EUROPEAN SOLAR-SHADING ORGANIZATION

Energy Savings & Comfort

Zonwering voor energiezuinige gebouwen

FEBRUARI 2012
Uitgave 1

Hoe luiken en zonneschermen de energiebehoefte van gebouwen verminderen en hun thermisch en visueel comfort verbeteren

LEDEN VAN DE TECHNISCHE COMMISSIE

- Voorzitter: Hervé LAMY (SNFPSA)

- Ralf BAUR (ITRS)
- Richard BEUHORRY (SNFPSA)
- David BUSH (BBSA)
- Jean-Paul CLEMENT (SNFPSA)
- Alberto DANIELI (ASSITES)
- Yvon DEBIEZ (SNFPSA)
- Gonzague DUTOO (SNFPSA)
- Pascal NORDE (SNFPSA)
- Gabriele TRÖSCHER (ITRS)

Copyright © ES-SO, 2012
Voor het maken van kopieën van enig deel van dit handboek dient een verzoek te worden ingediend bij:

ES-SO vzw
Naessenslaan 9
B-1860 Meise, België
E-mail: info@es-so.com

Cover credits: Somfy, Warema, Mermet, Ferrari

VOORWOORD

Dit boek gaat over zonwering en het effect hiervan op de energiebalans en het energieverbruik van een gebouw. Aangezien gebouwen verantwoordelijk zijn voor bijna 40% van het totale primaire energieverbruik in Europa, is de druk toegenomen om ze energie-efficiënter te maken.

Het besparingspotentieel is enorm: het is tegenwoordig niet uitzonderlijk dat gebouwen meer dan 250 kWh/m²a verbruiken, terwijl ultramoderne technologie in moderne gebouwen dit verbruik moeiteloos kan verlagen tot ruim onder 100 kWh/m²a.

Diverse landen werken momenteel aan wetgeving om het maximale energieverbruik per 2015 of kort hierna te beperken tot 50 kWh/m²a. Tegelijkertijd neemt het marktaandeel van passief-/actiefhuistechnologie toe en streeft de Europese Commissie ernaar dat alle nieuwbouw per 2019 – 2021 bijna-energieneutraal zijn.

“Zonwering” is een brede term die we gebruiken voor alle technieken die worden ingezet om de toetreding van overmatige zonne-energie in gebouwen te beperken. Op de website van ES-SO www.es-so.eu en van haar leden kan u een waaier aan toepassingen vinden.

Het beheersen van de toetreding van warmte en licht van de zon zal een aanzienlijk effect hebben op de energiebehoeften van een gebouw. Zonwering maakt deel uit van het transparante deel van de bouwschil, samen met de beglazing en hun profielen.

Om het energiegebruik optimaal te verminderen moet reeds in de vroege ontwerpfase van het bouwproces het efficiënte systeem worden gekozen. De architect is dus een belangrijke partner die rekening moet houden met een groot aantal factoren, gaande van het buitenklimaat tot de onmiddellijke omgeving, de ligging van het gebouw, het gebruikersprofiel en nog veel meer.

Bouwfysica zal demonstreren hoe al deze factoren hun effect hebben. Bouwsimulatiesoftware kan deze effecten kwantificeren.

In het pad naar bijna-energie neutrale gebouwen zien we dat de eis tot fel toegenomen isolatie en de verscherpte aandacht voor luchtdichtheid, het risico op oververhitting een steeds belangrijker aandachtspunt wordt.
Dit is niet alleen zo in de zomer maar ook in de tussenseizoenen.

Dynamische zonwering heeft dus een alsmaar belangrijke rol te spelen.

Net zoals voor de andere technieken dienen zonweringsystemen vakkundig te worden geïnstalleerd; dit is des te belangrijk omdat een goede installatie ook borg staat voor de verwachte energieprestaties en comfort. Evenzo geldt dat zonwering een degelijk onderhoud nodig heeft om de duurzaamheid van haar toepassing te bestendigen.

Deze en andere eigenschappen van zonwering worden in dit boek besproken. Wij hopen dat u het met belangstelling zal lezen.

Peter Winters
President
ES-SO, de European Solar-Shading Organization
www.es-so.eu

EUROPEAN SOLAR SHADING ORGANIZATION
Energy Savings & Comfort

De Belgische Beroepsvereniging van Rolluiken-en Zonweringproducenten heeft besloten om de oorspronkelijk in het Engels gepubliceerde uitgave “Solar Shading for low energy buildings” in het Nederlands te laten vertalen.
Met deze publicatie gaat VEROZO ervan uit een nuttige bijdrage te leveren aan een beter inzicht in de werking van zonwering zodat de toepassingsgraad ervan zal toenemen.
Zonwering zoals uitgebreid in het voorwoord van ES-SO wordt aangegeven kan nu eenmaal een uitstekende bijdrage leveren aan de verlaging van energieverbruik in gebouwen. Daarnaast kan zonwering een belangrijke rol vervullen in het welzijn van mensen o.a. door de beperking van oververhitting en visueel discomfort. Toegepaste kennis hierover is daarom een belangrijk gegeven.

Voor meer informatie zie www.verozo;be

Juli 2013.

INHOUD

I. INLEIDING 8

II. BASISPRINCIPES 9

II.1. Verschillende soorten straling 9
II.2. Zonnestraling 10
II.3. Invloed van de stand van de zon 12
II.4. Langegolfinfraroodstraling 14
II.5. Hoe een materiaal wordt beïnvloed door straling 14

III. DE THERMISCHE EN VISUELE KENMERKEN VAN ZONNESCHERMEN EN LUIKEN 17

III.1. Warmtedoorgang (U-waarde) 17
III.2. Totale zontoetredingsfactor g_{tot} (zonnefactor) 21
III.2.1. Algemeen 21
III.2.2. Vereenvoudigde berekeningsmethode: EN 13363-1 22
III.2.3. Gedetailleerde berekeningsmethode: EN 13363-2 23
III.3. Lichttoetredingsfactor τ_v 28
III.3.1. Algemeen 28
III.3.2. Vereenvoudigde berekeningsmethode: EN 13363-1 28
III.3.3. Gedetailleerde berekeningsmethode: EN 13363-2 29
III.4. Vergelijking van de vereenvoudigde en de gedetailleerde berekeningen 30

IV. DE MANIER WAAROP ZONNESCHERMEN EN LUIKEN DE ENERGIEBEHOEFTE VAN EEN GEBOUW VERMINDEREN 35
IV.1. "Textinergie®"-tool 35
IV.1.1. Wat is Textinergie®? 35
IV.1.2. Impact van de locatie 36
IV.1.3. Impact van de oriëntatie 37
IV.2. Het ES-SO- & REHVA-handboek 38
IV.2.1. Stockholm 39
IV.2.2. Madrid 41

V. HOE ZONNESCHERMEN EN LUIKEN HET VISUELE EN THERMISCHE COMFORT VAN EEN GEBOUW VERBETEREN 43
V.1. Impact van (rol)luiken op zomercomfort 43
V.2. Impact van zonwering op visueel comfort 46

I. INLEIDING

Zonwering speelt een belangrijke rol bij het verbeteren van de energie-efficiëntie en de daglichtbeheersing van bestaande gebouwen en bij het optimaliseren van energiezuinige ontwerpen van nieuwe gebouwen. Er wordt nog steeds te weinig gebruikgemaakt van deze technologie, hoewel deze van grote invloed is op de vermindering van energieverbruik van de bebouwde omgeving en bovendien het thermische en visuele comfort van de gebruikers verbetert.

Met zonweringsystemen kunnen de eigenschappen van ramen en gevels worden aangepast aan de weersomstandigheden en de behoefte van de gebruikers van het gebouw. Door deze systemen goed te beheren kan de verwarming door zonlicht in de winter worden gemaximaliseerd – en daarmee de warmtebehoefte worden verlaagd – en in de zomer worden geminimaliseerd – en daarmee de koudebehoefte worden verlaagd. Bovendien kunnen de bewoners van het gebouw profiteren van goed visueel comfort.

Om de juiste keuze te maken qua product en gevelbeheer bij het ontwerpen van een nieuw gebouw of bij voorbereidingswerkzaamheden aan een bestaand gebouw, dienen de kenmerken van zonweringsystemen in aanmerking te worden genomen. Deze producten zijn beslist van invloed op het isolatieniveau van de gevel en de zonne-energiedoorlatendheid en visuele transmissie. Het is dan ook zaak om afhankelijk van de eigenschappen, de locatie en de oriëntatie van het gebouw een optimaal evenwicht te vinden tussen al deze kenmerken.

Dit technische handboek is bedoeld om basisinzicht te geven in de manier waarop zonweringskenmerken worden beoordeeld en in de fysieke eigenschappen die een rol spelen in het doorlaten van zonnestraling. Hierbij wordt uitgegaan van berekeningsmethoden die door Europese normen zijn bepaald.

Ook worden voorbeelden gegeven van in Europa uitgevoerde simulaties waarmee de invloed van zonwering op de energiebehoefte van gebouwen wordt aangetoond.

Hoewel dit handboek voornamelijk is bedoeld voor producenten en installateurs van zonwering, kan het ook nuttig zijn voor bouwontwerpers en energie-

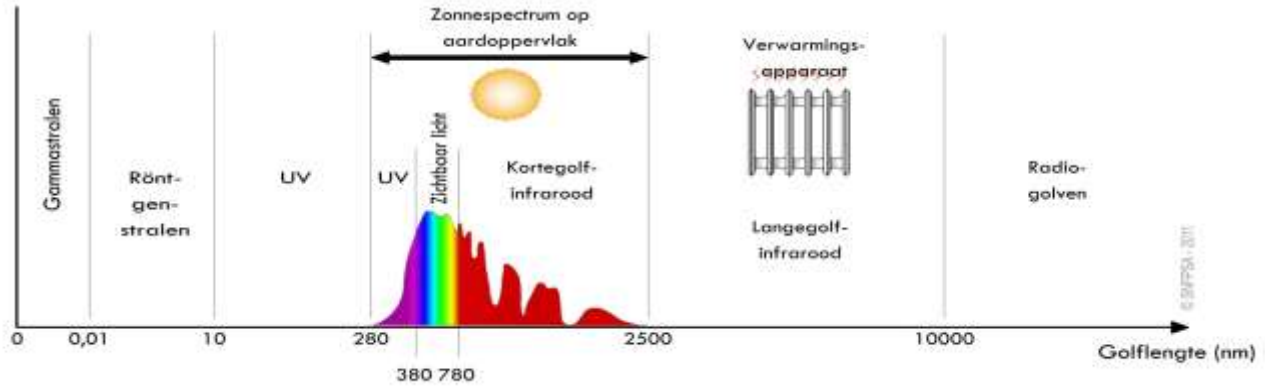
ingenieurs.

II. BASISPRINCIPES

Dit hoofdstuk behandelt enkele basiselementen van de verschillende soorten straling die een rol spelen bij de prestatie van zonweringsystemen en de stand van de zon. Ook wordt aangetoond hoe een materiaal zich gedraagt onder invloed van dergelijke straling.

II.1. Verschillende soorten straling

Mensen worden blootgesteld aan diverse soorten straling, van zowel natuurlijke als kunstmatige oorsprong. Straling heeft verschillende golflengten (zie afbeelding 1)



AFBEELDING 1 – CLASSIFICATIE VAN VERSCHILLENDE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING AFHANKELIJK VAN DE BIJBEHORENDE GOLFLENGTE

Een zonweringsysteem heeft betrekking op de volgende twee soorten straling:

- De zonnestraling met een golflengte tussen 280 nm en 2500 nm, die is onderverdeeld in drie delen: UV, zichtbaar licht en kortegolfinfraroodstraling. Deze straling wordt afgegeven door de zon (zie II.2).
- De langegolfinfraroodstraling met een golflengte tussen 2500 nm en 10000 nm die het gevolg is van het temperatuurniveau van een materiaal (zoals een verwarming of een ander warm oppervlak). Deze straling bevindt zich in het infraroodspectrum en is onzichtbaar (zie II.4).

LET OP De waarden die de grenzen van elk type straling bepalen, zijn niet gestandaardiseerd. Deze kunnen per document van elkaar verschillen.

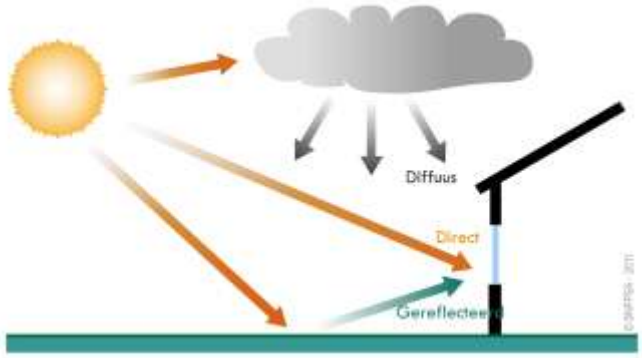
II.2. Zonnestraling

De zon produceert een enorme hoeveelheid energie (66 miljoen W/m²) die via straling naar de aarde wordt geleid. Slechts een fractie van deze energie bereikt de atmosfeer (ongeveer 1300 W/m²). Ongeveer 15% van deze straling wordt vervolgens geabsorbeerd door de atmosfeer en in alle richtingen uitgestraald in de vorm van diffuse straling. Ongeveer 6% wordt teruggekaatst naar de ruimte. Het resterende deel (79%) wordt direct naar de aarde geleid via de atmosfeer.

Als gevolg hiervan is de energie van de zonnestraling die de aarde raakt veel lager dan bij de grens van de atmosfeer. In het algemeen wordt aangenomen dat de energie die het aardoppervlak bereikt bij een heldere blauwe hemel ongeveer 1000 W/m² bedraagt.

Bij een zonweringsysteem is het dan ook noodzakelijk om de algehele invallende straling in drieën onder te verdelen (zie Afbeelding 2 – Invallende delen van de zonnestraling).

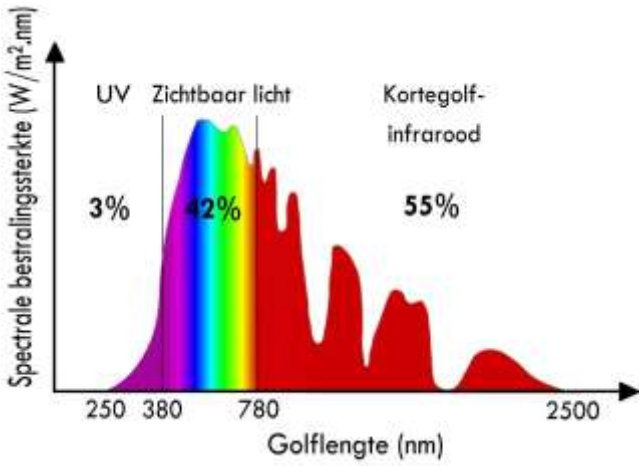
- Directe straling; dit is de zonnestraling die niet door de atmosfeer wordt geabsorbeerd of gereflecteerd
- Diffuse straling; dit is het deel van de zonnestraling dat door de atmosfeer wordt geabsorbeerd en in alle richtingen wordt uitgestraald
- Gereflecteerde straling; deze komt overeen met de reflectie van de directe en diffuse straling op het aardoppervlak.



AFBEELDING 2 – INVALLENDE DELEN VAN DE ZONNESTRALING

Deze straling bestaat uit drie hoofdonderdelen die samen het zonnespectrum vormen:

- Ultraviolet (UV)-straling: tussen 250 nm en 380 nm; deze stralen zijn onzichtbaar voor het menselijk oog en kunnen gevaarlijk zijn bij overmatige blootstelling. Ze veroorzaken veroudering van materialen en beschadiging van oppervlakken en kleuren.
- Zichtbare straling: tussen 380 nm (violet) en 780 nm (rood); deze stralen worden waargenomen door het menselijk oog; vormen, reliëf en kleuren kunnen worden onderscheiden.
- Kortegolfinfraroodstraling: tussen 780 nm en 2500 nm; deze stralen zijn onzichtbaar maar worden waargenomen als warmte.

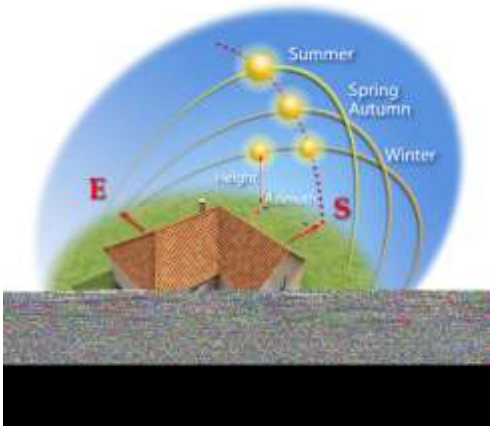


AFBEELDING 3 – SPECTRALE STRALINGSSTERKTE OP ZEENIVEAU VOOR HET ZONNESPECTRUM

De 'kracht' van een straling wordt weergegeven door zijn stralingssterkte (in W/m²). Voor een gegeven golflengte wordt dit spectrale stralingssterkte genoemd (in W/m²). Afbeelding 3 toont de verdeling van de spectrale stralingssterkte van het zonnespectrum op zeeniveau.

II.3. Invloed van de stand van de zon

De zonnestraling is ook afhankelijk van de stand van de zon aan de hemel (hoogte en azimut). Deze stand verschilt over het hele jaar en over de 24 uur van een dag (zie Afbeelding 4 – Stand van de zon aan de hemel). Ook de geografische breedte speelt hierbij een rol.

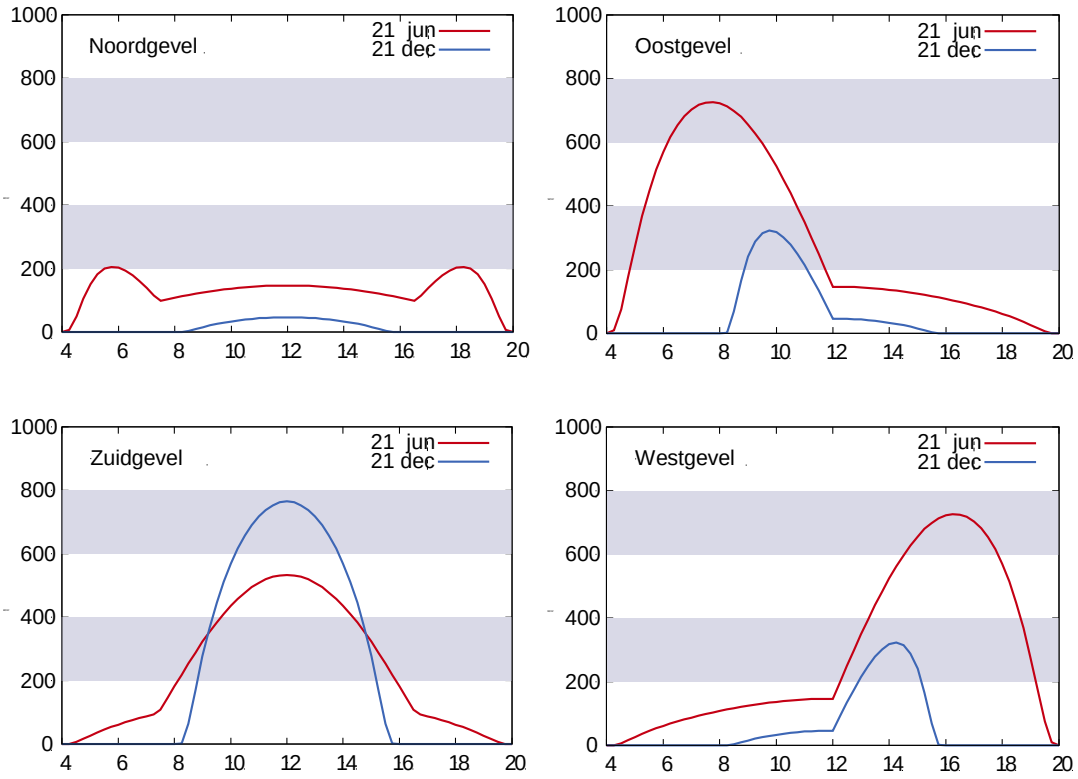


AFBEELDING 4 – STAND VAN DE ZON AAN DE HEMEL

AFBEELDING 5 – Stralingssterkte voor verticaal oppervlak op noorden, oosten, westen en zuiden bij 50° noorderbreedte (bron ES-SO- & REHVA-Handboek)

toont de zonnestralingssterkte op verticale oppervlakken in de zomer (21 juni) en in de winter (21 december). Aangezien deze diagrammen zijn berekend bij een onbewolkte hemel en zonder inachtneming van de omringende gebouwen, kan het weergegeven niveau worden beschouwd als de maximale zonnestralingssterkte die een verticale oppervlak kan ontvangen.

Deze gegevens gelden voor een geografische breedte van 50° N. Bij andere breedten zullen de gegevens verschillen. In Europa is het algemene patroon echter hetzelfde.



AFBEELDING 5 – STRALINGSSTERKTE VOOR VERTICAAL OPPERVLAK OP NOORDEN, OOSTEN, WESTEN EN ZUIDEN BIJ 50° NOORDERBREEDTE (BRON ES-SO- & REHVA-HANDBOEK)

Hieruit blijkt het volgende:

- Op het noorden georiënteerde gevels krijgen het laagste niveau zonnestralingssterkte. Slechts een kleine hoeveelheid zonnestraling bereikt het verticale oppervlak aan het begin van de ochtend en laat in de avond in de zomer.
- Gevels op het oosten en westen vertonen een symmetrisch patroon: het oppervlak op het oosten krijgt het grootste deel van de straling voor de middag, terwijl het oppervlak op het westen dit in de middag krijgt. De stralingssterkte blijkt het grootst te zijn als deze bestaat uit het directe gedeelte van de straling. Na de middag voor de gevel op het oosten en voor de middag voor de gevel op het westen, bestaat de straling voornamelijk uit het diffuse gedeelte dat uit de hemel komt. Om die reden is de straling lager.
- De op het zuiden georiënteerde gevels krijgen vrijwel de hele dag door zonnestraling. Het is dan ook van groot belang om het glasoppervlak op deze

oriëntatie te maximaliseren voor optimale toetreding van zonnewarmte in het gebouw in de winter en de gevels in de zomer te beschermen ter voorkoming van oververhitting. Vanwege de lage geografische breedte van de zon, blijkt de stralingssterkte hoger te zijn in de winter dan in de zomer. Het is hierbij ook van belang om te zorgen voor verblindingsbescherming voor de gebruikers van het gebouw.

II.4. Lange golfinfraroodstraling

Alle materialen geven voortdurend straling af in de vorm van energie in alle richtingen. Terwijl het zonnespectrum bestaat uit korte golflengtestraling die op verschillende temperaturen wordt afgegeven, bestaat thermische straling voornamelijk uit lange golflengte-infraroodstraling die op lage temperatuur wordt afgegeven.

In de praktijk betekent dit dat een materiaal dat door zonnestraling wordt bestraald, zal opwarmen en lange golflengtestraling zal afgeven aan het omringende gebied. Deze straling warmt vervolgens nabije materialen op, die ook op hun beurt weer straling afgeven, enzovoorts.

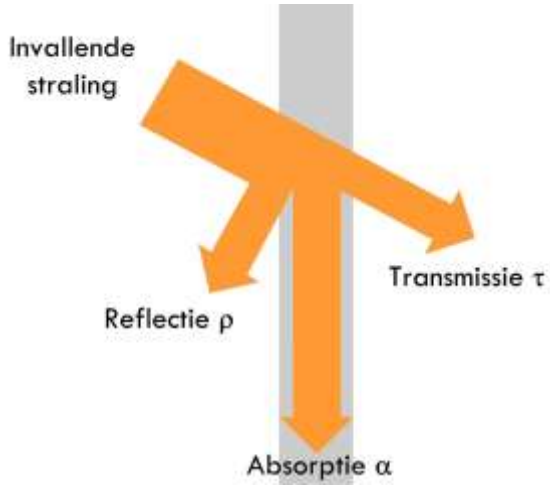
Een verwarming is een perfect voorbeeld van een materiaal dat lange golf infraroodstraling afgeeft. Elk materiaal dat is opgewarmd door zonnestraling, wordt een soort verwarming.

Het vermogen van een materiaal om dit soort straling af te geven, wordt bepaald door zijn emissievermogen (zie II.5). Een materiaal dat geen openingen bevat, is ondoordringbaar voor lange golf infraroodstraling. Muren en glas laten dit type straling dan ook niet door. De warmte blijft daardoor in de ruimte. Dit noemt men het ‘broeikaseffect’.

II.5. Hoe materiaal wordt beïnvloed door straling

Als invallende straling een oppervlak belicht (bijv. glas, stof of lamellen) splitst deze zich in drie delen (zie afbeelding 6 – gedrag van straling in contact met een materiaal):

- Een deel dat door het materiaal wordt doorgelaten. Dit wordt aangegeven met de transmissiefactor τ, de verhouding tussen de doorgelaten lichtstroom en de invallende lichtstroom
- Een deel dat door het materiaal wordt gereflecteerd. Dit wordt aangegeven met de reflectiefactor ρ, de verhouding tussen de gereflecteerde lichtstroom en de invallende lichtstroom
- Een deel dat wordt geabsorbeerd door het materiaal. Dit wordt aangegeven met de absorptiefactor α



AFBEELDING 6 – GEDRAG VAN STRALING IN CONTACT MET EEN MATERIAAL

Dit betekent: $\tau + \rho + \alpha = 100\%$

Voor een gegeven invallende straling E, is de doorgelaten straling gelijk aan τ x E, de geabsorbeerde straling gelijk aan α x E en de gereflecteerde straling gelijk aan ρ x E.

Transmissie, reflectie en absorptie zijn specifieke materiaalkenmerken. Bij een stof bijvoorbeeld, zullen deze waarden voornamelijk afhangen van het soort materiaal, de openheid van de stof en de kleur.

Ook de golflengte van de zonnestraling speelt hierbij een rol. Het is mogelijk deze eigenschappen voor specifieke golflengte te meten (bijvoorbeeld voor 250, 260, 270 nanometer (nm), enz.). Deze waarden worden ‘spectrale gegevens’ genoemd.

Ze worden echter vaak bepaald voor:

- Het totale zonnespectrum, d.w.z. van 250 nm tot 2500 nm (zie afbeelding 3). Deze eigenschappen worden uitgedrukt door het onderschrift 'e' (voor ‘energie’ of ‘zon’): τ_e, ρ_e en α_e,

- Het zichtbare deel van het spectrum, d.w.z. tussen 380 nm en 780 nm. In dit geval worden deze kenmerken gebruikt om de visuele eigenschappen van het product te berekenen (hoofdzakelijk de lichttransmissie). Ze worden uitgedrukt door het onderschrift 'v' (voor 'zichtbaar'). τ_v, ρ_v en α_v,
- De lange golf infraroodstraling, d.w.z. tussen 2500 nm en 10000 nm. Deze waarden zijn noodzakelijk voor de gedetailleerde berekening van een aantal thermische kenmerken van de producten. Deze worden uitgedrukt door het onderschrift 'IR': τ_{IR}, ρ_{IR} en het emissievermogen ε (in dit geval is het emissievermogen gelijk aan α_{IR}).

In dit geval worden ze 'geïntegreerde gegevens' genoemd.

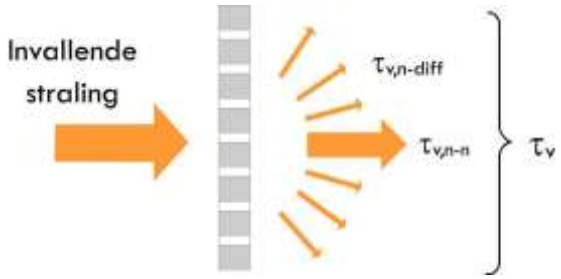
LET OP In alle gevallen wordt de verhouding tussen transmissie, absorptie en reflectie beheerst door de volgende generieke formule:

- $1 = \tau_e + \rho_e + \alpha_e$ voor het totale zonnespectrum
- $1 = \tau_v + \rho_v + \alpha_v$ voor het zichtbare deel van het zonnespectrum
- $1 = \tau_{IR} + \rho_{IR} + \varepsilon$ voor de langegolflengte-infraroodstraling

In de praktijk zijn er slechts twee waarden nodig om een materiaal te karakteriseren (bijv. τ_e en ρ_e of τ_{IR} en ε)

Daarnaast wordt geconstateerd dat straling op twee manieren wordt doorgelaten. De transmissiefactor τ bestaat uit:

- Directe transmissie, gedefinieerd als τ_{n-n}, waarbij de straling niet wordt beïnvloed door het materiaal, en
- Diffuse transmissie, gedefinieerd als τ_{n-dif}, wat overeenkomt met diffuse straling door het materiaal in alle richtingen.



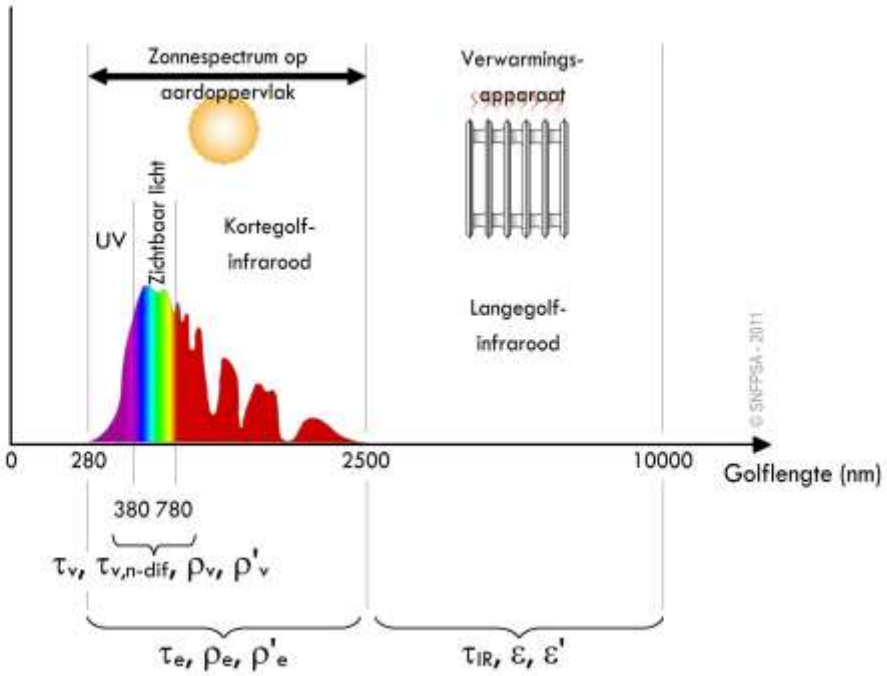
AFBEELDING 7 – DIRECTE EN DIFFUSE VISUELE TRANSMISSIE

De som van de directe en diffuse transmissie is gelijk aan de totale waarde: bijv. $\tau_{v,n-n} + \tau_{v,n-dif} = \tau_v$

Tot slot kunnen reflectie en absorptie ook afhankelijk zijn van de productzijden, bijvoorbeeld in het geval van coatings of kleurverschillen. Twee waarden kunnen

dan noodzakelijk zijn: ρ en ρ' bijvoorbeeld overeenkomstig de twee vlakken van een stof.

Afbeelding 8 illustreert de kenmerken van het materiaal van de luiken of zonneschermen (stof, lamellen of houten latten) die nodig zijn voor een gedetailleerde berekening van de thermische en visuele eigenschappen van het product. Deze afbeelding houdt geen rekening met de kenmerken van glas, die eveneens benodigd zijn. Dit deel wordt nader toegelicht in III.2 en III.3.



AFBEELDING 8 – ILLUSTRATIE VAN DE MATERIAALKENMERKEN

Deze kenmerken worden gemeten in overeenstemming met de Europese norm EN 14500 "*Blinds and shutters – Thermal and visual comfort – Test and calculation methods*" ("*Zonneschermen en luiken – Thermisch en visueel comfort – Beproevings- en berekeningsmethoden*").

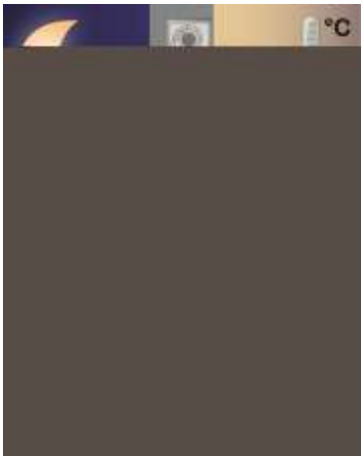
III. DE THERMISCHE EN VISUELE KENMERKEN VAN ZONNESCHERMEN EN LUIKEN

In het vorige hoofdstuk zijn de eigenschappen van zonnestraling behandeld en de manier waarop deze straling wordt gewijzigd door het materiaal van het luik of

zonnescherm. Dit hoofdstuk licht toe hoe de visuele en thermische kenmerken van zonweringsproducten worden bepaald.

III.1.De warmtedoorgangscoëfficiënt (U-waarde)

De U-waarde (aangegeven door U_w) staat voor het warmteverlies via het raam. Voor een raam met enkel glas (met ingetrokken zonnescherm of luik), is deze coëfficiënt afhankelijk van de U-waarde van het glas (U_g) en het kozijn (U_f) en de verbinding tussen de beglazing en het kozijn (ψ_g).



AFBEELDING 9 – ILLUSTRATIE VAN DE U_W-WAARDE

Dit wordt conform de Europese norm NEN-ISO 10077-1 berekend aan de hand van de volgende formule:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \psi_g}{A_g + A_f}$$

Hoe lager de U_w-waarde, hoe beter de isolatie van het raam. Een U-waarde wordt uitgedrukt in $W/m^2.K$.

Een uitgetrokken zonweringsysteem voor een raam creëert een extra luchtlaag die wordt gekenmerkt door extra thermische weerstand aangeduid door ΔR (in $m^2.K/W$). De ΔR-waarde wordt berekend conform de Europese norm EN 13125 en is voornamelijk afhankelijk van de luchtdoorlatendheid van het systeem en de warmteweerstand van het gordijn (aangeduid door R_{sh}).

Conform EN 13125 wordt de luchtdoorlatendheid van een luik of zonnescherm berekend met inachtneming van de open ruimte rond het doek of luik (zie afbeelding 10 – berekening van etot conform EN 13125

AFBEELDING 10 – BEREKENING VAN E_{TOT} CONFORM EN 13125

Voor buiten- en binnenzonneschermen, houdt EN 13125 ook rekening met eventuele openingen in het gordijn (bijvoorbeeld de openheid van een stof). Het criterium van luchtdoorlatendheid wordt uitgedrukt door onderstaande formule:

$$P_e = e_{tot} + 10p$$

Hierbij wordt e_{tot} berekend conform afbeelding 10 – berekening van etot conform EN 13125

en is p de verhouding tussen het totale openingsvlak en het totale oppervlak van het scherm of luik.

In onderstaande tabellen zijn de formules weergegeven die in EN 13125 zijn bepaald voor de berekening van de ΔR-waarde voor luiken, buiten- en binnenzonneschermen en geïntegreerde zonwering tussen dubbel glas.

TABEL 1 – BEREKENING VAN ΔR VAN LUIKEN

Zeer hoge luchtdoorlatendheid ($e_{tot} > 35$ mm)	$\Delta R = 0{,}08$ m².K/W
Hoge luchtdoorlatendheid (15 mm $< e_{tot} \leq 35$ mm)	$\Delta R = 0{,}25.Rsh + 0{,}09$
Gemiddelde luchtdoorlatendheid (8 mm $< e_{tot} \leq 15$ mm)	$\Delta R = 0{,}55.Rsh + 0{,}11$
Lage luchtdoorlatendheid ($e_{tot} \leq 8$ mm)	$\Delta R = 0{,}8.Rsh + 0{,}14$
Zeer lage luchtdoorlatendheid ($e_{tot} \leq 3$ mm en $e_1 + e_3 = 0$ of $e_2 + e_3 = 0$)	$\Delta R = 0{,}95.Rsh + 0{,}17$

TABEL 2 – BEREKENING VAN ΔR VAN BUITENZONNESCHERMEN

Hoge en zeer hoge luchtdoorlatendheid ($P_e \geq 35$ mm)	$\Delta R = 0{,}08$ m².K/W
Gemiddelde luchtdoorlatendheid (8 mm $\leq P_e < 35$ mm)	$\Delta R = 0{,}11$ m².K/W
Lage luchtdoorlatendheid ($P_e < 8$ mm)	$\Delta R = 0{,}14$ m².K/W

TABEL 3 – BEREKENING VAN ΔR VAN BINNENZONNESCHERMEN EN GEÏNTEGREERDE ZONWERING TUSSEN DUBBEL GLAS

Hoge en zeer hoge luchtdoorlatendheid ($P_e \geq 80$ mm)	$\Delta R = 0{,}08$ m².K/W
Gemiddelde luchtdoorlatendheid (20 mm $\leq P_e <$ 80 mm)	$\Delta R = 0{,}11$ m².K/W
Lage luchtdoorlatendheid ($P_e <$ 20 mm)	$\Delta R = 0{,}14$ m².K/W

Het effect van de extra warmteweerstand van een luik of zonnescherm op het raam wordt bepaald door de volgende formule:

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R}$$

Deze formule is bepaald in de norm ISO EN 10077-1. Voor een gegeven raam kan deze worden gebruikt om de verbetering van de U-waarde van een raam te beoordelen op grond van een uitgetrokken zonnescherm of luik. Tabel 4 – Voorbeeld van U_{ws}-berekening geeft voorbeelden van berekeningen van drie verschillende ΔR-waarden en drie verschillende soorten ramen. De betreffende ΔR-waarden zijn:

- 0,08 m².K/W, bijvoorbeeld een zeer doorlatend buitenzonnescherm,
- 0,15 m².K/W, bijvoorbeeld een standaard rolluik van aluminium,
- 0,25 m².K/W, bijvoorbeeld een luchtdicht rolluik.

TABEL 4 – VOORBEELD VAN U_{WS}-BEREKENING

	Raam met enkel glas $U_w = 4{,}90$			Raam met dubbel glas $U_w = 1{,}8$			Raam met dubbel glas $U_w = 1{,}2$		
	ΔR (m².K/W)			ΔR (m².K/W)			ΔR (m².K/W)		
	0,08	0,15	0,25	0,08	0,15	0,25	0,08	0,15	0,25
ΔR (m².K/W)	3,52	2,82	2,20	1,57	1,42	1,24	1,09	1,02	0,92
Verbeterfactor	28,2%	42,4%	55,1%	12,6%	21,3%	31,0%	8,8%	15,2%	23,0 %

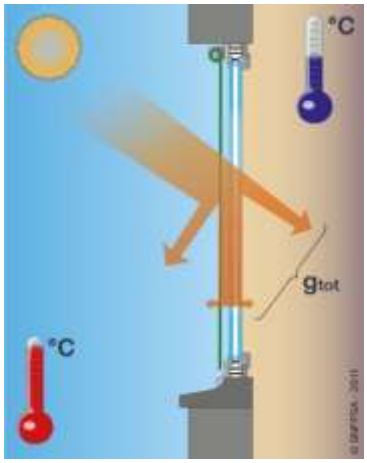
Uit deze voorbeelden blijkt dat in alle gevallen het luik of zonnescherm de U-waarde van het raam vermindert ($U_{ws} < U_w$); hierdoor neemt het warmteverlies af bij een koude buitentemperatuur.

Het effect van het luik of het zonnescherm is vanzelfsprekend groter als het raam een laag prestatievermogen heeft: het halveert de U-waarde in geval van enkel glas. Het effect is echter nog steeds goed bij ramen met een hoog prestatievermogen: een luchtdicht rolluik zal de U-waarde van een raam met dubbel glas verminderen met een U_w-waarde van 1,2 W/m².K met 23% (d.w.z. een raam met een beglazing met U_g = 1,0 W/m².K).

III.2.De totale zonne-energiedoorlatendheid g_{tot} (zonnefactor)

III.2.1. Algemeen

De totale zonne-energiedoorlatendheid, ook wel zonnefactor genoemd, staat voor het deel van de invallende lichtstroom die in een kamer wordt doorgelaten.



g is de zonnefactor van alleen het glas. g_{tot} is de zonnefactor van de combinatie van glas en een zonweringsysteem. τ_v

De waarde van g of g_{tot} bevindt zich tussen 0 en 1: 0 betekent dat er geen straling is doorgelaten naar de kamer en 1 betekent dat alle straling is doorgelaten.

De g-waarde van alleen het glas wordt bepaald door de berekeningsmethode die is bepaald in EN 410.

Er zijn twee methoden voor de berekening van de g_{tot} van een zonweringsysteem:

- Of een vereenvoudigde methode uit EN 13363-1,
- Of een gedetailleerde methode uit EN 13363-2.

Beide methoden maken gebruik van de eigenschappen van glas en van het materiaal waarvan het zonweringsysteem is gemaakt – stof, lamellen of houten latten – zoals weergegeven in II.5.

III.2.2. Vereenvoudigde berekeningsmethode: EN 13363-1

De norm EN 13363-1 bevat een vereenvoudigde methode om de g_{tot}-waarde te berekenen. Deze berekening houdt rekening met de U-waarde en de g-waarde van glas en de energetische transmissie en reflectie van het zonweringsysteem.

De norm specificeert dat de afwijking van de vereenvoudigde berekening in vergelijking met de exacte waarden binnen een bereik van +0,10 en -0,02 ligt. De resultaten zijn dan ook niet bedoeld voor het berekenen van criteria van gunstige zontoetreding of thermisch comfort.

Het voordeel van deze norm is dat berekeningen eenvoudig kunnen worden uitgevoerd zonder hulp van een rekentool.

De te gebruiken formules luiden als volgt:

- Voor een buitenzonnescherm of -luik:

$$g_{tot} = \tau_e g + \alpha_e \frac{G}{G_2} + \tau_e (1-g)\frac{G}{G_1}$$

Waarbij $G_1 = 5$ W/m².K ; $G_2 = 10$ W/m².K en $G = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2}\right)^{-1}$

- Voor een binnenzonnescherm:

$$g_{tot} = g\left(1 - g\rho_e - \alpha_e \frac{G}{G_2}\right)$$

Waarbij $G_2 = 30$ W/m².K en $G = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_2}\right)^{-1}$

- Voor een geïntegreerd zonnescherm tussen dubbel glas:

$$g_{tot} = \tau_e g + g(\alpha_e + (1-g)\rho_e)\frac{G}{G_3}$$

Waarbij $G_3 = 3$ W/m².K en $G = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_3}\right)^{-1}$

In al deze vergelijkingen geldt:

- τ_e is de zonne-energiedoorlatendheid van het scherm of luik
- ρ_e is de zonnereflectie van het zonnescherm of luik met $1 = \tau_e + \rho_e + \alpha_e$ (zie II.5)
- α_e is de zonneabsorptie van het zonnescherm of luik
- g is de zonnefactor van het glas
- U_g is de warmtedoorgang van het glas
- G_1, G_2 en G_3 zijn vaste waarden die door de norm zijn bepaald

Opgemerkt moet worden dat deze formules uitsluitend kunnen worden toegepast als de zonne-energiedoorlatendheid en de reflectie van de zonweringsystemen binnen het volgende bereik vallen:

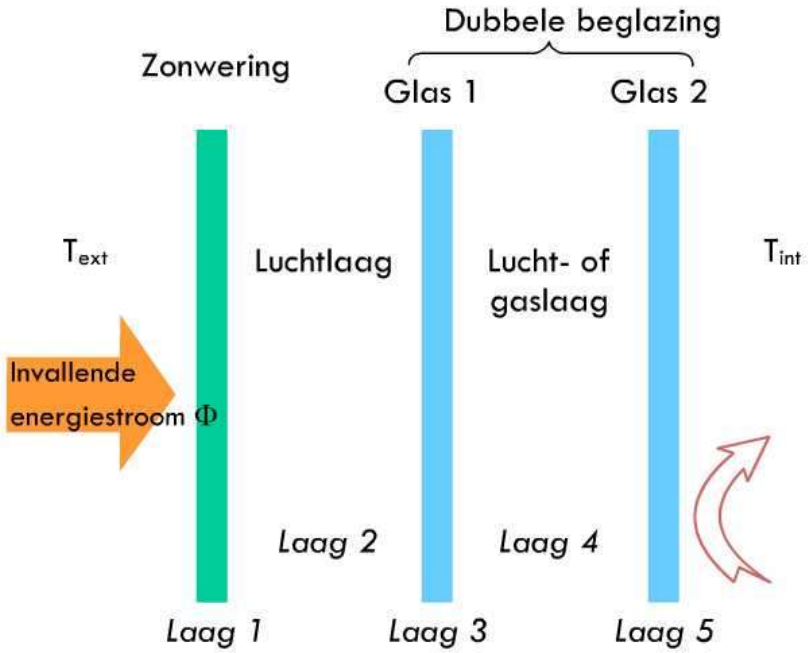
$$0 \leq \tau_e \leq 0{,}5 \text{ en } 0{,}1 \leq \rho_e \leq 0{,}8$$

met als aanvullende eis dat de zonnefactor van het glas tussen 0,15 en 0,85 moet liggen.
In alle andere gevallen moet de berekening conform EN 13363-2 worden uitgevoerd.

III.2.3. Gedetailleerde berekeningsmethode: EN 13363-2

Aangezien deze methode probeert om het echte fysieke gedrag van de combinatie van een zonnescherm en glas te representeren als deze wordt geraakt door straling, is deze berekeningsmethode veel complexer dan de formules uit EN 13363-1. Hiertoe is het gebruik van een speciale rekentool vereist.

Het principe van de berekening is om het zonnescherm, het glas en de gaslaag als afzonderlijke lagen in vaste posities te beschouwen (zie afbeelding 11), waarbij elke laag zijn specifieke eigenschappen heeft (transmissie, reflectie, emissievermogen enz.). De externe omstandigheden (temperatuur, zonnestraling, ventilatie, …) worden ook in aanmerking genomen. Het doel van de berekening is het beoordelen van de interactie van elke laag met deze omstandigheden.

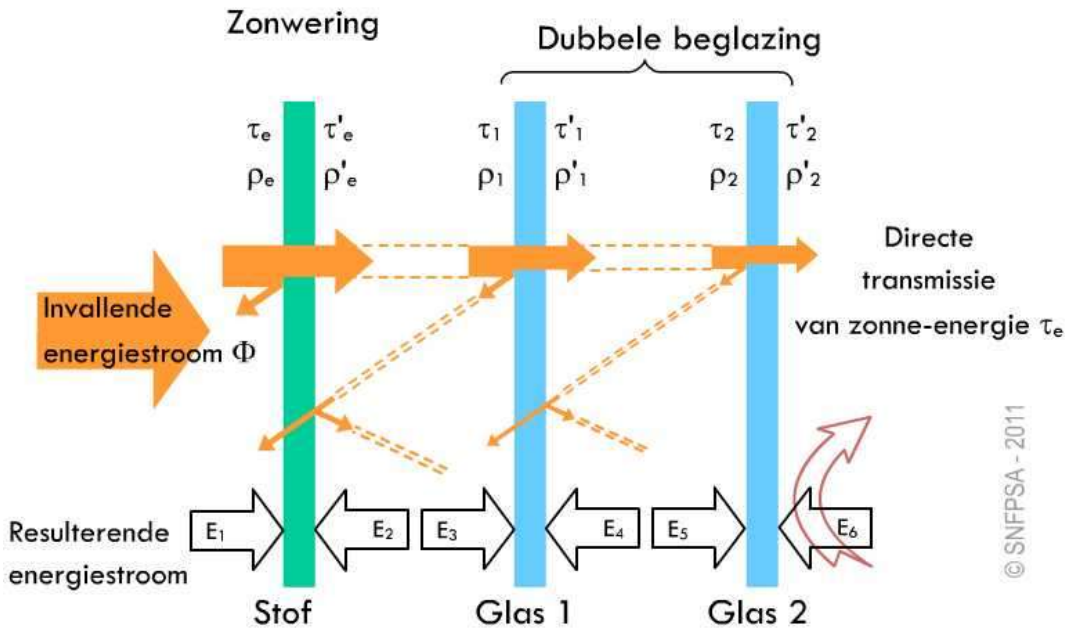


AFBEELDING 11 – VOORBEELD VAN LAGEN IN HET GEVAL VAN EEN BUITENZONNESCHERM IN COMBINATIE MET DUBBEL GLAS

Deze berekening bestaat daarom uit drie delen:

- De overdracht van zonnestraling.
  Dit deel van de g_{tot} bepaalt het deel van de invallende zonnestraling die in de kamer wordt doorgelaten via meervoudige transmissie en reflectie van beide vlakken van elke laag van het systeem. De temperatuur van het systeem is niet van invloed op deze berekening.
  Afbeelding 12 geeft een voorbeeld van de berekening die moet worden uitgevoerd voor een systeem dat uit een buitenzonnescherm en dubbel glas bestaat. In dit voorbeeld leidt de berekening tot de oplossing van de volgende matrix van lichtstroom:

$$E_1 = \Phi$$
$$E_2 = \rho_1 E_3 + \tau'_1 E_4$$
$$E_3 = \rho'_e E_2 + \tau_e E_1$$
$$E_4 = \rho_2 E_5 + \tau'_2 E_6$$
$$E_5 = \rho'_1 E_4 + \tau_1 E_3$$
$$E_6 = 0$$



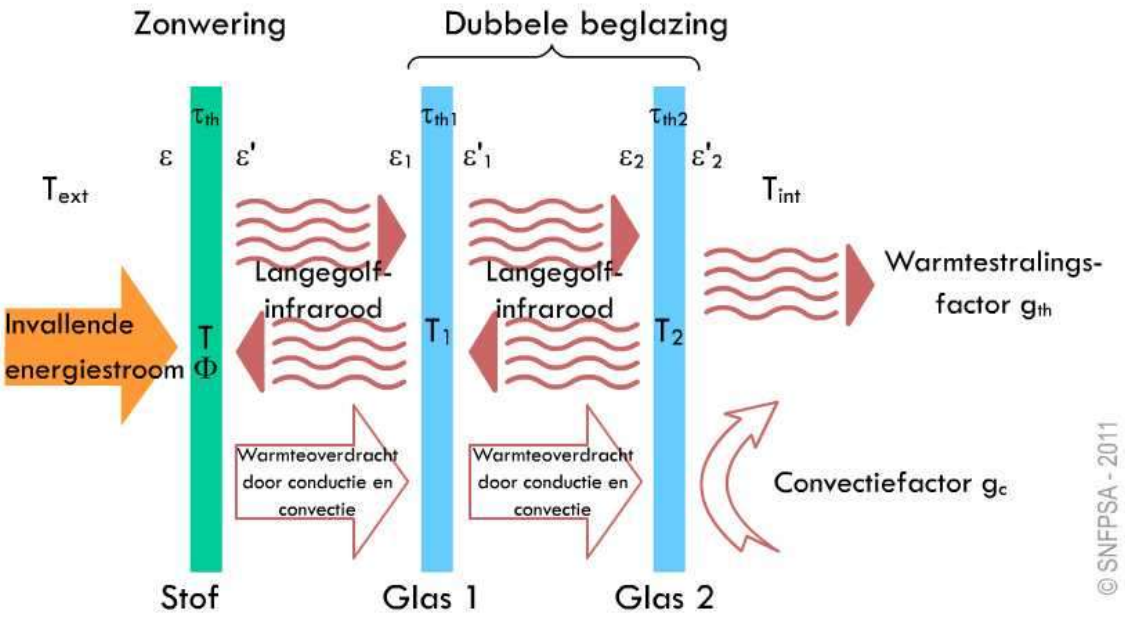
AFBEELDING 12 – ILLUSTRATIE VAN DE DIRECTE ZONNE-ENERGIEDOORLATENDHEID VOOR EEN BUITENZONNESCHERM IN COMBINATIE MET DUBBEL GLAS

Deze overdracht wordt aangegeven met de directe zonne-energiedoorlatendheid τ_e van het systeem "zonnescherm en glas". Dit staat in verband met het totale zonnespectrum.

- De warmteoverdracht.
  Dit type overdracht heeft betrekking op het effect van de buiten- en binnentemperatuur in combinatie met het effect van de stralingssterkte van de zon (die de temperatuur van elk materiaal doet toenemen door absorptie).

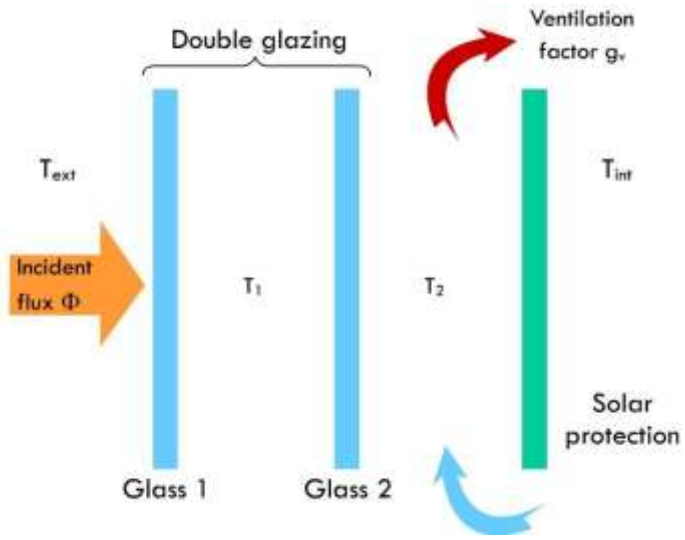
  Deze overdracht is onderverdeeld in twee delen (zie afbeelding 13):
  - Overdracht door thermische straling
    Deze overdracht is het gevolg van de emissie van langegolfinfraroodstraling (zie II.4) doordat elke laag wordt opgewarmd door de buitentemperatuur en de zonnestraling. De warmte wordt van de ene laag naar de volgende doorgelaten via deze straling.
    Deze overdracht wordt aangegeven met de thermische stralingsfactor g_{th}.
  - Warmteoverdracht door conductie en convectie

Warmteoverdracht door conductie is het gevolg van directe warmtecirculatie binnen het materiaal van de laag en de tussenliggende gaslaag door directe moleculaire interactie.
Warmteoverdracht door convectie is het gevolg van warmteverplaatsing van het materiaal van de laag naar de gaslaag (bijv. de luchtlaag van dubbel glas).
Deze overdracht wordt aangegeven met de convectiefactor g_c.



AFBEELDING 13 – ILLUSTRATIE VAN DE WARMTEOVERDRACHT VOOR EEN BUITENZONNESCHERM EN DUBBEL GLAS

- De aanwezigheid van een schoorsteeneffect in het geval van een binnenzonnescherm. Dit effect is het gevolg van de luchtverplaatsing binnen de luchtlaag die tussen het glas en het binnenzonnescherm is ontstaan. Het is het gevolg van de verwarming van de luchtlaag door het glas waardoor een opwaartse warmtestroom wordt opgewekt tussen het glas en het zonnescherm (zie afbeelding 14). Dit effect wordt aangegeven met de ventilatiefactor g_v.



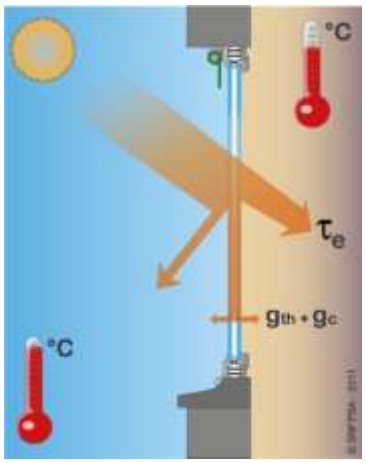
AFBEELDING 14- ILLUSTRATIE VAN HET SCHOORSTEENEFFECT IN HET GEVAL VAN EEN BINNENZONNESCHERM

De g_{tot}-waarde wordt vervolgens bepaald door de toevoeging van de directe zonne-energiedoorlatendheid τ_e, de thermische stralingsfactor g_{th}, de convectiefactor g_c en de ventilatiefactor g_v:

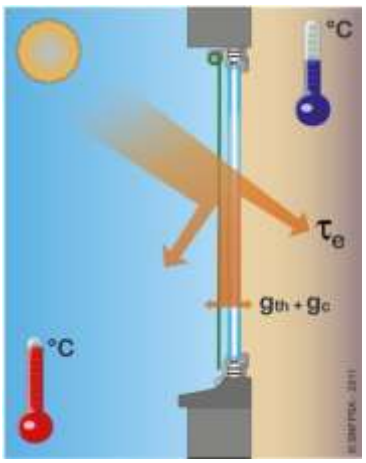
$$g_{tot} = \tau_e + g_{th} + g_c + g_v{}^{(1)}$$

(1) $g_v = 0$ in het geval van een buitenzonnescherm

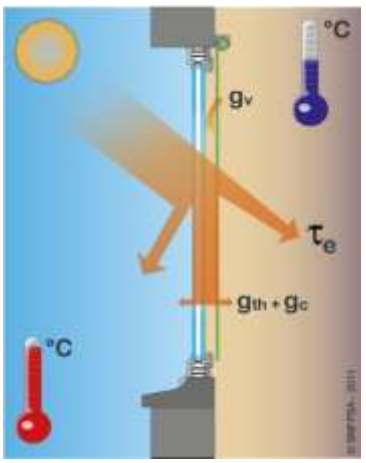
EN 13363-2 geeft dan ook een goede beschrijving van de zonnefactor. Hiertoe moeten wel verschillende fysieke fenomenen tegelijkertijd in aanmerking worden genomen. Het gebruik van een specifieke rekentool is dan ook noodzakelijk.



In dit geval is de zonwering ingetrokken



In dit geval is de buitenzonwering neergelaten



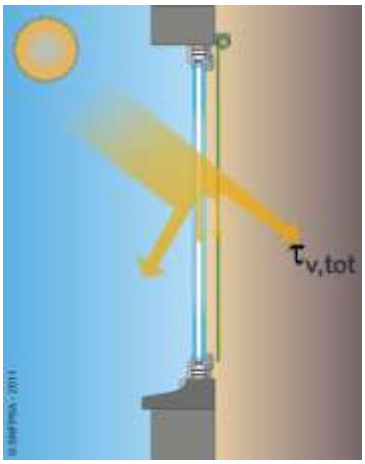
In dit geval is de binnenzonwering neergelaten

AFBEELDING 15 – ILLUSTRATIE VAN G_{TOT}

III.3.Lichtdoorlatendheid τ_v

III.3.1. Algemeen

De lichtdoorlatendheid τ_v staat voor het deel van het daglicht dat in een kamer wordt doorgelaten.



Net als de zonnefactor moet onderscheid worden gemaakt tussen de visuele transmissie van uitsluitend glas en van glas in combinatie met een zonweringsysteem. Helaas wordt conform de Europese normen dezelfde notatie gebruikt (τ_v in beide gevallen). Ter verduidelijking wordt de notatie $\tau_{v,tot}$ in dit handboek gebruikt voor een zonweringsysteem in combinatie met glas.

De waarde van τ_v ligt tussen 0 en 1: 0 betekent dat er geen licht wordt doorgelaten in de kamer en 1 betekent dat alle zichtbare straling wordt doorgelaten.

De verwijzende τ_v-rekenstandaards zijn dezelfde voor de zonnefactor: EN 410 voor uitsluitend glas en twee mogelijkheden voor een zonweringsysteem in combinatie met glas:

- Of een vereenvoudigde methode uit EN 13363-1,
- Of een gedetailleerde methode uit EN 13363-2.

III.3.2. Vereenvoudigde berekeningsmethode: EN 13363-1

De gebruiksvoorwaarden van deze norm komen overeen met die voor de berekening van de zonnefactor (zie III.2.2).

Conform EN 13363-1 dienen de volgende formules te worden gebruikt voor de berekening van $\tau_{v,tot}$:

- Voor een buitenzonnescherm of -luik:

$$\tau_{v,tot} = \frac{\tau_v \tau_{v,blind}}{1 - \rho_v \rho'_{v,blind}}$$

- Voor een binnenzonnescherm of -luik:

$$\tau_{v,tot} = \frac{\tau_v \tau_{v,blind}}{1 - \rho'_v \rho_{v,blind}}$$

Hierbij geldt:

- τ_v is de visuele transmissie van het glas
- $\tau_{v,blind}$ is de visuele transmissie van het zonnescherm of luik
- ρ_v is de visuele reflectie van de zijde van het glas die is gericht op de invallende straling
- ρ'_v is de visuele reflectie van de zijde van het glas tegenover de invallende straling
- $\rho_{v,blind}$ is de visuele reflectie van de zijde van het zonnescherm of luik die is gericht op de invallende straling
- $\rho'_{v,blind}$ is de visuele reflectie van de zijde van het zonnescherm of luik tegenover de invallende straling

III.3.3. Gedetailleerde berekeningsmethode: EN 13363-2

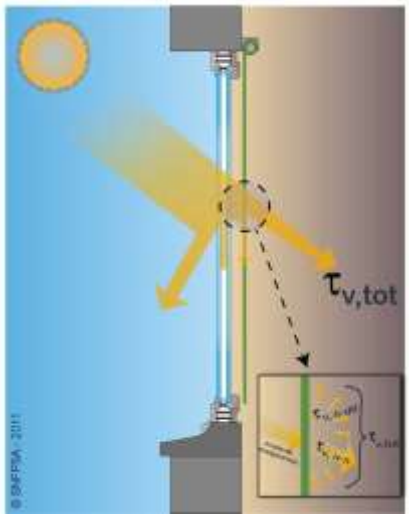
In het visuele deel van het spectrum hoeft de warmteoverdracht- of ventilatiefactor niet in aanmerking te worden genomen. Het berekeningsprincipe van de overdracht van zonnestraling (zie III.2.3.) geldt dan ook voor straling tussen 380 nm en 780 nm en niet voor het totale zonnespectrum.

Deze berekeningsmethode neemt het deel van de straling in aanmerking dat wordt doorgelaten zonder enige afwijking van het zonnescherm of luik, d.w.z. de directe visuele transmissie $\tau_{v,n-n}$, en het deel van de straling dat naar alle richtingen wordt

verspreid na reflectie door het zonnescherm of luik, d.w.z. de diffuse visuele transmissie $\tau_{v,n-dif}$ (zie figuur 16)

De totale visuele transmissie bestaat zodoende uit twee delen:

$$\tau_{v,tot} = \tau_{v,n-n} + \tau_{v,n-dif}$$



AFBEELDING 16 – ILLUSTRATIE VAN DE VISUELE TRANSMISSIE VAN EEN BINNENZONNESCHERM

III.4.Vergelijking van de vereenvoudigde en de gedetailleerde berekeningen

De vereenvoudigde en gedetailleerde berekeningsmethoden kunnen beide worden gebruikt voor het berekenen van de zonnefactor g_{tot} en de visuele transmissiefactor $\tau_{v,tot}$.

Voor dezelfde combinatie van glas en zonnescherm kan een vergelijking worden gemaakt van de verschillende kleuren van dezelfde stof. Drie configuraties van kleurnuances zijn weergegeven in De vereenvoudigde en gedetailleerde berekeningsmethoden kunnen beide worden gebruikt voor het berekenen van de zonnefactor g_{tot} en de visuele transmissiefactor $\tau_{v,tot}$.

TABEL 5 – EIGENSCHAPPEN VAN DE STOF

	Kleur van de stof		
	Parelwit	Witgrijs	Grijs
Zonne-energiedoorlatendheid τ_e	0,13	0,09	0,05
Zonnereflectie ρ_e (1)	0,53	0,44	0,21
Visuele transmissie τ_v	0,11	0,07	0,03
Diffuse visuele transmissie $\tau_{v,n-dif}$	0,08	0,04	0,01
Visuele reflectie ρ_v (1)	0,58	0,47	0,18
Langegolf-IR-transmissie τ_{IR} (2)	0,03	0,03	0,03
Emissievermogen ε (1)	0,89	0,89	0,89

(1) De eigenschappen van beide zijden van het zonnescherm zijn identiek. Dit betekent: $\rho_e = \rho'_e$; $\rho_v = \rho'_v$ en $\varepsilon = \varepsilon'$

(2) Gelijk aan de openheidsfactor van de stof

In EN 14501 is typische beglazing gedefinieerd die wordt gebruikt als referentiepunt, zodat vergelijkingen gemaakt kunnen worden. Het standaardglas C conform de norm (dubbel glas 4-16-4, met een coating met laag emissievermogen in positie 3 (buitenoppervlak van de binnenruit), ruimte gevuld met argon) wordt hieronder in aanmerking genomen (zie table 6).

TABEL 6 – EIGENSCHAPPEN VAN GLAS

	Buitenruit	Binnenruit
Zonne-energiedoorlatendheid τ_e	0,85	0,58
Zonnereflectie aan de zijde van de invallende straling ρ_e	0,08	0,30
Zonnereflectie aan de tegenoverliggende zijde van de invallende straling ρ'_e	0,08	0,24

Visuele transmissie τ_v	0,90	0,82
Visuele reflectie aan de zijde van de invallende straling ρ_v	0,08	0,08
Visuele reflectie aan de tegenoverliggende zijde van de invallende straling ρ'_v	0,08	0,04
Langegolf-IR-transmissie τ_{IR}	0,00	0,00
Emissievermogen aan de zijde van de invallende straling ε	0,89	0,04
Emissievermogen aan de tegenoverliggende zijde van de invallende straling ε'	0,89	0,89

De resultaten voor een buitenzonnescherm zijn weergegeven in tabel 7.

TABEL 7 – BEREKENING VAN G_{TOT} EN $\tau_{v,TOT}$ VOOR EEN BUITENZONNESCHERM

	Berekeningsmethode						
	Vereenvoudigd		Gedetailleerd (1)				
	g_{tot}	$\tau_{v,tot}$	g_{tot}	τ_e	$g_{th} + g_c$	$\tau_{v,tot}$	$\tau_{v,n-diff}$
Parelwit	0,12	0,09	0,11	0,08	0,03	0,09	0,06
Witgrijs	0,10	0,06	0,09	0,05	0,04	0,06	0,03
Grijs	0,10	0,02	0,08	0,03	0,05	0,02	0,01

(1) Berekeningen zijn uitgevoerd met de software "Win-Shelter" die is ontwikkeld door het Italian National Agency for New Technologies, Energy en Sustainable Economic Development (Italiaans nationaal bureau voor nieuwe technologieën, energie en duurzame economische ontwikkeling). De software is verkrijgbaar op het volgende adres: www.pit.enea.it

De resultaten voor een binnenzonnescherm zijn weergegeven in tabel 8.

TABEL 8 – BEREKENING VAN G_{TOT} EN $\tau_{v,TOT}$ VOOR EEN BINNENZONNESCHERM

	Berekeningsmethode							
	Vereenvoudigd		Gedetailleerd (2)					
	g_{tot}	$\tau_{v,tot}$	g_{tot}	τ_e	$g_{th} + g_c$	g_v	$\tau_{v,tot}$	$\tau_{v,n-diff}$
Parelwit	0,40	0,09	0,38	0,06	0,13	0,19	0,09	0,06
Witgrijs	0,43	0,06	0,41	0,04	0,16	0,21	0,06	0,03
Grijs	0,50	0,02	0,49	0,015	0,225	0,25	0,02	0,01

(2) Berekeningen zijn uitgevoerd met de software “Physalis” die is ontwikkeld door BBS Slama (12, rue Colbert BP 382 63010 Clermont-Ferrand Cedex 1Frankrijk; +33 (0)4 73 34 96 60 ; contact@bbs-slama.com).

Voor het bepalen van g_{tot} geeft de gedetailleerde berekeningsmethode in alle gevallen betere resultaten dan de vereenvoudigde methode. Uit deze voorbeelden blijkt dat het verschil in de verkregen resultaten groter is voor donkere stoffen als het zonnescherm buiten is aangebracht en voor lichter gekleurde stoffen als het zonnescherm binnen is aangebracht.

Het grootste voordeel van de gedetailleerde berekeningsmethode is de differentiatie van het deel van de lichtstroom dat als straling of warmte wordt doorgelaten.

Deze voorbeelden tonen echter aan dat de vereenvoudigde methode dezelfde resultaten geven voor visuele transmissie. Dit betekent dat de berekening met deze methode eenvoudig en accuraat kan worden uitgevoerd. Hoewel de resultaten niet zijn opgenomen in deze tabellen (aangezien ze niet in aanmerking worden genomen in de norm EN 13363-1), blijkt berekening van de diffuse visuele transmissie ook mogelijk te zijn met de vereenvoudigde berekeningsmethode.

Database Shade Specifier

De British Blind & Shutter Association (BBSA) heeft in samenwerking met partners van de European Solar Shading Organization (ES-SO) een database ontwikkeld met materialen voor zonwering. Deze database omvat onafhankelijk bevestigde gegevens over energieprestatie van stoffen en materialen voor zonneschermen en luiken conform Europese normen. De database berekent de energieprestatie van zonneschermen en luiken bij gebruik in combinatie met gekwalificeerd glas zoals gedefinieerd in de Europese normen EN 13363-1 en EN 14501. Alle berekeningen worden uitgevoerd in overeenstemming met de relevante Europese normen en procedures die zijn behandeld in hoofdstuk III.

De voordelen van zonwering zijn al eeuwenlang bekend. Tot nu toe was het echter niet mogelijk om specifieke en onafhankelijk gestaafde prestatiekarakteristieken van zonweringmaterialen met elkaar te vergelijken. Shade Specifier stelt de ontwerper en de eigenaar van het gebouw in staat een weloverwogen keuze maken.

De door de database Shade Specifier gehanteerde procedure wordt ook door de glashandel gehanteerd en is een solide en effectieve manier om de integriteit van de database te waarborgen.

De output omvat:

- Totale zonne-energiedoorlatendheid, g_{tot}
- Zichtbare doorlatendheid, Tvis
- Warmtedoorgang, (U-waarde)

IV. HOE ZONNESCHERMEN EN LUIKEN DE ENERGIEBEHOEFTE VAN EEN GEBOUW VERMINDEREN

Voorgaande hoofdstukken hebben de kenmerken van producten weergegeven en de invloed die zonwering kan hebben bij gebruik in combinatie met een raam of een beglazingssysteem. Dit hoofdstuk behandelt de invloed van zonwering op de energiebehoefte van een gebouw. Er wordt verwezen naar bestaande tools en onderzoeken.

IV.1. "Textinergie®"-tool

IV.1.1. Wat is Textinergie®?

Textinergie® is een eenvoudige tool waarmee potentiële energiebesparing in kantoorgebouwen met behulp van stoffen zonweringsystemen kan worden bepaald. Deze tool is ontwikkeld door de Franse vereniging van producenten en installateurs van zonneschermen en luiken (SNFPSA). Voor nadere informatie over deze tool, zie: www.textinergie.org.

Textinergie® vergelijkt de energiebehoefte in een kamer voordat en nadat deze is uitgerust met zonweringsystemen.

De gebruiker selecteert:

- de klimaatzone;
- de geveloriëntatie;
- het glasoppervlak van de kamer;
- het soort dubbel glas (B, C of D zoals gedefinieerd in EN 14501);
- de positie van het zonnescherm (binnen of buiten);
- het soort stof;
- de kleur van de stof.

Zodra de configuratie is bepaald, geeft Textinergie® de resultaten op twee verschillende niveaus:

- Vereenvoudigde resultaten: het percentage energiebesparing gerelateerd aan airconditioning en andere installaties (airconditioning + verwarming + kunstverlichting);

- Gedetailleerde resultaten: berekende temperatuur (°C); behoefte (kWh) en percentage energiebesparing voor elke unit (airconditioning, verwarming en verlichting); daglicht (lux).

De resultaten worden gegeven voor glas met of zonder zonneschermen.

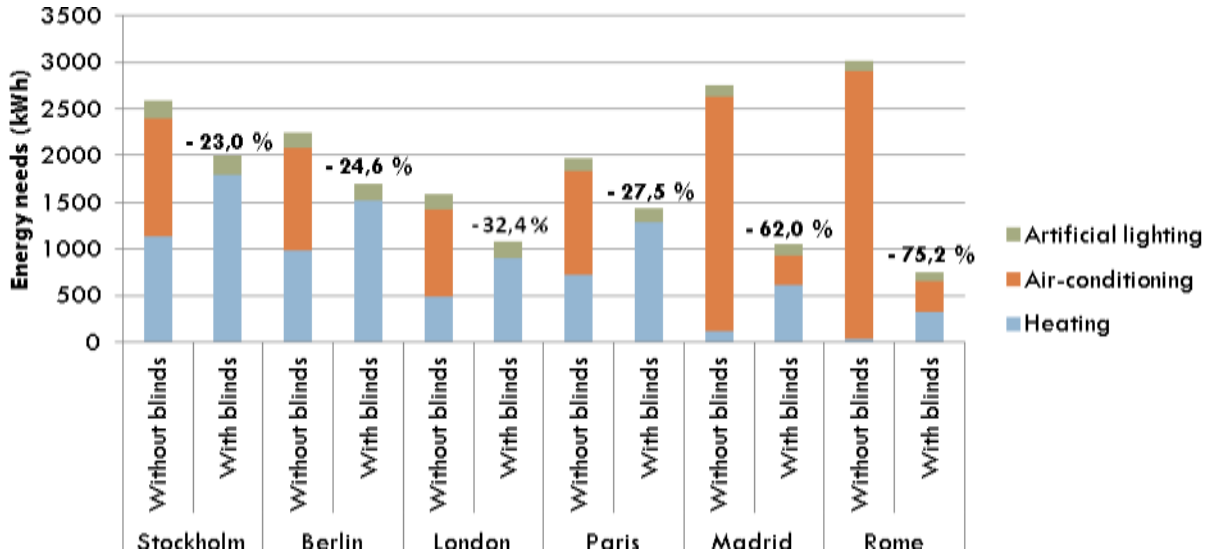
De berekeningen zijn over een heel jaar uitgevoerd met behulp van dynamische simulatiesoftware met een tijdsinterval van vijf minuten. Deze simulaties zijn uitgevoerd en de bijbehorende resultaten zijn opgenomen in een database. De selectie van de gebruiker is direct ontnomen uit deze database. Hiermee is het mogelijk een schatting te maken van de impact van diverse parameters en de gebruiker te helpen een optimale technische oplossing te kiezen.

IV.1.2. Impact van de locatie

Afbeelding 17 – Energiebehoefte OP basis van Textinergie® voor verschillende Europese steden

17 hieronder toont de energiebehoefte voor verwarming, airconditioning en verlichting voor een kantoorruimte van 20 m² in verschillende Europese steden. De kantoorruimte is voorzien van helder dubbel glas (glas conform EN 14501) en is gericht op het zuiden. Het glazen oppervlak maakt 80% van de gevel uit.

Het zonnescherm is buiten geïnstalleerd en de kleur is ‘donker neutraal’.



AFBEELDING 17 – ENERGIEBEHOEFTE OP BASIS VAN TEXTINERGIE® VOOR VERSCHILLENDE EUROPESE STEDEN

Het gebruik van een buitenzonnescherm leidt in alle gevallen stelselmatig tot grote energiebesparingen.

Het blijkt dat de verwarmingsbehoefte groter is wanneer het zonnescherm is geïnstalleerd. Dit heeft te maken met het feit dat er minder vrije zonne-energie de kamer binnenkomt als het zonnescherm is neergelaten.

Het werkingsprincipe van het zonnescherm is gebaseerd op het visuele comfort van de bewoner: het zonnescherm rolt automatisch omlaag als het natuurlijke licht dat een op een tafel geplaatste sensor raakt, 500 lux (in de zomer) of 900 lux (in de winter) bedraagt. Het kan dan ook gebeuren dat een zonwering wordt neergelaten tijdens zonnige dagen in de winter, waardoor de gratis verwarming van de kamer wordt beperkt.

Het werkingsprincipe veronderstelt eveneens dat kunstverlichting uitsluitend wordt geactiveerd als het zonweringsysteem volledig is neergelaten en het niveau aan daglicht ontoereikend is. De aanwezigheid van het zonnescherm heeft zodoende geen invloed op de behoefte aan kunstverlichting.

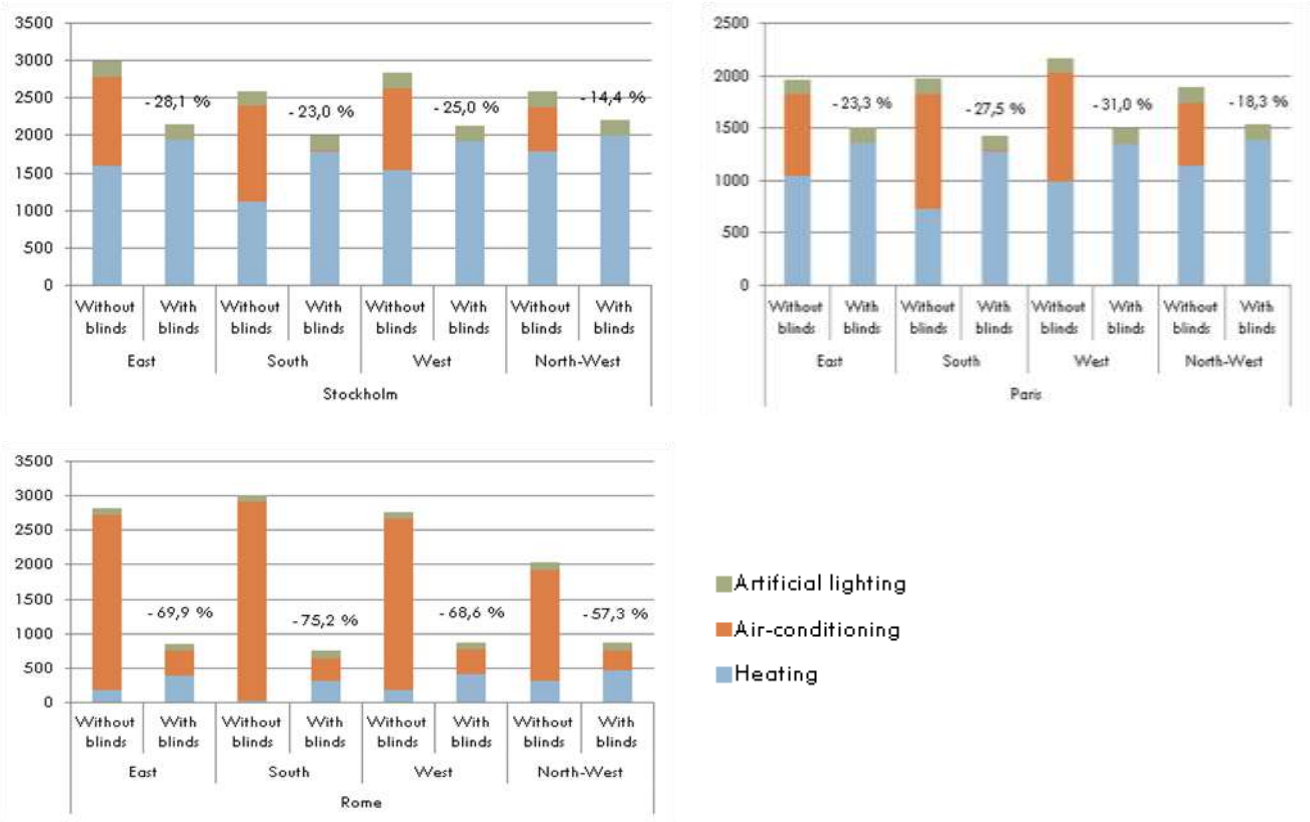
Aangezien de energiebehoefte van de airconditioning echter aanmerkelijk is, zijn de totale resultaten nog steeds zeer positief en leiden deze tot grote energiebesparingen.

IV.1.3. Invloed van de oriëntatie

Afbeelding 18 hieronder laat de invloed van de kantooroориëntatie voor drie Europese steden zien: Stockholm, Parijs en Rome.

Zoals verwacht zijn de resultaten optimaal voor de op het oosten, westen en zuiden gerichte gevels. De oriëntatie waarbij het percentage energiebesparing is gemaximaliseerd verschilt echter per stad: in Stockholm is dat de oostgevel (-28,1%), in Parijs de westgevel (-31%) en in Rome de zuidgevel (-75,2%).

Hoewel de resultaten minder zijn, resulteert het gebruik van zonneschermen bij noordwest georiënteerde gevels nog steeds in energiebesparing in elk van de drie steden.



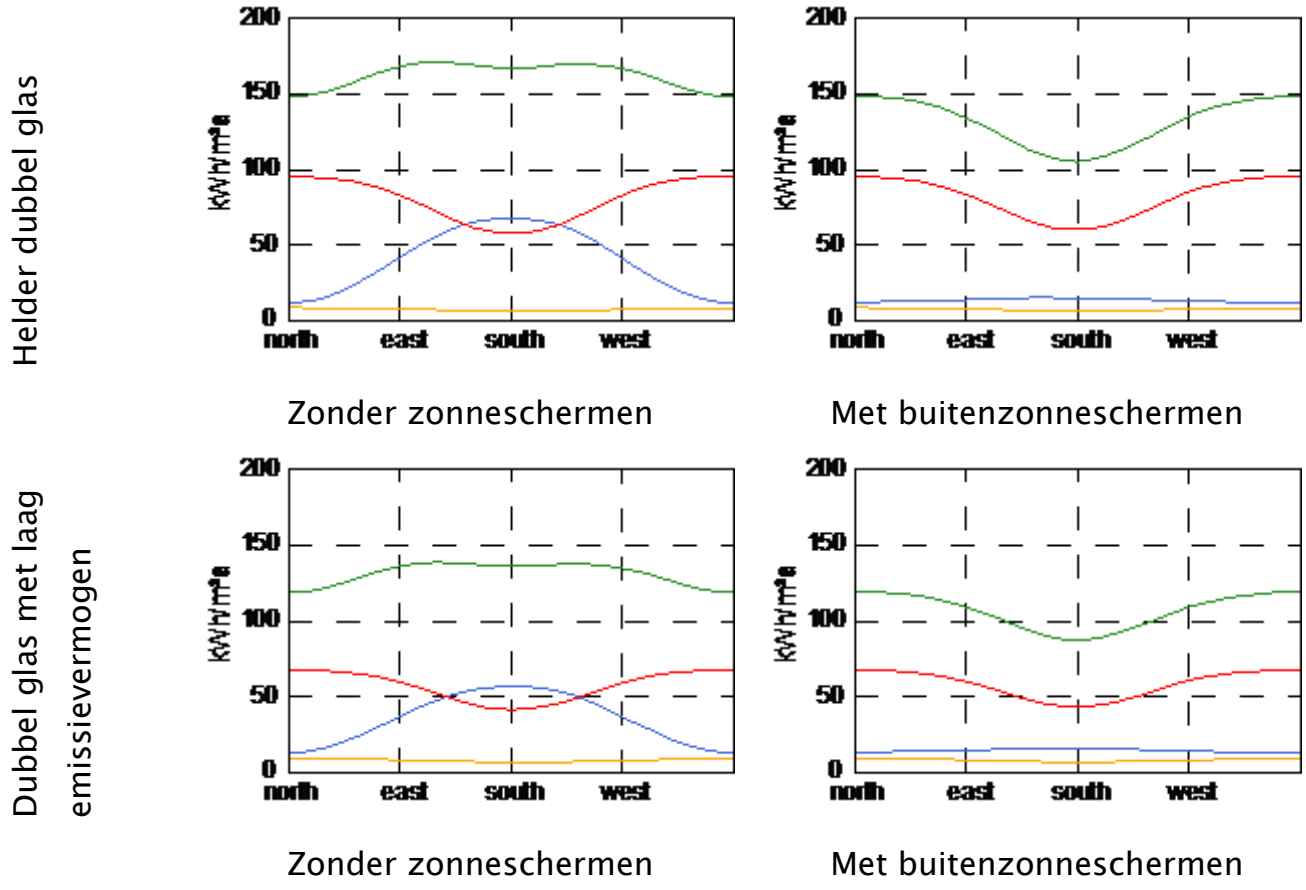
AFBEELDING 18 – ENERGIEBEHOEFTE OP BASIS VAN TEXTINERGIE® VOOR VERSCHILLENDE ORIËNTATIE IN DRIE EUROPESE STEDEN

IV.2.Het ES-SO- & REHVA-handboek

In 2010 hebben ES-SO en REHVA (Federation of European Heating, Ventilation and Air-conditioning Associations) gezamenlijk een handboek gepubliceerd over zonwering[1]. Dit handboek bevat verwijzingen naar berekeningen van energiebehoefte die zijn uitgevoerd op een modelkantoor in drie Europese steden (slechts twee hiervan worden hier weergegeven). De software EnergyPlus™ is gebruikt voor de berekeningen. De details van de parameters die zijn gebruikt voor de berekeningen zijn beschikbaar in het ES-SO- & REHVA-handboek.

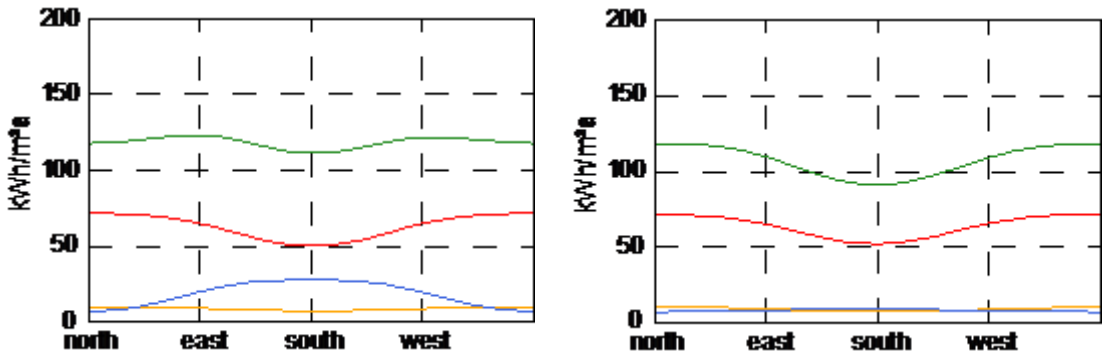
IV.2.1. Stockholm

Afbeelding 19 toont de jaarlijkse energiebehoefte voor verschillende oriëntaties voor het modelkantoor in Stockholm.



[1] "Solar Shading, how to integrate solar shading in sustainable buildings"

Zonwerend glas



Zonder zonneschermen Met buitenzonneschermen

De rode lijn staat voor de warmte die in de kamer wordt afgegeven door het verwarmingssysteem, de blauwe lijn voor de warmte die door het HVAC-systeem uit de kamer wordt verwijderd. De gele lijn staat voor de elektrische energie die nodig is voor de verlichting. De groene lijn staat voor de totale primaire energie voor verwarming, koeling en verlichting (zie het ES-SO/REHVA-handboek voor de gedetailleerde berekeningsmethode).

AFBEELDING 19 – JAARLIJKSE ENERGIEBALANS VOOR HET MODELKANTOOR IN STOCKHOLM

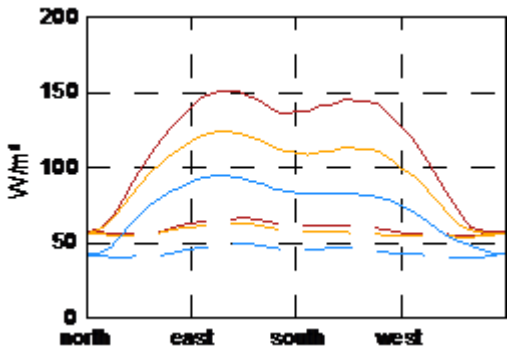
Het is duidelijk dat de energiebehoefte overwegend wordt bepaald door de verwarming. Bij zuidelijke oriëntaties is de verwarmingsenergie aanzienlijk lager voor alle soorten glas dan voor noordelijke oriëntaties, als gevolg van passieve zonneverwarming in de winter. In de zomer is er aanzienlijke verwarming door zonlicht bij zuidelijke oriëntaties. Dit resulteert in een significante energiebehoefte voor koeling. Dit effect is duidelijk sterker bij glas met hogere g-waarden.

De situatie verandert evident als het buitenzonnescherm is geïnstalleerd, zoals blijkt uit de rechterkolom van afbeelding 19.

De jaarlijkse energiebehoefte voor koeling wordt aanzienlijk verminderd met ruim 70% bij zuidelijke oriëntaties. Zonwering resulteert in lichte toenames in de energiebehoefte voor verwarming en verlichting. Dit is het gevolg van het feit dat de zonwering zonne-energie onderschept die bijgedragen zou hebben aan daglicht en passieve zonneverwarming. Het blijkt dat de primaire energiebehoefte absoluut gezien het laagst is voor glas met laag emissievermogen in combinatie met zonwering.

Afbeelding 20 laat de koudebehoefte zien als functie van raamoriëntatie voor drie verschillende soorten glas. De doorgetrokken lijnen staan voor de situatie zonder zonwering, de gestippelde lijnen staan voor de koudebehoefte met zonwering.

Rood staat voor dubbel glas, oranje voor glas met een laag emissievermogen en blauw voor zonwerend glas.



AFBEELDING 20 – KOUDEBEHOEFTE ALS FUNCTIE VAN DE GEVELORIËNTATIE

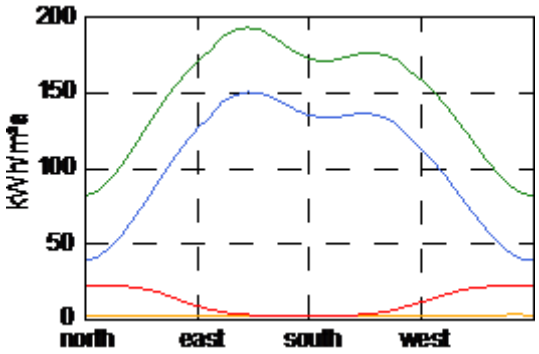
IV.2.2. Madrid

Afbeelding 21 toont de energiebehoefte als functie van de oriëntatie van het kantoor in Madrid. In dit geval wordt de energiebehoefte duidelijk overwegend bepaald door koeling. Bij zuidelijke oriëntaties is verwarming vrijwel verwaarloosbaar, als gevolg van passieve zonneverwarming in de winter. In de zomer is er aanzienlijke verwarming door zonlicht bij zuidelijke oriëntaties. Dit resulteert in een aanmerkelijke energiebehoefte voor koeling.

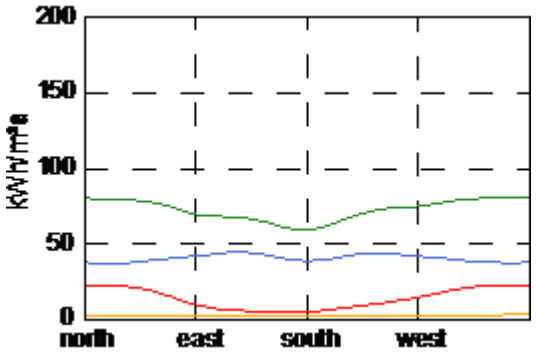
Zonwering zorgt voor substantiële vermindering van primaire energiebehoefte voor niet-noordelijke oriëntaties. In dit geval wordt de laagste primaire energiebehoefte bereikt met een combinatie van zonwerend glas en een buitenzonnescherm.

De combinatie van zonwerend glas met zonwering is een enigszins ongebruikelijke keuze. In de regel wordt zonwerend glas beschouwd als alternatief voor buitenzonwering. In dit geval is de primaire energiebehoefte voor een kantoor dat is voorzien van zonwerend glas en zonwering ongeveer 30% lager dan voor hetzelfde kantoor voorzien van uitsluitend zonwerend glas.

Helder dubbel glas

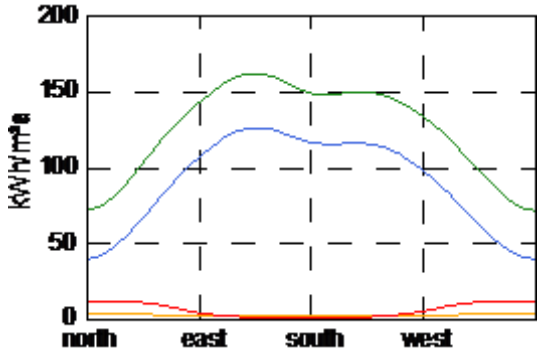


Zonder zonneschermen

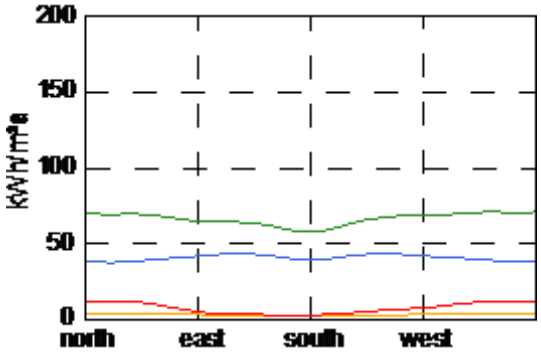


Met buitenzonneschermen

Dubbel glas met laag emissievermogen

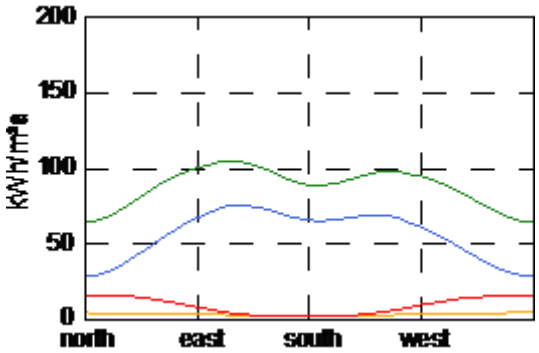


Zonder zonneschermen

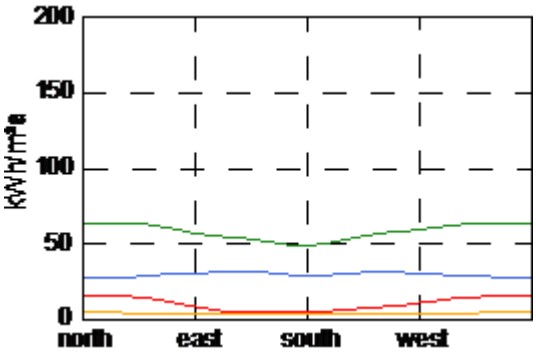


Met buitenzonneschermen

Zonwerend glas



Zonder zonneschermen



Met buitenzonneschermen

De rode lijn staat voor de warmte die in de kamer wordt afgegeven door het verwarmingssysteem, de blauwe lijn voor de warmte die door het HVAC-systeem uit de kamer wordt verwijderd. De gele lijn staat voor de elektrische energie die nodig is voor de verlichting. De groene lijn staat voor de totale primaire energie voor verwarming, koeling en verlichting (zie het ES-SO/REHVA-handboek voor de gedetailleerde berekeningsmethode).

AFBEELDING 21 – JAARLIJKSE ENERGIEBALANS VOOR HET MODELKANTOOR IN MADRID

V. HOE ZONNESCHERMEN EN LUIKEN HET VISUELE EN THERMISCHE COMFORT VAN EEN GEBOUW VERBETEREN

Het vorige hoofdstuk behandelde de invloed van zonwering op de energiebehoefte van gekoelde kantoorruimtes. Deze producten spelen echter ook een grote rol in het interne thermische en visuele comfort van de gebruikers van een gebouw. Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van onderzoeken met betrekking tot deze belangrijke overweging in bouwontwerp.

V.1. Invloed van (rol)luiken op zomercomfort

In 2010 is een onderzoek uitgevoerd door het Ingenieursbureau TBC voor de Franse vereniging van producenten van zonneschermen en luiken (SNFPSA).

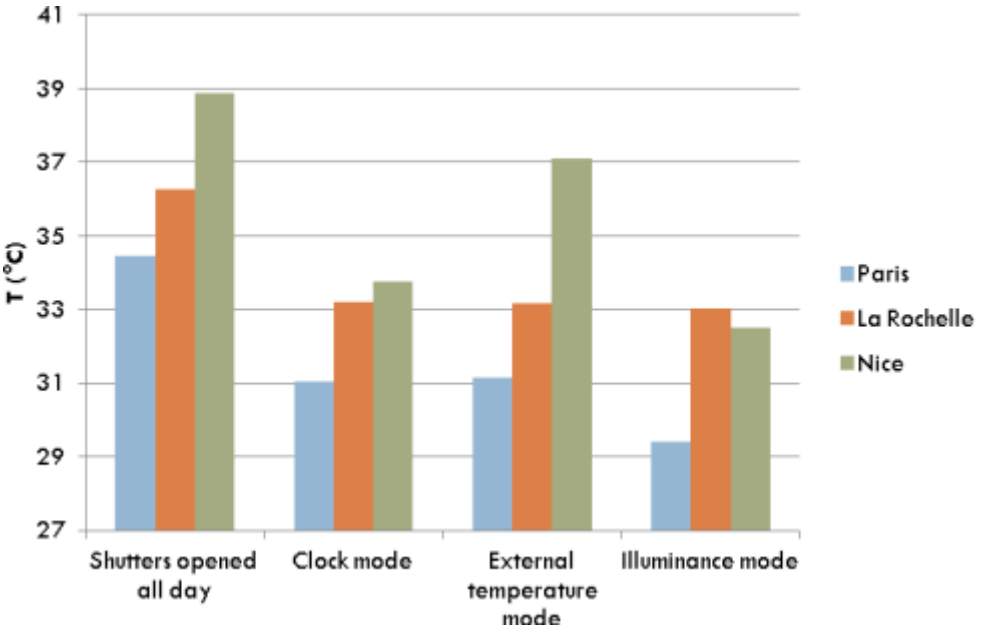
Conform de resultaten van thermische simulaties die zijn uitgevoerd met de rekensoftware Comfie+Pleïade[2] in een typische woning voor drie locaties in Frankrijk, wordt de maximumtemperatuur door het gebruik van rolluiken in warme omstandigheden met 6°C verlaagd.

Afbeelding 22 toont de maximumtemperatuur die in de woning wordt bereikt voor rolluiken met verschillende bedrijfsmodi:

- De modus ‘tijdklok’: de rolluiken zijn van 8.00 tot 18.00 uur neergelaten. De modus ‘buitentemperatuur’: de rolluiken zijn 50% neergelaten als de buitentemperatuur hoger is dan 23°C en volledig neergelaten als de buitentemperatuur hoger is dan 26°C,

[2] Pleiades + Comfie maakten gebruik van het rekensysteem Comfie, ontwikkeld door het Centre Énergétique et Procédés van het onderwijsinstituut “Mines ParisTech”.

De modus 'lichtniveau': de rolluiken zijn volledig neergelaten als de invallende lichtsterkte hoger is dan 10.000



lux

AFBEELDING 22 – MAXIMUMTEMPERATUUR VOOR VERSCHILLENDE BEDRIJFSMODI VAN ROLLUIKEN

De gedetailleerde resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel 9

TABEL 9 – MAXIMUMTEMPERATUUR VOOR VERSCHILLENDE BEDRIJFSMODI VAN ROLLUIKEN

	Paris	La Rochelle	Nice
Luiken de hele dag geopend	**34,46°C**	**36,26°C**	**38,89°C**
Tijdklokmodus	-3,41°C	-3,04°C	-5,13°C
Buitentemperatuurmodus	-3,31°C	-3,10°C	-1,78°C
Lichtniveaumodus	-5,05°C	-3,23°C	-6,37°C

Het gebruik van rolluiken op warme dagen verlaagt de maximumtemperatuur in alle gevallen.

De bedrijfsmodus 'lichtniveau' biedt het beste compromis, aangezien deze het efficiëntst is ten aanzien van de beperking van oververhitting en de gebruikers tegelijkertijd laat profiteren van het daglicht als de invallende lichtsterkte lager is dan 10.000 lux of als de gevel niet is blootgesteld.

De periode van discomfort wordt gedefinieerd als de tijd waarin de binnentemperatuur lager is dan 16°C of hoger dan 27°C. Het is dan mogelijk een percentage discomfort te definiëren, uitgedrukt in de verhouding tussen het aantal uren dat het huis wordt gebruikt en de temperatuur lager is dan 16°C of hoger dan 27°C en het totale aantal uren aanwezigheid van de gebruikers.

De bedrijfsmodus 'lichtniveau' biedt het beste compromis, aangezien deze het efficiëntst is ten aanzien van de beperking van oververhitting en de gebruikers tegelijkertijd laat profiteren van het daglicht als de invallende lichtsterkte lager is dan 10.000 lux of als de gevel niet is blootgesteld.

Tabel 10 laat de resultaten zien van de berekening van het percentage discomfort voor drie locaties en bedrijfsmodi. In de praktijk blijkt dat aangezien de verwarming bij 19°C wordt geactiveerd, deze waarden alleen de periode in acht nemen waarin de temperatuur hoger is dan 27°C.

TABEL 10 – PERCENTAGE VAN DISCOMFORT VOOR VERSCHILLENDE BEDRIJFSMODI VAN ROLLUIKEN

	Parijs	La Rochelle	Nice
Luiken de hele dag geopend	**19,6 %**	**23,6 %**	**39,1 %**
Tijdklokmodus	4,1 % (– 15,5 %)	6,9 % (– 16,7 %)	30,4 % (– 8,7 %)
Buitentemperatuurmodus	14,9 % (– 4,7 %)	18,1 % (– 5,5 %)	39,0 % (– 0,1 %)
Lichtniveau modus	4,3 % (–15,3 %)	5,8 % (– 17,8 %)	27,6 % (– 11,5 %)

De modus 'lichtniveau' is de beste optie om het percentage discomfort te verlagen (tussen 11% en 18% afhankelijk van de klimaatzone). De modus 'tijdklok' levert soortgelijke resultaten, maar ook hier geldt dat het beschikbare daglichtniveau niet in aanmerking wordt genomen, wat als oncomfortabel beschouwd zou kunnen worden voor de gebruikers van het gebouw.

De modus buitentemperatuur is het minst effectief, met name in Nice waar geen enkel voordeel wordt behaald. Opgemerkt moet worden dat het gebied rond Nice het warmste is in Frankrijk en dat aanvullende voorzieningen (zoals thermische traagheid van het gebouw) moeten worden getroffen om een redelijk comfortniveau te bereiken.

V.2. Invloed van zonwering op visueel comfort

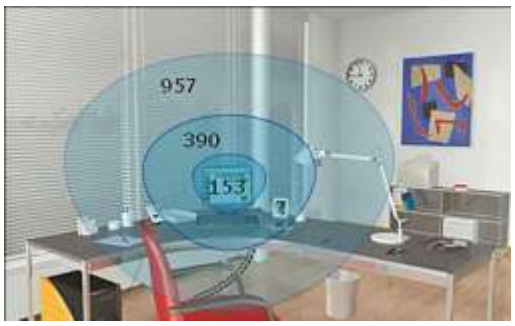
Visueel comfort is gebaseerd op persoonlijke perceptie en verschilt dan ook van persoon tot persoon. Het is subjectief. Desondanks lijdt het geen twijfel dat daglicht doorgaans wordt geprefereerd boven kunstlicht als primaire lichtbron.

Toch kunnen zich ook in een natuurlijk verlicht kantoor situaties voordoen die discomfort veroorzaken. Het kan gebeuren dat het licht te fel is of de contrasten te groot. Om de voordelen van daglicht optimaal te benutten, dient daglicht beheerst te worden.

Verblinding wordt meestal veroorzaakt doordat direct zonlicht op voorwerpen in het kantoor valt of hoge buitenlichtsterkte binnen het gezichtsveld. Verblinding kan ook optreden bij het gebruik van een computerscherm: de lichtsterkte van de reflectie van de omgeving kan hoger zijn dan de lichtsterkte van het computerscherm.

Afbeelding 23 toont de lichtsterkte in een kantoor als de zonwering wel of niet is neergelaten. Het blijkt dat zonwering de lichtsterktepercentages aanzienlijk verlaagt. Dit voorkomt het ontstaan van een belangrijk verschil van lichtsterkte tussen het computerscherm en de omgeving, wat zou leiden tot visueel discomfort.

Zonder zonwering



Met zonwering

AFBEELDING 23 – LICHTSTERKTENIVEAU MET EN ZONDER ZONWERING IN EEN KANTOOR (FOTO'S SOMFY)

Het ES-SO- & REHVA-handboek dat in 2010 is gepubliceerd (zie IV.2) geeft een samenvatting van wetenschappelijk onderzoek dat de invloed aantoont van het gebruik van daglicht op factoren die gerelateerd zijn aan de productiviteit van personeel en studenten:

- Door het gebruik van daglicht zonder verblinding te maximaliseren en door het bieden van daglichtbeheersing, werd aan de Carnegie Mellon University een gemiddeld productiviteitsvoordeel behaald van 3,75%. [CMU 2004]
- Gemiddeld zijn de belangrijkste gezondheidsklachten 20% tot 25% lager bij gebruikers van een gebouw die dichtbij een raam zitten, vergeleken met degenen die binnenin het gebouw werken zonder uitzicht en daglicht. [Hart 1999, Hart 1994]
- Nabijheid van ramen en daglicht had tot gevolg dat de absentie met 15% afnam. [Thay 1995]
- Directe zondoordringing in klaslokalen, met name via ramen op het oosten of zuiden zonder zonwering, wordt in verband gebracht met negatieve leerprestaties. [Hesh 2003b]
- Studenten met voldoende natuurlijk daglicht in hun klaslokaal waren over een heel jaar gemeten 20% sneller in wiskundetests en 26% in leestests. [Hesh 1999]

Uit bovenstaand kan worden geconcludeerd dat natuurlijk daglicht een significante en positieve invloed heeft op de gezondheid, het welzijn en de productiviteit van de gebruikers van een gebouw. Daglichtbeheersing is echter noodzakelijk om de voorwaarden voor goed visueel comfort te allen tijde te waarborgen.

Bibliografie

(1) Europese normen

EN 14501 "Blinds and shutters - Thermal and visual comfort - Performance characteristics and classification" ("Zonneschermen en luiken - Thermisch en visueel comfort - Prestatiekenmerken en classificatie")

EN 14500 "*Blinds and shutters - Thermal and visual comfort - Test and calculation methods*" ("*Zonneschermen en luiken - Thermisch en visueel comfort - Beproevings- en berekeningsmethoden*")

EN 13125 "Shutters and blinds - Additional thermal resistance - Allocation of a class of air permeability to a product" ("Zonneschermen en luiken - Aanvullende thermische weerstand - Toewijzing van een luchtdoorlatendheidsklasse aan een product")

EN 13363-1 "Solar protection devices combined with glazing - Calculation of solar and light transmittance - Simplified method" (Zonwerende voorzieningen gecombineerd met beglazing - Berekening van zon- en lichtdoorlatendheid - Vereenvoudigde methode")

EN 13363-2 "Solar protection devices combined with glazing - Calculation of solar and light transmittance - Simplified method" (Zonwerende voorzieningen gecombineerd met beglazing - Berekening van zon- en lichtdoorlatendheid - Gedetailleerde berekeningsmethode")

EN ISO 10077-1 "Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - General" ("Thermische eigenschappen van ramen, deuren en luiken - Berekening van de warmtedoorgangscoëfficient - Algemeen")

EN 410 "Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing" ("Glas voor gebouwen - Bepaling van de licht- en zon-toetredingeigenschappen van glas")

(2) Handboeken

"Guide de la Fermeture et de la Protection Solaire», 2010, uitgegeven door SEBPTP en Metal'Services

"Solar Shading, how to integrate solar shading in sustainable buildings", 2010, uitgegeven door REHVA, 40 rue de Washington, 1050 BRUSSELS, BELGIË; info@rehva.eu

(3) Onderzoek

"Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment selon des critères physiques, écologiques et économiques, pour un meilleur confort visuel et thermique", Magali Bodart, UCL, Avril 2002.

Analyse de l'apport énergétique du volet roulant, TBC & SNFPSA, maart 2010

[CMU 2004] Guidelines for High Performance Buildings 2004
http://cbpd.arc.cmu.edu/ebids/images/group/cases/Daylighting.pdf

[Hart 1994] Hartkopf, V., V. Loftness, S. Duckworth, S. Lee, P. Drake, J. Posner, en G. Rainer. The Intelligent Workplace Retrofit initiative: DOE Building Studies. Geproduceerd in opdracht van het Amerikaanse Ministerie van Energie, december 1994.

[Hart 1999] Hartkopf, V., Loftness, V. Global relevance of total building performance, Automation in Construction 8, (1999) pp. 377-393.

[Hesh 1999] Heschong, Mahone, Daylighting in Schools: An investigation into the relationship between daylighting and human performance, 1999.

[Hesh 2003b] Heschong, L., Windows and Classrooms: A Study of Student Performance and the Indoor Environment. Rapport opgesteld voor de California Energy Commission, 2003.

[Thay 1995] Thayer, Burke Miller, Daylighting & Productivity at Lockheed, Solar Today, deel 9, 1995.

(4) Informatieve links

ES-SO-website: www.es-so.com

Tool Textinergie: www.textinergie.org

Software Win-Shelter: www.pit.enea.it

De 'Energy Performance of Buildings Directive' ('EPBD') en in het bijzonder de vernieuwde versie van 2010 vereist dat alle nieuwbouw in 2020 voldoet aan de eis 'nearly zero-energy'. Dit doel kan alleen worden bereikt door optimalisatie van de bouwschil. [1b]

Binnen de bouwschil speelt het glasoppervlak een belangrijke rol, aangezien deze licht en warmte doorlaat in het gebouw. Licht- en warmteniveaus variëren echter door het hele jaar heen. Zij moeten ten eerste worden beheerst om het doel van 'nearly zero-energy' te bereiken en ten tweede om het comfort van de bewoners van het gebouw te garanderen. Zonwering – dit omvat een enorm aanbod aan producten en bedieningssystemen – is ontworpen om aan deze behoeften te voldoen, aangezien het de eigenschappen van de glazen bouwschil aan de weersomstandigheden en behoeften van de mensen aanpast.

Om die reden kan zonwering niet worden beschouwd als een secundaire voorziening van de glazen bouwschil maar moet het worden geïntegreerd in het bouwontwerp in het allereerste stadium van de ontwikkeling van het project. Op deze manier kan de prestatie-impact van de bouwontwikkeling worden beoordeeld en de verwarmings- en koelinrichtingen overeenkomstig worden gespecificeerd. Het visuele en thermische comfort van de gebruikers van een gebouw kan ook ruim van tevoren worden bepaald om te voorkomen dat eventuele aanpassingen van de bouwgevel of het binnenmilieu na de inbedrijfstelling moeten worden uitgevoerd.

Dit handboek is bedoeld om de technische informatie te verschaffen die nodig is om de prestatie van zonwering te beoordelen. Het bevat de basisbeginselen die vereist zijn om inzicht te krijgen in de fysieke eigenschappen die een rol spelen in de doorlatendheid van straling. Daarnaast wordt aandacht besteed aan de gestandaardiseerde berekeningsmethoden die worden gebruikt om de thermische en visuele kenmerken van zonneschermen en luiken te beoordelen. Tot slot biedt het handboek op basis van technisch onderzoek een overzicht van de impact van zonwering op het energieverbruik van gebouwen en het comfort van de gebruikers.

Hoewel dit handboek is bedoeld voor producenten en installateurs van zonwering, kan het ook nuttig zijn voor bouwontwerpers en energie-ingenieurs.

ES-SO vzw
Naessenslaan 9
B-1860 Meise, België
E-mail: info@es-so.com