värde enligt tabell 16.

Faktorn k_m bestäms med den eller de gradskivor som gäller för den eller de lutningar som överglasningen har. Beräkningen måste ofta ske i flera steg eftersom det är vanligt att överglasningen har olika lutningsvinklar i olika delar och de vertikala delarna kan också vara orienterade i olika riktningar vilket medför beräkning för varje del för sig. Som nämnts tidigare kan man ofta försumma bidraget från reflekterat ljus från andra motstående byggnadsfasader.

I många fall är överglasningen ganska komplicerad, med dels en indelning av glasytorna i många delar, dels med en bärande konstruktion bestående av balkar o dyl som skärmar bort delar av det direkta himmelsljuset.

Det kan vara närmast omöjligt att bestämma bidraget från varje del av inglasningen som "syns" från punkten mitt på fönstret pga dessa konstruktionsdetaljer. Med hjälp av ritningar mm får man beräkna hur stor del av ytan som upptas av skarvar m m och använda detta som en korrektion av det värde som beräknas för en hel yta. Se tidigare beräkningsexempel. En korrektion måste också göras för den del av himmelsljuset som skärmas bort av den bärande konstruktionen. Denna kan vara betydande om det finns många eller höga balkar o dyl i en takkonstruktion. Med hjälp av

sektionsritningar går det att uppskatta hur stor del av himlen som skymms från den studerade punkten mitt på fönstret.

Nedsmutsning av glaset bidrar också till reduktion av dagsljuset. Se tabell 18.

Är inte takmaterialet helt klart måste även detta beaktas med hjälp av transmissionsdata från fabrikanten.

Sammanfattningsvis beräknas k_m enligt formeln:

$$k_m = (HK + URK)_{\text{inglasn}} \frac{\text{glasarea}}{\text{totalarea}} k_{\text{bärande}} \times k_{\text{nedsmutsn}} \times k_{\text{transm}} \quad (11)$$

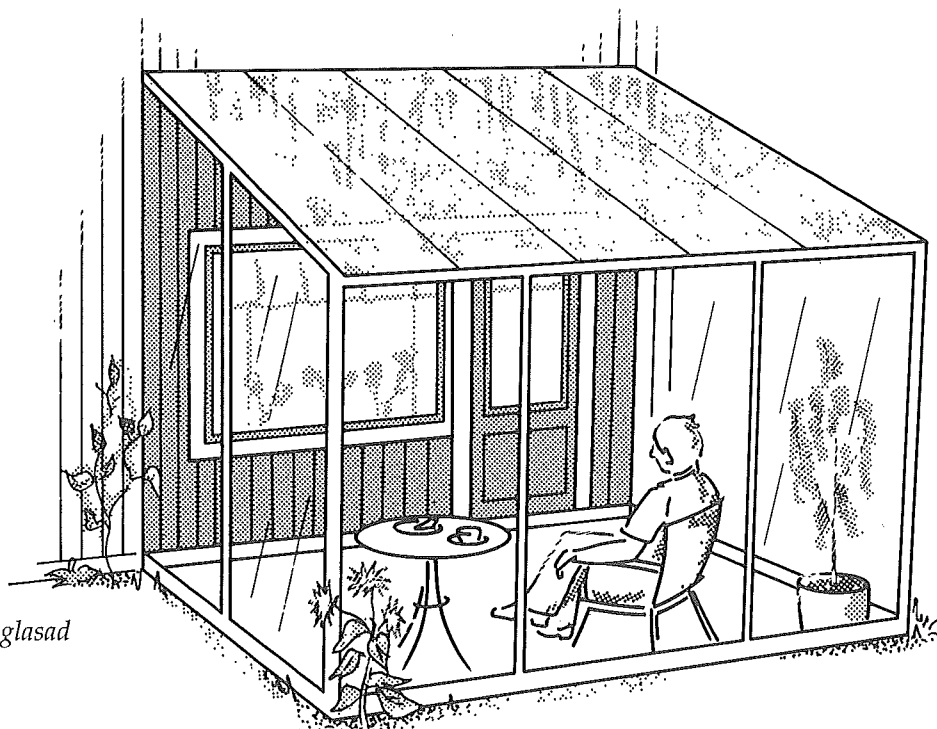
Som en första grov approximation kan man ofta anta att

$$\frac{k_m}{k_u} = 0.5$$

för en normal överglasning av en gård.

Beräkningsexempel

Antag att det utanför fönstret till ett rum finns en inglasad veranda ungefär som fig 11 visar. Verandan antas ha dubbelglas.



Figur 11. Exempel på en inglasad uteplats utanför rummet.

För att bestämma hur inglasningen påverkar dagsljuset i rummet vill man beräkna hur stor del av himmelsljuset som når fönstrets mittpunkt A. Ingen nämnvärd yttre avskärmning förekommer.

Först bestäms faktorn k_u i formel (10), dvs utan glasveranda.

Dagsljusgradskivan för oglasad öppning ger

$$k_u = (43.5 - 2.5 + 1.7) \times (0.5 + 0.5) = 42.7\%$$

Om denna gradskiva inte är tillgänglig bestäms värdet med gradskivan för vertikalt 2-glasfönster och det beräknade värdet korrigeras med hjälp av tabell 16.

Resultatet blir då

$$k_u = 25 \times (0.5 + 0.5) \cdot 1.7 = 42.5\%$$

för en medelhöjdsvinkel ca 42° och vinkelskillnad mellan över- och underkant på ca 80° .

Faktorn k_m bestäms stegvis som himmelskomponenten i A eftersom det inte finns någon yttre avskärmning.

Inglasningens tak har lutningen 25° . Gradskivan för 30° används. Använd gradskivan i fig 12.

Bidraget genom taket blir:

$$HK_{\text{tak}} = (33 - 1.7) \times (0.45 + 0.45) = 28.17\%$$

$$\text{Medelhöjd: } \frac{84 + 23}{2} = 54^\circ$$

Inglasningens front ger:

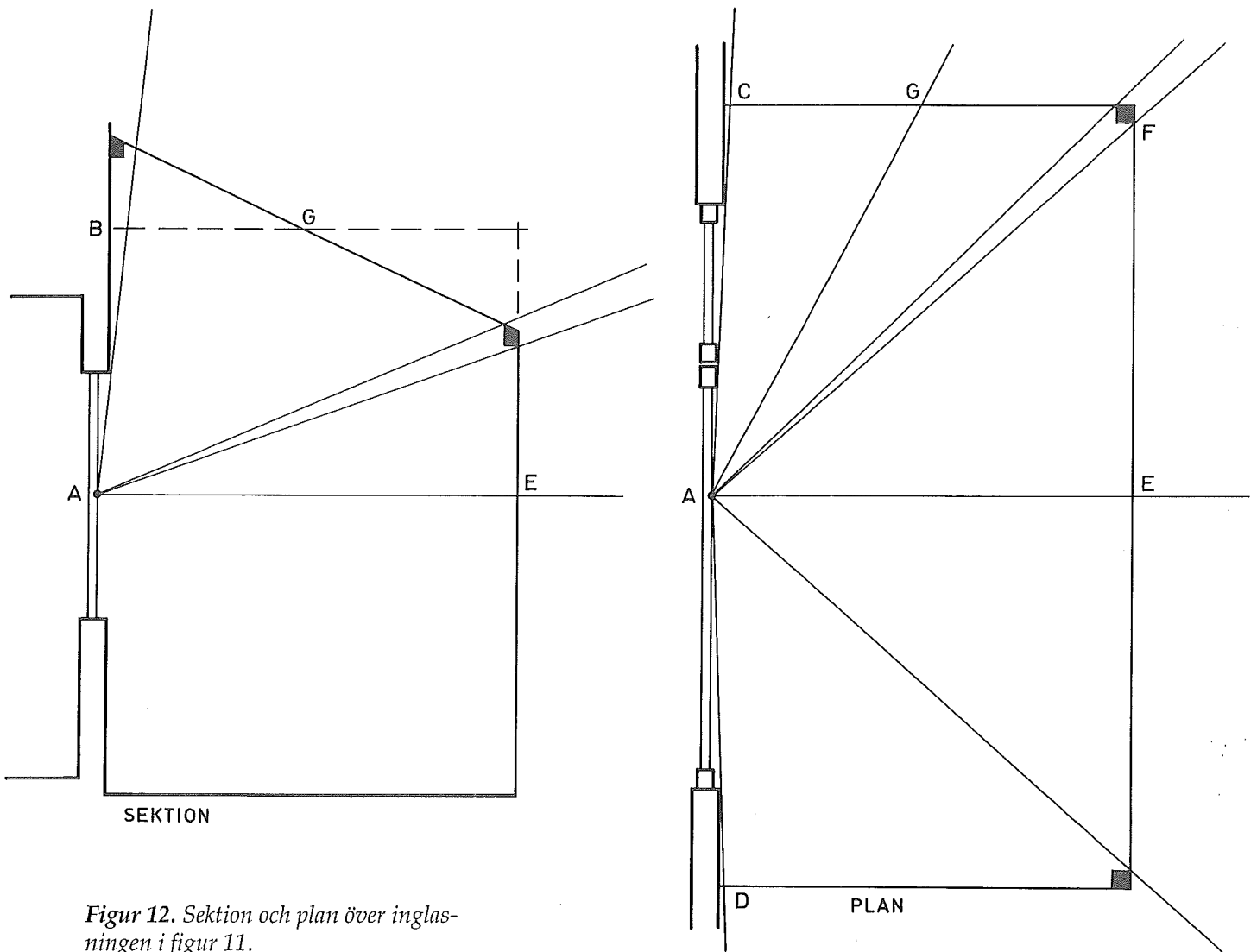
$$HK_{\text{front}} = (1.3 - 0) \times (0.43 + 0.43) = 1.12\%$$

$$\text{Medelhöjd: } \frac{19 + 0}{2} = 10^\circ$$

För beräkning av dagsljusbidragen genom sidoväggarna krävs ytterligare en sektionsritning som visar sidoväggens höjd och avstånd från A. Medelhöjden till B används. Ur fig 12 och 13 erhålls:

$$HK_{\text{sida 1}} = HK_{\text{sida 2}} = (4.4 - 0) \times (0.45 - 0.03) = 1.85\%$$

$$\text{Medelhöjd: } \frac{33 + 0}{2} = 17^\circ$$



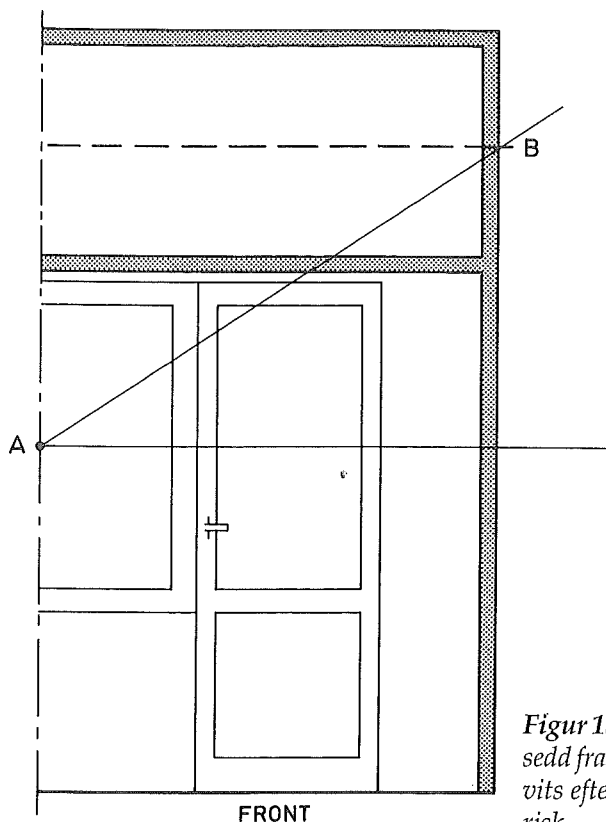
Figur 12. Sektion och plan över inglasningen i figur 11.

Faktorn k_m är summan av HK_{tak} , HK_{front} , $HK_{\text{sida 1}}$ och $HK_{\text{sida 2}}$. Men man bör ta hänsyn till nedsmutsning av glasytorna och eftersom den vanligen blir olika kraftig för lutande och vertikala ytor bör korrektionen för nedsmutsning göras före summeringen.

Korrektionsfaktorerna hämtas ur tabell 18.

Med korrektioner för nedsmutsning i ren miljö blir:

$$k_{ml} = 0.8 \times 28.17 + 0.9 (1.12 + 1.85 + 1.85) = 26.87\%$$



Figur 13. Inglasningen i figur 11 och 12 sedd framifrån. Endast halva har återgivits eftersom inglasningen är symmetrisk.

Slutligen är säkert glasytorna uppdelade i flera delar, vilket gör den effektiva glasytan mindre än vad som framgår av de förenklade figurerna. Minst 10% går säkert bort. Ju noggrannare ritningar som finns, desto säkrare kan korrektionen göras.

$$k_m = 26.87 \times 0.9 = 24.2\%$$

Dagsljusfaktorn i en punkt i rummet beräknad utan glasverandan utanför ska således korrigeras med en faktor av ungefär

$$\frac{k_m}{k_u} = \frac{24.2}{42.7} = 0.57$$

då glasverandan finns utanför.

Noggrannhet i beräkningarna och nödvändiga korrektioner

Noggrannhet i bestämning av himmelskomponenten (HK)

Gradskivans noggrannhet

Gradskivorna har beräknats med ett visst antagande om fönsterglasets tjocklek och brytningsindex. Andra värden på dessa parametrar innebär att mindre avvikelser kan konstateras mellan beräkning med gradskiva och t ex en datorberäkning där de exakta parametrarna för fönsterglasets används.

Som framgår av gradskivan är osäkerheten både vid konstruktion av gradskivan och vid användning störst för högt sittande fönster. Detta hänger samman med att glasets transmissionsförmåga varierar snabbare med ändring i ljusets infallsvinkel vid stora vinklar.

För de flesta tillämpningar, speciellt för vanliga fönster i sidovägg, är dock noggrannheten i gradskivans konstruktion sådan att felet blir avsevärt mindre än det fel som uppkommer vid användningen.

Avläsningsnoggrannhet

När gradskivan används kan fel uppstå dels vid uppritning av sektion och plan över rummet med syftlinjer till fönstrets kanter, dels vid avläsning av gradskivan.

En försiktig bedömning av hur stort felet kan tänkas bli i den beräknade himmelskomponenten visar att det för "lågt sittande" fönstret, dvs med medelhöjdsvinklar under 60° varierar med den absoluta storleken på HK enligt tabell 15.

Vid fönster med stora medelhöjdsvinklar, dvs främst takfönster, är avläsningsfelet vanligen större genom onoggrannheten vid korrigerering för fönstrets bredd. Man bör nog räkna med minst $\pm 10\%$ osäkerhet i beräknad himmelskomponent.

Tabell 15. Ungefärlig osäkerhet i beräkning av HK med dagsljusgradskiva. Lågt sittande fönster.

| HK, % | Relativt fel, % | Absolut fel |
|------------|-----------------|-------------|
| ≤ 0.5 | ± 10 | ± 0.05 |
| ~ 1 | ± 7 | ± 0.07 |
| ~ 5 | ± 3 | ± 0.15 |
| ~ 10 | ± 2 | ± 0.2 |

Noggrannhet i utereflekterade komponenten (URK)

Osäkerheten i beräkning av URK beror dels på fel i beräkning av den himmelskomponent som skärmas bort, dels i antagandet om den skärmande ytans reflexionsfaktor.

Storleken på onoggrannheten i himmelskomponenten framgår ovan och är oftast mindre än osäkerheten i antagandet om reflexionsfaktorn.

Man bör nog räkna med ett relativt fel av minst $\pm 10\%$ i URK. Eftersom URK vanligen är liten betyder detta inte så mycket i det totala värdet på dagsljusfaktorn.

Noggrannheten i innereflekterade komponenten (IRK)

Någon heltäckande felanalys har inte gjorts här, men man kan gå in i formeln för IRK och bedöma hur stor effekt avvikelser i värden på de olika ingående parametrarna har.

Antal glas i fönstren

I formlerna för den innereflekterade komponenten tas hänsyn till antalet glasrutor. Dagsljusgradskivorna för himmelskomponenten är däremot beräknade för 2-glasfönster.

I svensk byggnorm och svensk standard SS 91 42 01 accepteras visserligen beräkning med dessa dagsljusgradskivor även 3-glasfönster, men vill man försöka finna ett riktigare värde kan man anta att den tredje glasrutan

Tabell 16. Dagsljusfaktorns himmelskomponent för en oglasad öppning erhålls approximativt genom multiplikering av himmelskomponenten bestämd med gradskivan för vertikalt tvåglasfönster med faktor ur tabellen.

Faktorn beror av medelhöjden till fönstret och av fönsterhöjden uttryckt i vinkelskillnad mellan över- och underkant.

| Fönstrets medelhöjd- vinkel, α_m° | Vinkelskillnad mellan fönsteröppningens över- och underkant, $^\circ$ | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0-30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 0-30 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | | |
| 40 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.6 |
| 50 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.9 |
| 60 | 1.5 | 1.7 | 1.8 | 2.0 | | |
| 70 | 2.0 | 2.4 | | | | |
| 80 | 4 | | | | | |

Tabell 17. Dagsljusfaktorns himmelskomponent för en oglasad öppning erhålls approximativt genom multiplikering av himmelskomponenten bestämd med gradskivan för horisontellt fönster med faktor ur tabellen.

Faktorn beror av medelhöjden till fönstret och i viss mån av fönstrets storlek uttryckt som vinkelskillnad mellan främre och bortre kant på fönstret.

| Fönstrets medelhöjd- vinkel, α_m° | Vinkelskillnad mellan fönsteröppningens främre och bortre kant, $^\circ$ | | |
|---|--|-----|-----|
| | 10 | 20 | >20 |
| 10 | 4.2 | 3.6 | |
| 30 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |
| 40 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 50 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| >60 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |

(vanligen klart fönsterglas) reducerar det transmitterade ljuset med 10-12%. Reduktionen varierar naturligtvis med infallsvinkeln, men för de flesta vanliga situationer gäller den angivna reduktionen med tillräcklig noggrannhet.

För fönster med enkelglas finns gradskivor utgivna i England, men man kan också få ett ungefärligt värde genom att multiplicera beräknad himmelskomponent för 2-glasfönster med ca 1.1.

Vid bedömning av inverkan av en överglasning av en gård e d på dagsljuset i ett rum kan man behöva beräkna den mängd dagsljus som når en fasad utan överglasningen utanför. För detta behövs en gradskiva för oglasad öppning. Sådana skivor finns utgivna i England (Longmore 1968). Om man inte har tillgång till en sådan dagsljusgradskiva kan man göra beräkningen med gradskivan för vertikalt 2-glasfönster och korrigera värdet med en faktor ur tabell 16, eller med gradskivan för horisontellt 2-glasfönster och korrigera värdet med faktor ur tabell 17. Är medelhöjdsvinkeln under 45° används lämpligen gradskivan för vertikalt fönster och om medelhöjden är över 45° gradskivan för horisontellt fönster. Se beräkningsexemplet på sid 47-50.

Annan lutning än gradskivan avser

Oftast har ett lutande fönster inte precis den lutningsvinkel som gradskivan avser. För de flesta fall blir dock felet vid beräkning av himmelskomponenten ganska litet om man använder den gradskiva som har närmast motsvarande vinkel. För lutningsvinklar $> 75^\circ$ används således gradskivan för vertikalt fönster, för vinklar mellan 45° och 75° används 60° -skivan etc.

Även här blir felet större ju mer snett fönstren sitter i förhållande till den studerade punkten.

Eventuellt kan man försöka interpolera fram ett värde för den aktuella fönsterlutningen. För exempelvis ett fönster med 70° lutning beräknas himmelskomponenten både med 60° -skivan och 90° -skivan (vertikalt fönster) och ett värde interpoleras sedan fram. I detta fall skulle det bli:

$$HK_{70^\circ} = HK_{60^\circ} + 1/3(HK_{90^\circ} - HK_{60^\circ})$$

Specialglas

Dagsljusgradskivorna och tabellerna för IRK är beräknade för fönster med två rutor av vanligt klart fönsterglas.

Om speciella glassorter med annan ljustransmission än vanligt glas används så bör de beräknade värdena korrigeras för detta. Glasfabrikanterna ger upplysning om hur stor transmissionen är, ofta jämfört med den hos vanligt glas. Den beräknade dagsljusfaktorn bör därför korrigeras med detta värde.

Skulle glaset i fönstret vara diffuserande eller ha speciella brytningsegenskaper kan den beskrivna beräkningsmetoden inte användas.

Inverkan av nedsmutsning

Fönsterglas smutsas ner både inifrån och utifrån vilket medför att dagsljusinfallet minskar. Även nedsmutsningen av rummets ytor påverkar dagsljuset i rummet och i beräkningen av dagsljusfaktorn är det då den inreflekterade komponenten som påverkas.

Om man vill ta hänsyn till glasets nedsmutsning vid beräkning av dagsljusstillgången, t ex för att kunna beräkna behovet av elljus, kan värden ur tabellerna 18 och 19 vara till viss ledning. Dessa värden förutsätter naturligtvis ändå ett rimligt underhåll av fönsterglas och rumsytor.

Hur korrektionen görs visas i beräkningsexemplet på sid 49.

Tabell 18. Inverkan av glasets nedsmutsning på dagsljusfaktorn. Denna eller var och en av dess delar multipliceras med en faktor enligt tabellen. (Ur Hopkinson et al 1966).

| Byggnadens läge | Glasets lutning | Typ av verksamhet i byggnaden | |
|--------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------|
| | | Icke-industriell eller ren industri | Smutsig industri |
| Icke-industriellt område | vertikalt | 0.9 | 0.8 |
| | lutande | 0.8 | 0.7 |
| | horisontellt | 0.7 | 0.6 |
| Smutsigt industriområde | vertikalt | 0.8 | 0.7 |
| | lutande | 0.7 | 0.6 |
| | horisontellt | 0.6 | 0.5 |

Tabell 19. Inverkan av rumsytornas nedsmutsning på dagsljusfaktorns innereflekterade komponent (IRK). (Ur Hopkinson et al 1966).

| Byggnadens läge | Typ av verksamhet i byggnaden | |
|--------------------------|-------------------------------------|------------------|
| | Icke-industriell eller ren industri | Smutsig industri |
| Icke-industriellt område | 0.9 | 0.7 |
| Smutsigt industriområde | 0.8 | 0.6 |

Att mäta dagsljus

Mätning i färdig byggnad

Ett sätt att kontrollera om önskad dagsljusfaktor uppfylls i ett rum är att mäta dagsljusets belysningsstyrka ute och inne och beräkna dagsljusfaktorn. Detta låter enkelt men är i praktiken svårt att göra med rimlig precision.

Dagsljusfaktorn beräknas med antagandet att fönsterytan utnyttjas optimalt, dvs glaset är rent och inga gardiner, växter, persienner eller annat skärmar av ljusinfallet. Samtidigt förutsätts vissa reflexionsfaktorer på rumsytorna. Om ett beräknat värde ska kontrolleras genom mätning måste samma villkor råda, vilket kan vara svårt att åstadkomma i en byggnad som används.

Beräkningarna förutsätter dessutom jämnmulen himmel, vilket gör att en mätning måste ske vid lämplig väderlek. Mätningen ute ska ske under i princip oavskärmad himmel vilket innebär att mätplatsen måste vara högt placerad. Mätningen ute och inne måste slutligen ske absolut samtidigt för att rätt värde på dagsljusfaktorn ska erhållas. Belysningsstyrkan även från en mulen himmel varierar nämligen ofta mycket snabbt, även om ögat inte uppfattar denna variation.

Slutligen måste naturligtvis de använda luxmetrarna vara kalibrerade och ha tillräcklig noggrannhet inom lämpliga mätområden.

Sammanfattningsvis är det vanligen mycket svårt att verifiera ett beräknat värde på dagsljusfaktorn genom mätning i en färdig byggnad. En opartisk beräkning på grundval av byggnadsritningar bör vara det naturliga sättet att kontrollera.

Vid klagomål på dålig dagsljusbelysning kan en mätning tillsammans med beskrivning av situationen vara underlag för en diskussion om orsakerna till missnöjet.

Mätning i modell

Beräkningsmetoden med dagsljusgradskiva och tabeller gäller under vissa förutsättningar, bl a att rummen är rätvinkliga. Små avvikelser medför vanligen inte stora fel, men för vissa byggnader kan det vara svårt eller omöjligt att göra rimligt noggranna beräkningar. I sådana fall kan mätning i modell vara att föredra. Under planering och projektering byggs ofta modeller av den tilltänkta byggnaden, modeller som kan användas för mätning av dagsljusinfall och fördelning över rummen.

I modell kan man också lätt studera effekten av varierande fönsterstorlek och -placering, liksom av varierande färgsättning.

I modell arbetar man vanligen utan glas i fönstren och reducerar sedan mätvärdena med hänsyn till den minskning som orsakas av glaset, spröjsar, ev nedsmutsning osv.

Mätning av dagsljus i modell för fastställande av dagsljusfaktor måste ske på samma sätt som beskrivits i föregående avsnitt. Om man har tillgång till en konstgjord himmel med rätt luminansfördelning underlättas naturligtvis arbetet avsevärt. En sådan himmel har funnits vid arkitektursektionen på KTH i Stockholm och den kan troligen sättas i stånd om efterfrågan på mätningar ökar (Liljedahl & Löfberg 1968).

En modell av byggnader och rum kan också användas för studier av solinfall, se kapitlet om solinstrålning.

Belysningsstyrka inomhus

Dagsljusfaktorn säger inget om vilken belysningsstyrkan blir. Eftersom belysningsstyrkan varierar utomhus varierar den också inne i ett rum. Samband har fastlagts mellan solhöjd och belysningsstyrka utomhus vid olika väderleksförhållanden, se sid 13. Ur detta kan man beräkna ungefär hur stor del av t ex ett arbetsår som olika nivåer överskrids utomhus. Dagsljusfaktorn gör det sedan möjligt att översätta detta approximativt till belysningsstyrkor inomhus. I (Löfberg 1976) visas hur en sådan översättning kan göras och vissa förenklade figurer finns med vars hjälp man kan bedöma ungefär hur stor del av arbetstiden som olika belysningsstyrkor överskrids. Detta kan vara till visst stöd vid en bedömning av behovet av elbelysning och av värmebelastningen på en byggnad.

Solinstrålning

Solinstrålning genom fönster kan vara både positivt och negativt. Solen ger liv och variation förutom ljus och värme, vilket ofta upplevs positivt, främst i bostäder. Solvärmens kan å andra sidan orsaka obehag och extra belastning på klimatiseringsanläggningen i huset.

Om man vill studera solinfall i rum eller på uteplatser kan olika metoder användas. Dels kan man i en modell efterlikna solinfallet vid valfri tid på dagen och året med hjälp av ett sk solur, dels kan man grafiskt visa vilka tider solen kan nå fram till en given punkt. I det senare fallet konstruerar man en bild av vilka delar av himlen som inte skymms av husdelar, träd etc och kombinerar denna med en bild av solens bana över himlen under året. Metoderna beskrivs i (Glaumann 1976). Datorprogram finns också med vars hjälp man kan beräkna hur lång tid solen kan nå valfria punkter i och omkring byggnader. Ett sådant program finns vid SIB.

När solen verkligen lyser beror sedan på molnigheten. Det går därför bara att säga statistiskt hur stor sannolikheten är att solen verkligen lyser vid en viss tidpunkt på en given plats. En sådan statistik finns publicerad i (Löfberg & Liljedahl 1976).

Lagar och rekommendationer

I arbetsmiljölagen av 1977 föreskrivs i kap 2, 4 paragrafen bl a att ljusförhållandena ska vara tillfredsställande. I kommentarer till lagen tolkas detta så att arbetslokaler m m ska inrättas med fönster där detta är möjligt med hänsyn till arbetets art.

Arbetskyddsstyrelsen anger i Lokalanvisningar i 15 paragrafen att "lokal för stadigvarande arbete skall ha fönster av sådan storlek och placering, att tillfredsställande dagsbelysning erhålls i lokalen.". Dessutom sägs att solavskärmning ska finnas om det behövs.

Någon precisering av vad dessa krav innebär ges inte.

Den detaljerade uttolkningen av lagtexterna ges i författningssamlingar från olika myndigheter. För aktuell information hänvisas därför till socialstyrelsens och statens planverks författningssamlingar.

Litteratur

Bylund, L, och Liljefors, A. *Fönster och dagsljus i stora arbetslokaler*. R111:1979, Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1979.

Dagsljusgradskiva. Byggnadsforskningen T3:1971. Stockholm 1971.

Ejhed, J, Liljefors, A, och Olsson, A. *Årskostnader för belysning*. Rapport nr 8, Belysningslära, Arkitektur, Tekniska högskolan. Stockholm 1984.

Fritzell, B, och Löfberg, H A. *Dagsljus inomhus*. Byggnadsforskningen T11:1970. Stockholm 1970.

Glaumann, M. *Sol i bebyggelseplanering*. T37:1976, Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1976.

Hopkinsson, R.G, et al. *Daylighting*. Heinemann. London 1966.

Liljedahl, S, och Löfberg, H A. *Dagsljusmätning i modell*. Informationsblad 36:68. Statens institut för byggnadsforskning. Stockholm 1968.

Liljefors, A. *Fönster i stora arbetslokaler*. Rapport nr 7, Belysningslära, Arkitektur, KTH. Stockholm 1984.

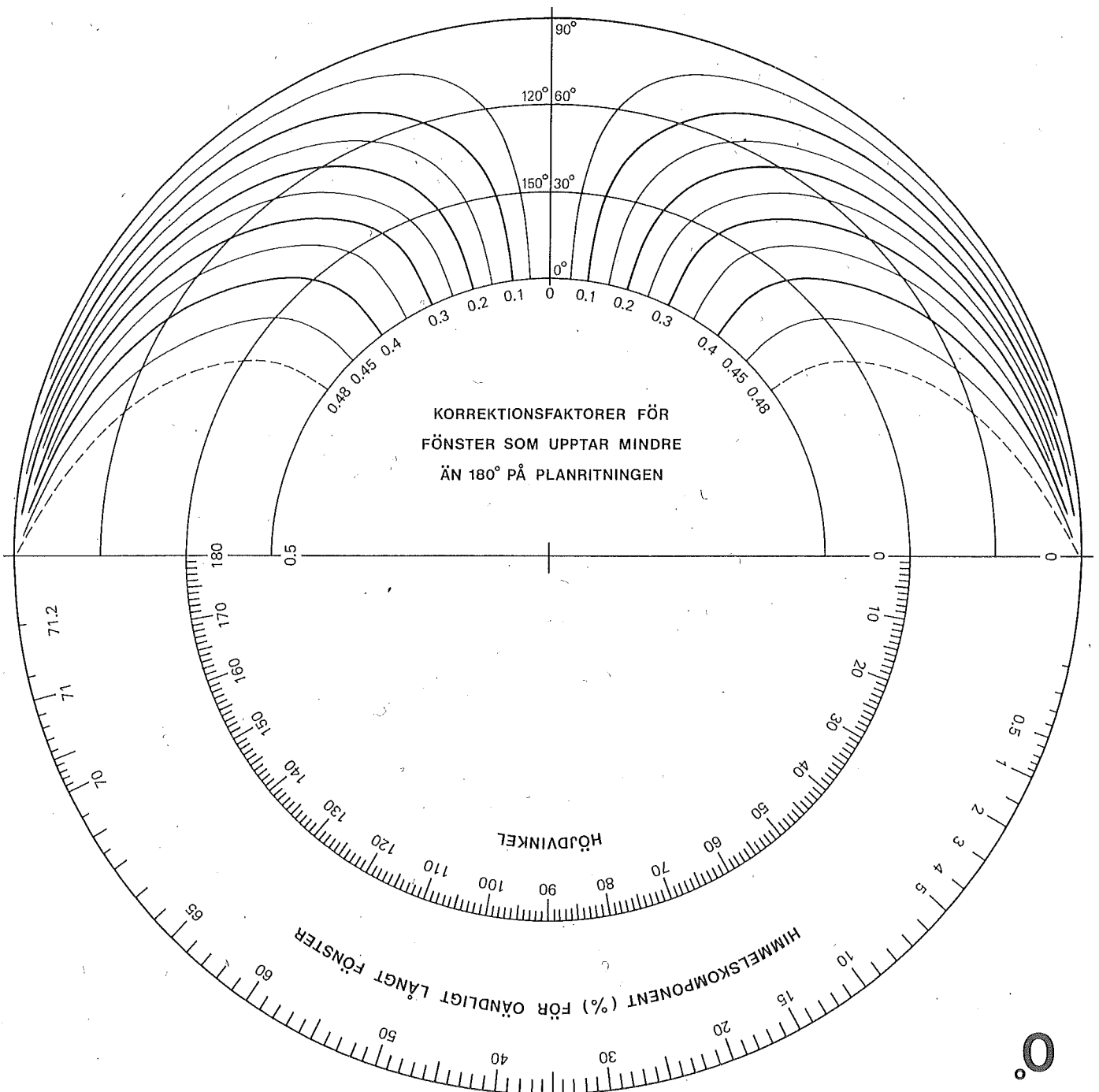
Longmore, J. *BRS Daylight Protractors*. HMSO. London 1968.

Löfberg, H A. *Dagsljus utomhus*. Informationsblad B9:1976. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1976.

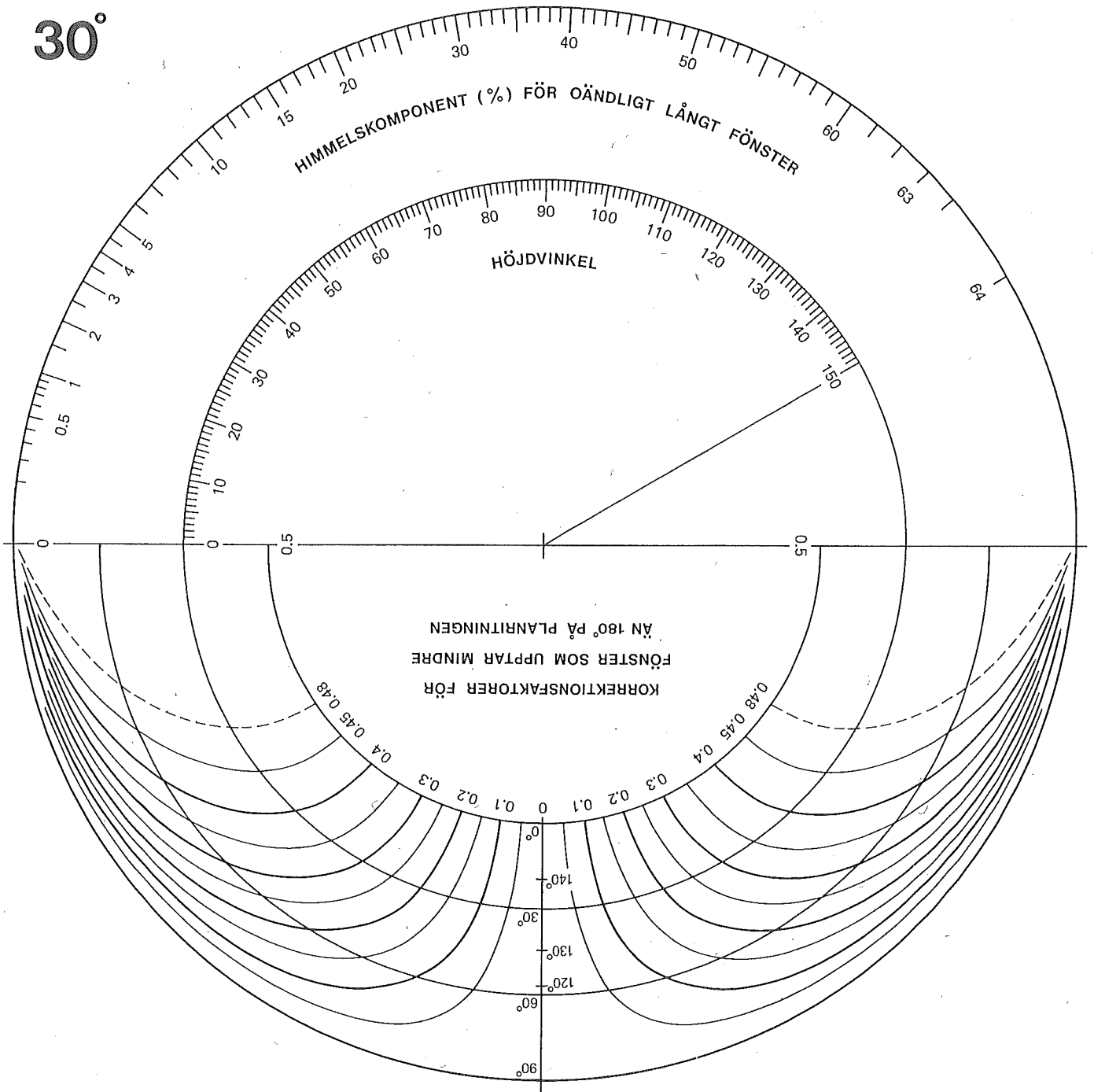
Löfberg, H A, och Liljedahl, S. *Sannolikhet för solsken*. Meddelande 9:1976. Statens institut för byggnadsforskning. Gävle 1976.

Horisontellt 2-glasfönster, Målen himmel enl. CIE

DAGSLJUSGRADSKIVA



30°

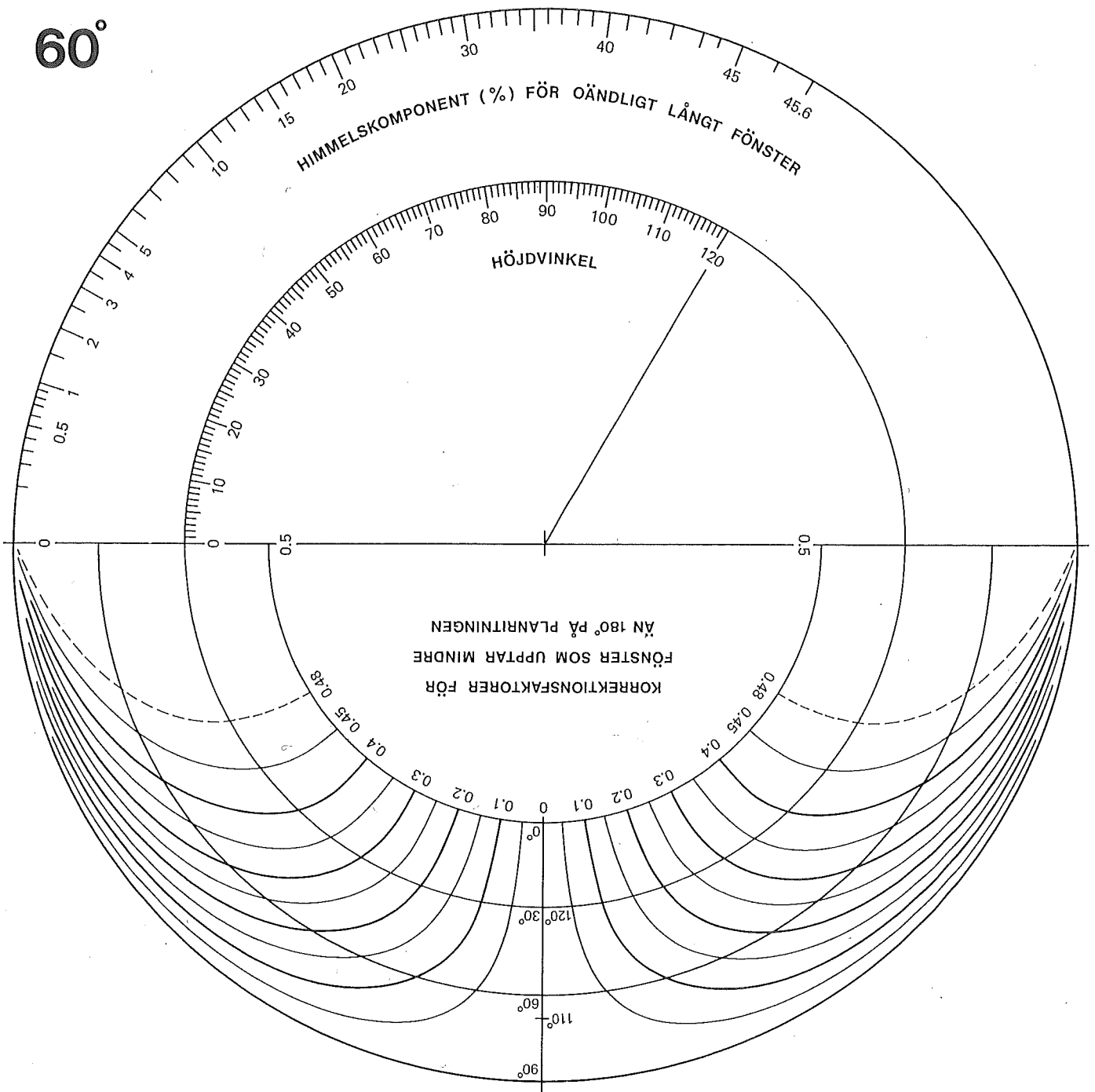


DAGSLJUSGRADSKIVA

2-glasfönster, lutning 30°. Mulen himmel enl. CIE

Statens institut för byggnadsforskning

60°

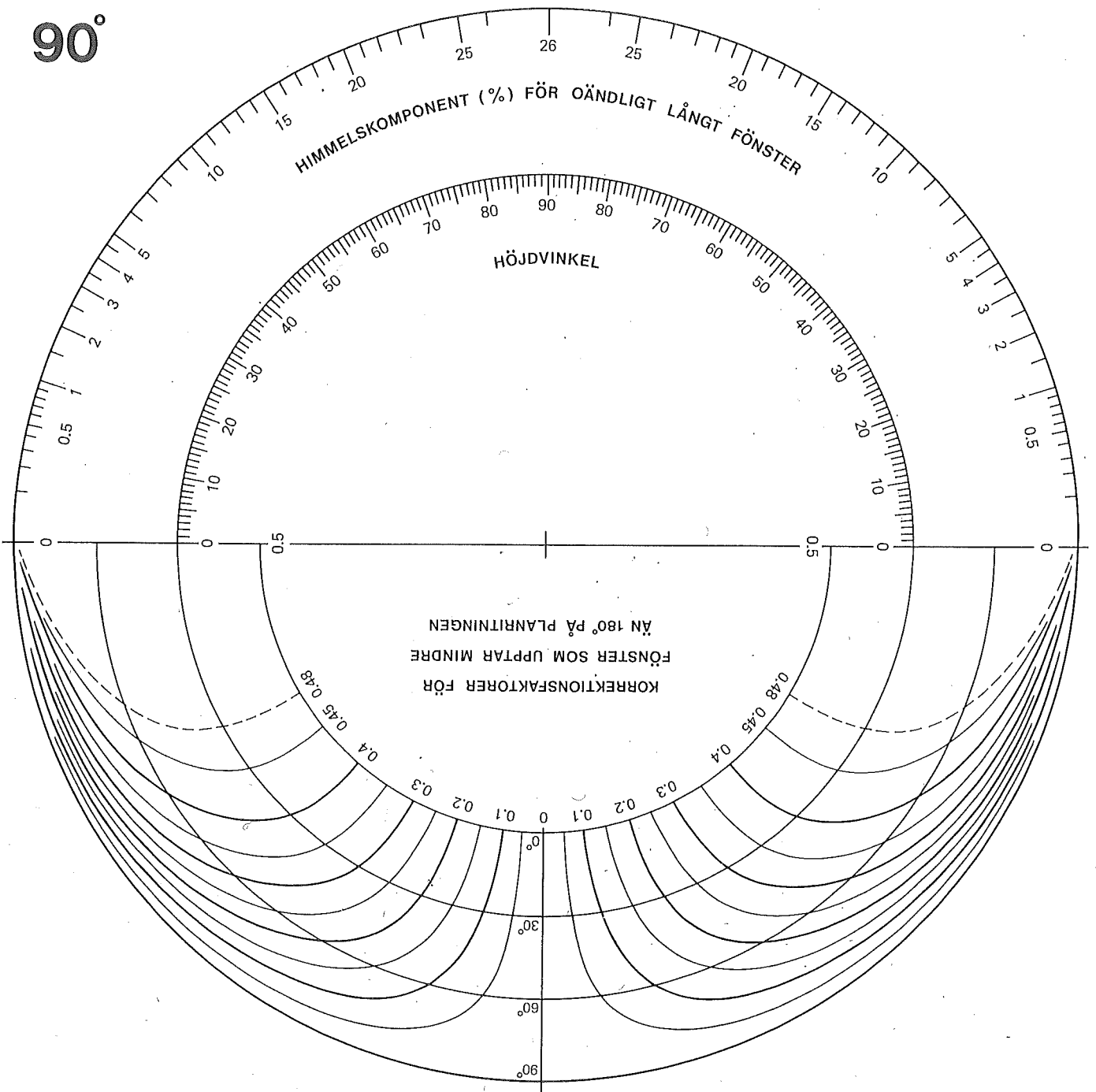


DAGSLJUSGRADSKIVA

2-glasfönster, lutning 60°. Mullen himmel enl. CIE

Statens institut för byggnadsforskning

90°



DAGSLJUSGRADSKIVA

Vertikalt 2-glasfönster. Mulen himmel enl. CIE

Statens institut för byggnadsforskning



Räkna med dagsljus behandlar beräkning av dagsljusarbetslokaler. Idag behövs visserligen inte dagsljusarbetsplatsen. Det kan ersättas med elljus. Men för som naturliga element i byggnadsplaneringen och bidrar till skapandet av en stimulerande miljö. För att bli ett sådant positivt element i miljön måste dagsljusets variation i ett rum kunna utnyttjas rätt.

Boken innehåller beskrivnings- och beräkningsmetoder för kontroll av dagsljusets kvantitet och fördelning i ett rum, som är enkla att använda under projekteringen av en ny- eller ombyggnad.

Den tidigare publicerade dagsljusgradskivan (i *Dagsljus inomhus*, utgiven 1970) har kompletterats med ytterligare tre gradskivor, som samtliga medföljer boken. I boken ingår också tabeller och formler som kompletterar gradskivorna.

Räkna med dagsljus är lämpad som kursbok i utbildning och fortbildning inom området vid tekniska högskolor och andra utbildningsanstalter. Den vänder sig även till praktiserande arkitekter och byggnadsingenjörer m fl.

Statens institut för byggnadsforskning

Distribution och försäljning:

Svensk Byggtjänst

Box 7853, 103 99 Stockholm

tel 08-734 50 00

och

Informationsavdelningen

Statens institut för byggnadsforskning

Box 785, 801 29 Gävle

tel 026-10 02 20