Hoe zonwering uw comfort kan verhogen en u kan helpen energie te besparen

VEROZO

Inhoud

[3] **Editoriaal**

[4] **0. Hoe zonwering uw comfort kan verhogen en u kan helpen energie te besparen**

[6] **1. Zonwering en thermisch comfort**

- [7] Energiebalans van een ruimte
- [8] Airconditioning in de woningbouw
- [8] Airconditioning in kantoorgebouwen
- [8] Ontwerpcriteria voor zomercomfort
- [9] Hoeveel energie de zon geeft en wat ermee gebeurt: het broeikaseffect
- [10] Broeikasgassen en het gat in de ozonlaag
- [11] Ter herinnering: enkele elementen van bouwfysica
  - [12] De U-waarde
  - [12] De ZTA of de g-waarde, maatstaf voor de efficiëntie van een zonwering
  - [13] De LTA factor

[14] **2. Zonwering en visueel comfort**

- [15] Hoeveel licht hebben we nodig?
- [16] Daglicht en kunstlicht
- [17] Verlichting en zomercomfort
- [18] Daglichtsimulatie

[20] **3. Typologie en eigenschappen van zonweringsystemen**

- [21] Typologie van zonweringsystemen
- [21] Meten van de efficiëntie: productgegevens en systeemgegevens
  - [22] Productgegevens voor beglazing
  - [22] Productgegevens voor zonweringdoeken

[24] **4. Meetmethodes en hun resultaten**

- [25] De laboratoriumopstelling
- [26] De onbewoonde woning
  - [27] Metingen met en zonder zonwering
  - [28] Besluiten
- [28] Het kantoorgebouw WTCB-B
  - [28] Het aanbrengen van buitenzonwering
    - [29] Meetresultaten
    - [30] Het effect van het type buitenzonwering
    - [31] Het effect van beschaduwing
    - [31] Zonwering en daglicht
  - [32] De andere maatregelen
  - [32] Effect van zonwering op het energieverbruik van het gebouw

[33] **5. Conclusies**

- [34] glossarium van begrippen en eenheden en andere moeilijke woorden
- [35] nota's

ref.: VN01a-0102-e | ver. uitg.: D. Dolmans, Dijkstraat 26, 9160 Lokeren
Auteursrechtelijk beschermd. Alle rechten voorbehouden. Reproductie, vertaling en adaptatie, zelfs gedeeltelijk, verboden.©

Editoriaal

De aandacht voor energiegebruik in gebouwen is een relatief recent fenomeen maar ondertussen toch al een kwarteeuw actueel. Het is sinds de eerste oliecrisis in 1973 dat men zich bewust is geworden van de noodzaak om zuinig om te springen met energie. In de beginjaren ging de aandacht vooral naar de isolatie en de verwarmingsketels. In de jaren '80 is er dan een toenemende aandacht gekomen voor passieve zonne-energie, waarbij beoogd wordt om zoveel mogelijk (gratis) zonnewinsten tijdens het stookseizoen te gebruiken. De wetgeving in het Waals Gewest is hiervan een duidelijk voorbeeld.

Het laatste decennium heeft men vastgesteld dat de problematiek van energiezuinig bouwen beduidend complexer is dan goed isoleren en het binnenhalen van gratis zonnewinsten : thermisch comfort in zomervoorwaarden, visueel comfort (o.a. omwille van het toenemend gebruik van computerschermen), een goede luchtkwaliteit en akoestisch comfort vereisen een bijzondere aandacht, zeker wanneer men dit wil combineren met een laag energieverbruik voor verwarming, koeling en verlichting. De in voorbereiding zijnde Energie Prestatie Regelgeving voor het Vlaams Gewest schenkt aandacht aan deze problematiek.

Eén van de grote uitdagingen is derhalve een goede beheersing van de zon- en lichttoetreding. Teneinde dit in de dagdagelijkse praktijk te kunnen realiseren is er enerzijds behoefte aan een goed inzicht in de (complexe) problematiek en anderzijds aan performante bouwtechnieken. Systemen voor zon- en lichtbeheersing zijn daarbij zonder enige twijfel erg belangrijk.

In het kader van diverse projecten, waaronder VLIET Oververhitting, is getracht om een beter inzicht te bekomen in enerzijds de diverse aspecten rond thermisch en visueel comfort in gebouwen en anderzijds het energieverbruik in zomervoorwaarden.

Uit de diverse studies blijkt overduidelijk dat het beheersen en optimaal benutten van de zon- en lichttoetreding in gebouwen één van de grote uitdagingen is:

- Voor de ontwerpers betekent dit dat men diverse bouwfysische en comfortaspecten moet combineren met aspecten als architectuur, functionaliteit, kostprijs.
- Voor verschillende industriële sectoren betekent dit dat het kennisdomein dient verruimd te worden van materiaal- en systeemleveranciers tot ontwerpadviseurs.
- Voor de normalisatie en wetgeving betekent dit dat er behoefte is aan meer verfijnde evaluatiemethodes.

Sinds enkele jaren tracht VEROZO op een structurele wijze de kennis en kwaliteit van de sector te verbeteren. We denken dat een dergelijke aanpak zeer nuttig is en een voorbeeld kan zijn voor tal van andere sectoren die met vergelijkbare uitdagingen worden geconfronteerd.

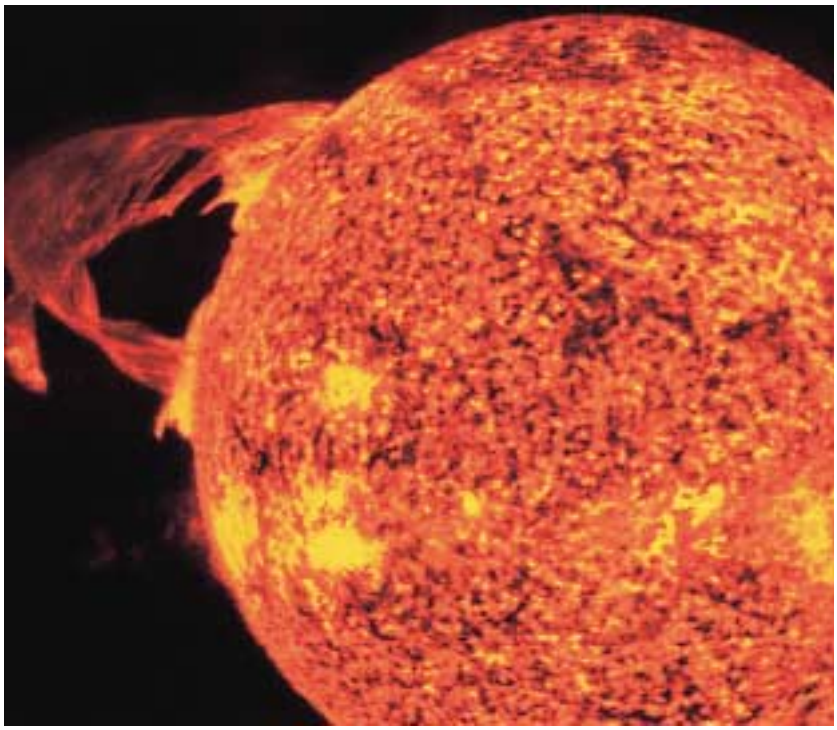
Dr. Ir. Peter Wouters
WTCB – Departementshoofd Bouwfysica, Binnenklimaat en Uitrustingen
november 2001

0 Hoe zonwering uw comfort kan verhogen en u kan helpen energie te besparen

Het staat vast dat veel gebouwen in de zomer niet comfortabel zijn. In kantoorgebouwen resulteert dat onder meer in verminderde arbeidsprestaties of een verhoogd energieverbruik door luchtconditionering. Dat is vaak een onnodige extra kostenfactor. Een aangepaste woon- en werkomgeving betekent een goed thermisch comfort (warm genoeg in de winter, niet te warm in de zomer), een goed visueel comfort (niet te veel licht, geen weerkaatsingen, uitkijk naar buiten), verse en gezonde lucht en niet te veel lawaai. En dat alles zonder te veel energieverbruik. Dat is een moeilijke opdracht die veel vergt van het bouwkundig ontwerp.

Wetenschappelijke studie toont duidelijk aan dat zonwering efficiënt en onmisbaar is | De problematiek van het thermisch comfort was het onderwerp van een VLIET-project[1], uitgevoerd van 1995 tot 1997 en getiteld *"Oververhitting van gebouwen in zomervoorwaarden"*. Deze studie werd uitgevoerd door het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), afdeling Bouwfysica en Binnenklimaat, in samenwerking met de Université Catholique de Louvain (UCL), de Université de Liège (ULg) en de Hogeschool Wetenschap en Kunst (WenK, St. Lucas Gent), en genoot via het VLIET programma de steun van de Minister van Economie van het Vlaams Gewest. VEROZO, de Belgische Beroepsvereniging van Rolluiken- en Zonweringproducenten, is een van de actieve partners geweest in dit project.

De conclusies van deze uitgebreide studie zijn even kort als krachtig: om oververhitting tijdens de zomermaanden te voorkomen, maak doordacht gebruik van zonwering, beperk de interne warmtewinsten, maak gebruik van de thermische massa en ventileer 's nachts. De oorzaken van het probleem zijn eveneens bekend: royaal gebruik van beglazing, teveel interne warmtewinsten, weinig of geen ventilatie en… gebrek aan zonwering. Deze studie bevestigt de ervaring van de zonweringindustrie die haar producten en oplossingen vaak ziet toegepast als een pleister op de wonde, eerder dan als een structureel element van een gebouw en als deel van de speciale technieken. Een goed geplaatste zonwering draagt opmerkelijk bij tot een beter binnenklimaat door enerzijds de binnentemperatuur te beperken en anderzijds het visueel comfort te verbeteren. Door een aanzienlijke vermindering van het energieverbruik van klimaatinstallaties draagt een zonwering bovendien bij tot een rationeler energiegebruik. Vanuit economische termen zijn, naast de vermindering van het energieverbruik, de verbeterde werkomstandigheden en dus een verhoogde productiviteit uiterst belangrijk.



Een gelijkaardig onderzoeksproject dat een paar jaar vroeger door België werd uitgevoerd in het kader van het IEA (Internationaal Energie Agentschap, voor meer info www.iea.org) kwam tot dezelfde duidelijke conclusie: indien zonwering wordt toegepast in een eengezinswoning is het perfect mogelijk een goed thermisch comfort zonder oververhitting te verkrijgen.[2]

Deze brochure bevat onder meer een samenvatting van de meest essentiële elementen van de 400 bladzijden tellende VLIET-studie. In een eerste hoofdstuk zien we hoe het probleem van oververhitting fysisch benaderd wordt op basis van de energiebalans van de ruimte. We geven aan hoe de klachten objectief geanalyseerd kunnen worden en hoe problemen al in de ontwerpfase van het gebouw vermeden kunnen worden. In een tweede hoofdstuk schetsen we dan de interactie tussen zonwering en daglichttoetreding. In het derde hoofdstuk bekijken we de typologie en de eigenschappen van zonweringsystemen, om tenslotte in een vierde hoofdstuk een overzicht te geven van de meetresultaten die het VLIET-project opleverde.

Ons doel is hiermee informatie te verschaffen aan architecten, ingenieurbureaus en andere bouwprofessionals en zo een bijdrage te leveren aan een beter binnenklimaat, door het vroegtijdig en oordeelkundig toepassen van zonwering.

VEROZO – 2001

1 Zonwering en thermisch comfort

Het begrip "comfort" in gebouwen omvat, zo stelt het WTCB, minstens een viertal aspecten: thermisch comfort (warm genoeg in de winter, niet té warm in de zomer), visueel comfort (voldoende licht, aangepast aan de activiteit), ventilatie (verse en gezonde lucht) en akoestiek (geen lawaaihinder). Het VLIET project heeft zich hoofdzakelijk geconcentreerd op het thermisch en visueel comfort, en meer in het bijzonder op het probleem van oververhitting in de zomer.

Het probleem van oververhitting in woningen en kantoren heeft waarschijnlijk altijd bestaan. Alleen is door het toenemend gebruik van grotere glasoppervlakken, de steeds betere isolatiekwaliteit van onze hedendaagse gebouwen en de hogere comforteisen het probleem meer dan vroeger zichtbaar en voelbaar geworden.

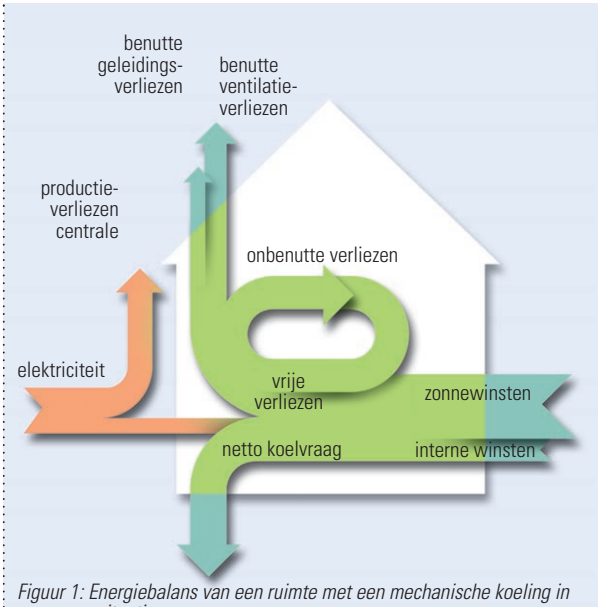
In de jaren 1970 kwam door de energiecrisis de isolatie van gebouwen plotseling sterk onder de aandacht. Maar door het beter isoleren van gebouwen, zonder toepassing van correcte ventilatie en zonder voldoende aandacht voor koudebruggen, ontstonden massaal condensatie- en schimmelproblemen. De luchtdichtheid werd vaak verbeterd, met het doel energie te besparen, maar er werd onvoldoende aandacht besteed aan de luchtkwaliteit. Het comfort kwam dus wel degelijk in het gedrang en het zg. 'sick building syndrome' werd een gespreksthema.

We kunnen spreken van een oververhitting in een gebouw wanneer de gebruikers tijdens een warme zomerse periode klagen over het thermisch comfort. De oorzaak daarvan is te vinden in een samenspel van uiteenlopende elementen:

- Hoge zonnewinsten door het gebruik van grote glasoppervlakken zonder geschikte zonwering.
- Hoge interne warmtewinsten door kunstverlichting, apparatuur en gebruikers van het gebouw.
- Een onaangepaste ventilatiestrategie.
- Onvoldoende thermische massa, dus niet genoeg zware, isolerende muren, daken of vloeren.

Energiebalans van een ruimte | De temperatuur in een ruimte wordt algemeen bepaald door een samenspel van verschillende energiestromen. In een zomersituatie zorgen zonnewinsten en interne warmtewinsten door verlichting, elektrische apparatuur en de aanwezigheid van personen voor een energietoevoer. Daarnaast wordt energie afgevoerd via spontane, natuurlijke ventilatie door ramen en deuren en door warmteverliezen via de wanden (de zg. "gebouwschil"). Is er geen mechanische koeling aanwezig dan stelt de binnentemperatuur zich vrij in als evenwicht tussen de warmtewinsten en de verliezen. Is er wel een mechanische koeling aanwezig dan levert deze de vereiste energie om een ingestelde binnentemperatuur te bereiken.

Mechanische koeling — zeg maar airconditioning — kan in ons klimaat meestal vermeden worden op voorwaarde dat, enerzijds, de zonnewinsten en de interne warmtewinsten beperkt worden en, anderzijds, de afvoer van overtollige warmte via ventilatie optimaal is en zo nuttig mogelijk gebruikt wordt.



Figuur 1: Energiebalans van een ruimte met een mechanische koeling in een zomersituatie.

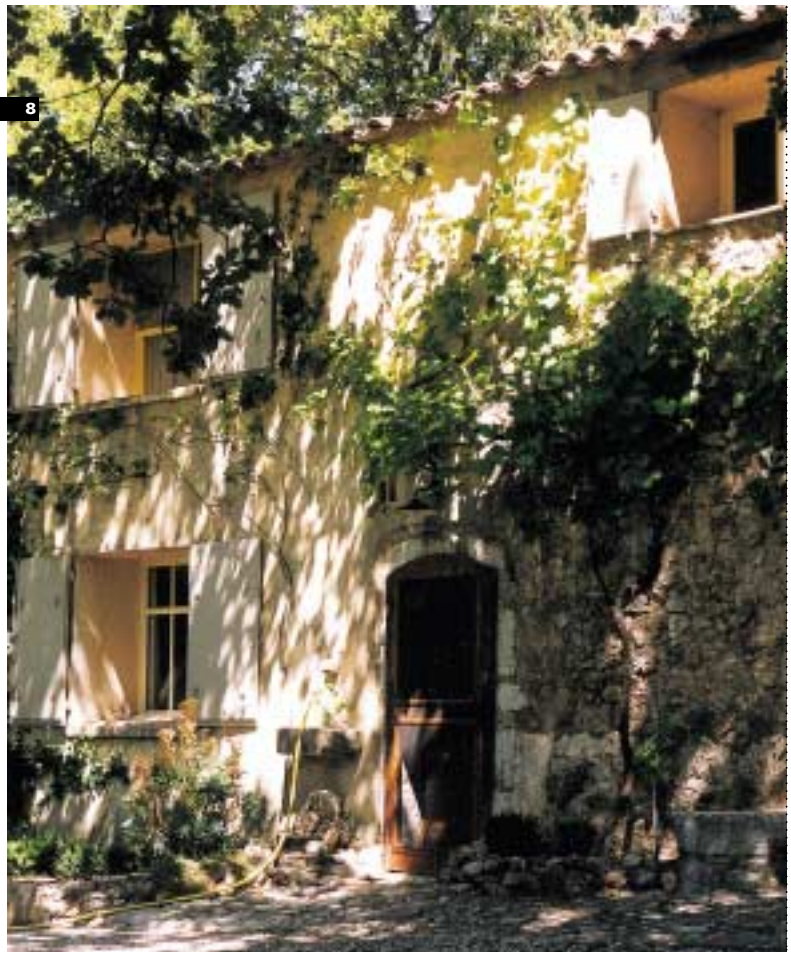
Om een optimaal zomercomfort te realiseren vraagt een aantal ontwerpmaatregelen dan ook de aandacht. Het gaat in feite om een paar vuistregels, die neerkomen op het gebruik van gezond verstand:

- Beperking van de zonnewinsten door het aanbrengen van een **zonwering** op het niveau van de vensters, door een efficiënte oriëntatie en helling van de beglazing, eventueel door externe schaduwbronnen zoals bomen en door structurele elementen van het gebouw.
- Gebruik van **energiezuinige** verlichting en apparatuur.
- Gebruik van de **thermische massa** van het gebouw om een doelmatige bufferwerking te bekomen. Hierbij wordt gedacht aan steenachtige materialen voor de vloeren en het merendeel van de wanden. Bij gebruik van lichte bouwsystemen, bv. houtskeletbouw, is de thermische massa van de buitenwanden meestal zeer klein. Worden lichte bouwsystemen gecombineerd met massieve vloeren en binnenwanden dan verkrijgt men een hogere globale thermische massa.
- Toepassen van **nachtelijke ventilatie**. Door nachtventilatie wordt de massa van het gebouw afgekoeld en daardoor indirect ook de lucht-

temperatuur. In een gebouw zonder massa is de lucht immers snel afgekoeld en vervolgens ook weer snel opgewarmd. Nachtventilatie laat toe om de overdag opgehoopte warmte 's nachts af te voeren.

Airconditioning in de woningbouw | In de woningbouw werd tot in het begin van de jaren '90 vrijwel geen mechanische koeling toegepast. De laatste jaren is er wel een merkbare toename. Zo worden er goedkope verplaatsbare koelgroepen voor woningbouw te koop aangeboden tegen een kostprijs van ongeveer 1000 euro. Door het toenemend aantal problemen van oververhitting en de hogere eisen op het vlak van het binnenklimaat is de kans reëel dat in de nabije toekomst dergelijke toestellen veelvuldig worden aangeschaft. Er worden trouwens regelmatig promotiecampagnes georganiseerd door individuele bedrijven of door de sector van de airconditioning, met paginagrote krantenadvertenties.

Figuur 2: Bouwen met gezond verstand



Men mag dat niet zo maar aannemen. Aan de ene zijde zijn de verbruikskosten van een mechanische koeling hoog: voor een klein toestel van slechts 2 kW, waarmee slechts een deel van de woning kan gekoeld worden, en een gebruiksduur van 60 dagen per jaar gedurende 12 uur per dag, leidt dit tot een meerverbruik van 1.440 kWh/jaar. Dat betekent tegen de huidige tarieven een kostprijs van ongeveer 200 euro/jaar. Maar ook op het vlak van de elektriciteitsvoorziening is de impact niet onbelangrijk. Als na verloop van tijd slechts 10 % van de gezinnen over een dergelijke mobiele koelinstallatie zou beschikken, vertegenwoordigt dit een piekvermogen van ongeveer 800 MW. Dit is de capaciteit van een forse nucleaire centrale.

Daarom is het belangrijk om in de eerste plaats de kwaliteit van de woningbouw te verbeteren waardoor oververhitting kan voorkomen worden. Daarnaast is het nuttig kandidaat bouwers en verbouwers en huidige bewoners van een woning te informeren. Het is duidelijk dat voor specifieke situaties mechanische koeling verantwoord kan zijn, maar het mag zeker niet als een vanzelfsprekende uitrusting worden beschouwd.

Airconditioning in kantoorgebouwen | In België heeft een behoorlijk aantal kleinere kantoorgebouwen te kampen met ernstige problemen van oververhitting. De kans is reëel dat hier vroeg of laat een mechanische koelinstallatie geplaatst wordt. De impact hiervan op het energieverbruik en op de piekvermogens mogen we niet onderschatten. Het is dus meer dan belangrijk dat ook bij kantoorgebouwen in de ontwerpfase bijzondere aandacht wordt geschonken aan deze problematiek. Gelukkig houden ingenieurs- en architectenbureaus steeds meer rekening met het thema oververhitting.

Gebouwbeheerders moeten op een efficiënte wijze geïnformeerd worden en een duidelijk advies kunnen krijgen over mogelijke problemen van oververhitting en hoe deze kunnen worden verholpen. Daarom maken moderne, geavanceerde ingenieurs- en architectenbureaus vanaf de voorontwerpfase gebruik van innoverende simulatieberekeningen.

Ontwerpcriteria voor zomercomfort | Het begrip "comfort" is natuurlijk relatief en persoonsgebonden. In de winter ervaart men een temperatuur van 25° binnenshuis al gauw als te warm, terwijl tijdens de zomermaanden hogere temperaturen als comfortabel worden geaccepteerd en men zich tussen 23° en 26°C best op zijn gemak voelt.

Om voor een specifiek gebouw, met behulp van simulatiebereke-

ningen, de invloed van verschillende ontwerpmaatregelen te kunnen evalueren heeft men behoefte aan criteria voor zomercomfort. Deze criteria vormen een objectieve manier om het meestal subjectief ervaren thermisch zomercomfort in cijfers te vatten.

Een veelgebruikt criterium steunt op de bepaling van het aantal **gewogen temperatuuroverschrijdingsuren (GTO)**. Dit begrip werd het eerst gebruikt door de Nederlandse Rijksgebouwendienst en vindt steeds meer aanhangers. Onderzoek in kantoorgebouwen toonde aan dat, op jaarbasis, een overschrijding van 25 °C gedurende niet meer dan 100 kantooruren, en een overschrijding van 28 °C gedurende niet meer dan 20 kantooruren, geen aanleiding geven tot algemene comfortklachten. Daarom werden deze twee waarden gebruikt om het begrip "comfort" naar boven te begrenzen. Gecombineerd met een wegingsfactor berekent men nu het aantal GTO, waarvoor een maximum van 150 GTO-uren boven 25°C is bepaald. Natuurlijk zijn er extreme weersomstandigheden waarbij actieve koeling meer dan wenselijk is, maar men stelt dus algemeen vast dat een beperkte periode van ongemak voor een grote groep gebruikers meestal aanvaardbaar is.[3]

Zonsverduistering en energieverlies

De zon is een ster, maar één die relatief dicht bij de aarde staat, op 'nauwelijks' 150 miljoen km. Het is een gigantische gasbol, met een temperatuur van 6.000°C aan de oppervlakte en 15 miljoen graden Celsius in de kern. De zon is misschien 5 miljard jaar oud, heeft een diameter die méér dan 100 maal die van de aarde is en een massa van 330.000 maal die van de aarde.

Er was bijzonder veel aandacht voor de eclips van 11 augustus 1999. Die duurde in onze streken in totaal 2h41 min, waarvan iets minder dan 2 minuten totale zonsverduistering. Wie toen buiten stond te kijken, zal zich herinneren hoe het niet alleen donker, maar ook koel werd, voor de tijd van het jaar. We werden er even aan herinnerd hoe we de energie en warmte van de zon vanzelfsprekend vinden.

Een ingenieursbureau, verbonden met het Leuvense IMEC, berekende dat de eclips over het grondgebied van België een energieverlies met zich meebracht dat overeenstemt met 2 miljoen ton olie, of ruim 4% van het Belgisch jaarverbruik!

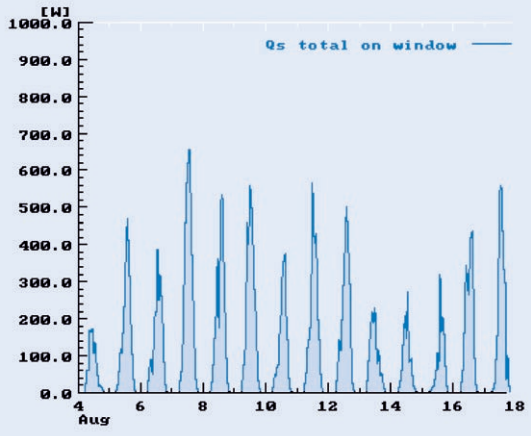
Dit geeft een idee van de kolossale hoeveelheid energie die de zon ons ter beschikking stelt. De totale invallende zonne-energie in ons land is 26 keer zo groot als ons energieverbruik, waarvan 99% nog wordt geproduceerd op basis van fossiele brandstoffen, een eindige reserve. Het kan ook anders: in Brazilië is 80% van de elektriciteit afkomstig van waterkracht en in IJsland komt meer dan 90% uit de voorraad warmwaterbronnen.

De Vlaamse regering heeft zich in juni 1999 als doel gesteld, het gebruik van hernieuwbare energiebronnen te stimuleren en op te trekken tot 3% van het totaal. Dat is net iets minder dan wat de eclips van 1999 aan zonne-energie 'kostte'.

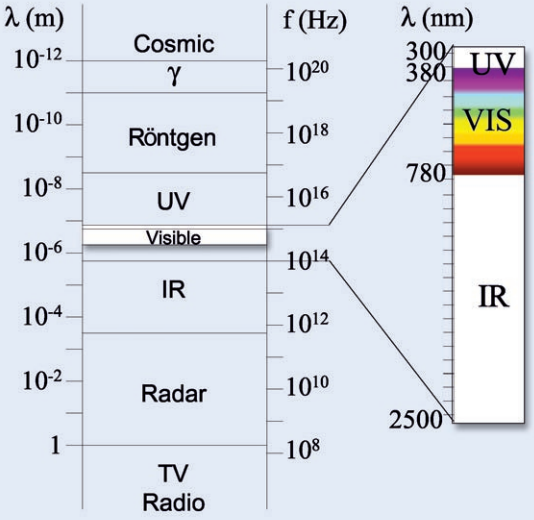
Bron: De Standaard/Het Nieuwsblad 06.08.1999, Business Week 07.05.2001.
Meer over de zon op: www.eosweb.com en www.nationalgeographic.com

Hoeveel energie de zon geeft en wat ermee gebeurt: het broeikaseffect | Buiten de atmosfeer[4] is de dichtheid van zonnestraling op een loodrecht oppervlak een constante, de zg. zonneconstante. Deze bedraagt 1353 W/m². In de atmosfeer wordt een deel daarvan geabsorbeerd, een deel wordt gereflecteerd door allerlei moleculen (waterdamp, koolzuurgas, zuurstof…) en resulteert in diffuse straling. Op het aardoppervlak is de zonnestraling daarom beduidend kleiner dan de zonneconstante, maar ze bereikt toch waarden tot 1000 W/m² op een zonnige dag in bv. Zuid Spanje en op een horizontaal oppervlak. Zoals figuur 3 aangeeft, kan men in onze regio op een verticaal vlak aan de zuidgevel ook waarden aantreffen tot 700 W/m². Deze figuur is gebaseerd op de klimaatgegevens van Ukkel en toont de hoeveelheid energie die begin augustus kan verwacht worden op een verticaal venster, op het zuiden georiënteerd. De hoeveelheid energie varieert van 200 tot bijna 700 W naargelang het een zonnige dag is of niet. Dit soort gegevens is bekend, voor bijna elke locatie op de wereldbol en voor elke oriëntatie, zodat men heel concreet kan weten met welke hoeveelheid opvallende energie men moet rekening houden wanneer men een gebouw ontwerpt.

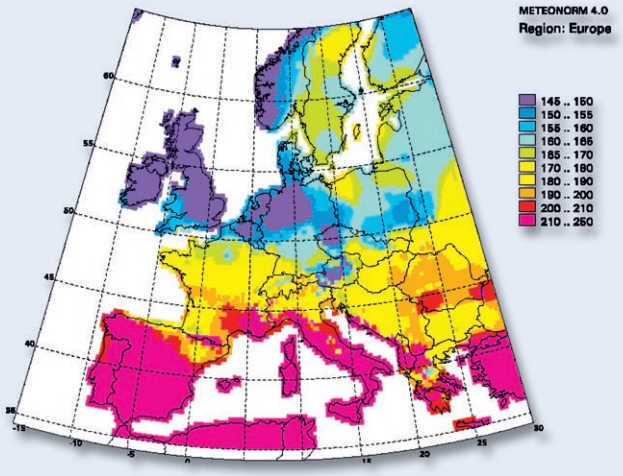
Wat gebeurt er met de energie van de zon wanneer ze op een venster valt? Elk lichaam of object straalt warmte uit, waarvan de golflengte zal afhangen van zijn temperatuur. De straling van de zon is afkomstig van een hemellichaam met een oppervlaktetemperatuur van 6000°C en heeft grotendeels een korte golflengte. Een lichaam of object op aarde, met een temperatuur van rond 20°C, straalt energie uit van een langere golflengte. Glas heeft echter een selectieve transparantie in functie van de golflengte van de straling. Korte golfstraling, zoals die van de zon, wordt gemakkelijk doorgelaten, terwijl straling van een hogere golflengte wordt tegengehouden. De zonnestraling kan dus door glas naar binnen en wordt daar geabsorbeerd door de binnenwanden, de vloer en allerlei objecten. Deze warmte kan niet meer naar buiten, wordt dus geaccumuleerd en leidt tot een hogere temperatuur binnen dan buiten. Dat is op kleine schaal wat men het 'serre-effect', of 'broeikaseffect' noemt, of, in het Engels, greenhouse effect'.



figuur 3: Opvallende energie op een verticaal venster in W/m², klimaat Ukkel, oriëntatie Zuid, begin augustus
Bron: Capsol VI, version 2.0, Physibel, Malderen.



figuur 4: Het golflengtegebied van zonnestraling



Figuur 5: Globale stralingsenergie[5] van de zon in Europa in juli , in kWh/m²

In figuur 3 ziet u de weergave van de gegevens betreffende de invallende stralingsenergie, gebaseerd op de klimaatgegevens van Ukkel. Een willekeurig voorbeeld werd genomen dat de hoeveelheid energie, in W/m², aangeeft op een zuid georiënteerd verticaal oppervlak (een raam bv.), tussen 4 en 18 augustus. Men ziet duidelijk de afwisseling van dag en nacht en van zonnige en bewolkte dagen, evenals het effect daarvan op de hoeveelheid energie, die varieert van 200 tot 700 W/m², midden op de dag.

Hiernaast ziet u een figuur die de golflengte aangeeft van de zonnestraling. Zonnestraling bestaat uit zichtbaar licht (55% van het totaal, met een golflengte van 380 tot 780 nm), infraroodstraling (42%, met een golflengte van 780 – 2500 nm) en UV-straling (3%, golflengte kleiner dan 380 nm).

In figuur 5 ziet u hoeveel energie er door de zon wordt uitgestraald in een zomermaand in Europa.

Broeikasgassen en het gat in de ozonlaag | Deze twee thema's in verband met milieu en gezondheid halen sinds enkele jaren vaak de krantenkoppen. Het zijn twee heel verschillende dingen en misschien is het niet onverstandig om het verschil nog even duidelijk te maken.

Het broeikaseffect[6] is het verschijnsel van de geleidelijke stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde, door het ophopen van broeikasgassen in de atmosfeer. Onder broeikasgassen verstaat men een groep gassen, die de capaciteit hebben om de warmte, uitgestraald door de aarde, te absorberen, en waaronder CO_2 het belangrijkste, maar lang niet het enige is. Ook methaan valt eronder – en de veestapel stuurt nogal wat uitlaatgassen van dat soort in de atmosfeer.

Om te leven op aarde is de laag broeikasgassen in de atmosfeer van vitaal belang. Zonder de verwarmende deken van deze gassen in de atmosfeer zou het op aarde 15 à 20 graden kouder zijn en zou er geen leven mogelijk zijn. Maar de hoeveelheid verbrandingsgassen, vooral CO_2, die in de atmosfeer terechtkomt als gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen, neemt sterk toe door de stijging van de welvaart, de relatief lage olieprijs — en ook de verbanning van kernenergie. Hogere welvaart vertaalt zich in een sterke stijging van het elektriciteitsverbruik, in de groei van het aantal auto's en vrachtwagens — tegenwoordig is airconditioning in voertuigen ook al bijna vanzelfsprekend. Alleen al in de VS, waar 4% van de wereldbevolking leeft, maar waar 25% van de broeikasgassen worden uitgestoten, is deze uitstoot gestegen van 1400 miljoen ton in 1990 naar 1535 miljoen ton in 2000, terwijl men voor 2010 rekent op meer dan 1800 miljoen ton. ExxonMobil, de grootste olie-

multinational ter wereld, is goed voor een geschatte 170 miljoen ton CO_2 per jaar. De beschermende laag broeikasgassen wordt op die manier té dik en er wordt te veel warmte opgehoopt in de atmosfeer. Daardoor kan de warmte, uitgestraald door de aarde, niet meer vlot weg en loopt de temperatuur langzaam maar zeker op. De opeenvolgende milieuconferenties behandelen telkens met voorrang dit thema, en met name het Verdrag van Kyoto is veel in de publiciteit gekomen, sinds President Bush heeft verklaard dat de VS er niet aan zullen deelnemen. Het moet wel gezegd dat België het Kyoto Protocol dapper heeft gesteund, maar dat er in de praktijk niets is gebeurd om de ambitieuze doelstelling tijdig te bereiken.

Terwijl de broeikasgassen dus een soort filter zijn voor de warmte die op aarde wordt gegenereerd, is de ozonlaag een andere filter. Ozon is een onstabiel gas dat bestaat uit drie atomen zuurstof (O_3). Dit gas heeft de capaciteit om schadelijke ultraviolette straling te absorberen. Maar chloor-fluor-koolwaterstoffen, de zg. CFK's, breken de ozon af, via een reactie waarbij ozon wordt omgezet in zuurstof (O_2) en chloormonoxide. Zuurstof kan echter de UV-straling niet tegenhouden, en deze wordt dus naar de aarde gestraald. Het is bekend dat met name melanoma wordt veroorzaakt door te veel UV-B straling, maar ook het plantenleven, en dus de oogsten, kunnen er zware gevolgen van ondervinden. Daarom werd in 1987 het zg. Protocol van Montreal afgesloten, waarbij een groot aantal regeringen zich ertoe verbonden hebben om de productie van CFK's tegen 1999 met 50% te verminderen. Drie jaar later, onder de druk van alarmerende nieuwe metingen, werd zelfs beslist om CFK's geheel te bannen tegen 2000. Inmiddels zijn CFK's totaal verdwenen uit koelkasten, airconditioning apparatuur en spuitbussen, evenals uit een aantal chemische toepassingen.

Ter herinnering: enkele elementen van bouwfysica[7] | Sinds de 15° eeuw wordt glas gebruikt als transparante afscheiding tussen de binnen- en buitenwereld. Glas is een uitstekend materiaal om daglicht binnen te brengen en tegelijkertijd bescherming te bieden tegen regen en wind. Maar men verwacht van ramen tal van andere functies die niet zo maar te vervullen zijn en die soms zelfs tegenstrijdig zijn: transparantie, lucht- en waterdichtheid, thermische en akoestische isolatie, veiligheid, condensatiewering enz. Uitkijk naar buiten en thermische isolatie zijn op zich al tegenstrijdig: hoe groter het glasoppervlak, hoe groter het warmteverlies 's nachts.

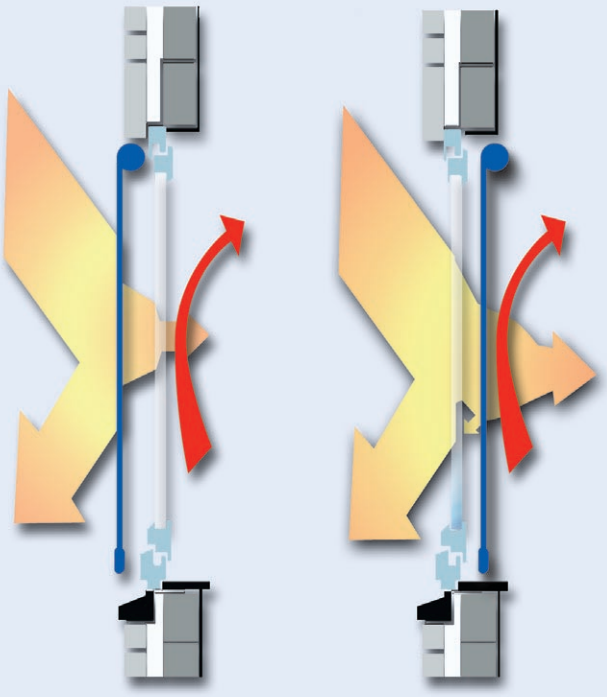
De belangrijkste eigenschappen van beglazing binnen het bestek van deze brochure zijn de U-waarde (of de warmte-

	U-waarde (W/m^2K)	ZTA of g-waarde	LTA
Enkel blank glas 4 mm 6 mm	5,8 5,7	0,85 0,83	0,90 0,88
Dubbel blank glas met luchtspouw 4 -12-4 mm	2,9	0,76	0,81
Dubbel blank glas met lage e-coating en luchtspouw 6 -12-6	1,8	0,60	0,74
Dubbel blank glas met lage e-coating & argon 6-15-6	1,1 - 1,3	0,61	0,74
Drievoudig blank glas met luchtspouw 4-6-4-6-4 mm	2,3	0,67	0,73

Tabel 1: Typische centrale U-waarden voor enkele glassoorten
Bron: Vensters, bouwfysisch bekeken (1), WTCB, winter 1995

Deel van het gebouw	Maximale U -waarde ($W/m^2 K$)
Buitenmuren	0,6
Dak	0,4
Ramen	2,5
Vloer op volle grond	1,2
Vloer boven kruipkelder	0,9

Tabel 2: Enkele U-waarden uit de EPR eisen voor woningen in België



Figuur 6: Schematische voorstelling van een buiten- en binnenzonwering
Bron: Choisir une protection solaire, *réal. Architecture et Climat, UCL, 1997.*

doorgangcoëfficiënt, vroeger k-waarde genoemd), de ZTA of g-waarde (de zontoetredingsfactor) en de LTA of τ_v (lichttoetredingsfactor). Laat ons dus deze begrippen en termen in herinnering brengen omdat ze voor een goed begrip van de rol van zonwering in het zomercomfort onontbeerlijk zijn.

De U-waarde

De U-waarde is de warmtedoorgangcoëfficiënt van een materiaal en wordt uitgedrukt in W/m^2K. De Europese normering heeft onlangs het symbool U geadopteerd ter vervanging van de k-waarde. Zoals uit de tabel blijkt zijn er veel verschillende glassoorten met sterk verschillende U-waarden. In de woningbouw blijft het gewone dubbel glas ($U = 2.9\ W/m^2K$) de standaard, maar het is goed eraan te herinneren dat tot in de jaren zeventig het gebruik van enkel glas heel gewoon was. Het zijn de oliecrisissen van de jaren zeventig die het gebruik van dubbel glas in onze streken sterk hebben doen toenemen. Er zijn echter nog steeds landen (Japan, VS) waar in het begin van de eenentwintigste eeuw het gebruik van enkel glas, met een U-waarde van 5 of 6, heel normaal is.

In tabel 1 vindt u, naast de U-waarden van enkele gangbare glassoorten, ook de ZTA (of g-waarde) en de LTA, begrippen die verder in deze tekst aan de orde komen.

Ter vergelijking geven we hierbij enkele U-waarden die ten grondslag zullen worden gelegd bij de geplande EPR wetgeving in Vlaanderen. De wetgever in Vlaanderen bereidt inderdaad een EnergiePrestatie-Regelgeving (EPR) voor, die de bouwsector zal verplichten zuiniger om te gaan met energie, nadat gebleken is dat de heersende wetgeving inzake isolatie onvoldoende wordt gerespecteerd. De nieuwe regels zullen zowel betrekking hebben op isolatie als op alle andere technieken die in een woning of kantoorgebouw invloed hebben op het energiegebruik: zomercomfort — en dus zonwering en koeling —, verwarming, ventilatie, verlichting en sanitair warm water.

De ZTA of de g-waarde, maatstaf voor de energetische efficiëntie van een zonwering

Wanneer de zonnestraling op een venster valt, zal een deel van de straling worden teruggekaatst, een ander deel wordt doorgelaten en nog een ander deel wordt door het glas geabsorbeerd. Deze laatste fractie wordt omgezet in warmte en wordt daarna uitgestraald naar beide zijden van het glas. Het totale percentage energie dat door een venster naar binnen treedt wordt Absolute Zontoetredingsfactor, ZTA[8] of g-waarde genoemd, en is de maatstaf van de efficiëntie van zonwerendheid van dat glas. Wanneer het glas beschermd wordt door een zonwering, zal het gedeelte van de zonnestraling dat doorgelaten wordt door glas én zonwering sterk verminderen, het gedeelte dat door beide teruggestraald wordt, zal stijgen. Een deel van de zonnestraling zal door het materiaal van de zonwering worden geabsorbeerd en later worden uitgestraald, deels naar buiten, deels naar de luchtlaag tussen zonwering en glas.

De zontoetredingsfactor wordt dan gemeten voor het geheel van glas-plus-zonwering. De fabrikanten van zonwering geven dan ook vaak de prestatie van hun producten aan met verschillende glassoorten: enkel, dubbel, blank en absorberend. Recent werd de ZTA in Europees normeringsverband vervangen door de g-waarde (naar DIN 67507 en EN 410). Men vindt ook nog vaak de ZTR of Relatieve Zontoetredingsfactor[9]: dit is de verhouding van de ZTA van de betrokken beglazing tot de ZTA van enkele beglazing. Deze laatste heeft een standaardwaarde van 0.85. Ze geeft dus aan hoeveel een bepaalde zonwering aan zonnestraling doorlaat in vergelijking met wat een eenvoudige, enkele blanke glasplaat doorlaat. Deze eenheid raakt in onbruik, omdat ze enkel relatief werkt.

De g-waarde van een materie wordt bepaald door berekening op basis van een formule die uitgaat van de metingen van de energetische transmissie (τ) en de energetische reflectie (ρ) in een spectrofotometer. De absorptie (α) wordt per saldo bepaald, want per definitie is $\tau + \rho + \alpha = 100$.

De LTA factor

Onze beschouwingen tot hiertoe betreffen hoofdzakelijk de warmtewinsten van de zon. Maar de zon brengt niet alleen warmte, maar ook licht. In Europa kan de lichtsterkte buiten variëren van 10.000 tot 100.000 lux, naargelang de helderheid van de hemel, het seizoen en de weersomstandigheden. Binnen in een kantoorgebouw is een lichtsterkte gewenst van 500 tot maximaal 1.500 lux en in de meeste landen zijn er wetten of reglementen die een minimale waarde vastleggen, in het belang van de veiligheid en de gezondheid op het werk. Het is dus belangrijk dat niet alleen de warmtehuishouding, het thermisch comfort, maar ook de lichthuishouding, en dus het visueel comfort, de nodige aandacht krijgt. De problematiek van visueel comfort is complex: zo is het werken aan beeldschermen onderworpen aan een Europese Richtlijn (n° 90/270 van 29 mei 1990) die maatregelen aangeeft om verblinding en hinderlijke reflecties bij het gebruik van beeldschermen te voorkomen

Een eerste begrip is de LTA of de Absolute Lichttransmissiefactor (τ_v). Het is de tegenhanger van de Absolute Zontoetredingsfactor. LTA is de fractie van de invallende lichtstraling die door de beglazing wordt doorgelaten, in het zichtbare deel van het zonnespectrum tussen 380 en 780 nm. Er is dus minstens een dubbele opgave weggelegd voor het vensterglas, dat ons scheidt van de buitenwereld: voor een goed thermisch comfort is het belangrijk dat de warmte zo veel mogelijk wordt buiten gehouden, dus dat het glas een lage ZTA heeft. Tegelijkertijd is een goed visueel contact met buitenwereld belangrijk en wil men voldoende daglicht binnenlaten, dus is een hoge LTA wenselijk. De oplossing voor deze contradictie ligt vaak in mobiele zonwering, die de mogelijkheid biedt deze beide vaak tegenstrijdige eisen te realiseren.

Er zijn tegenwoordig wel performante glassoorten die een lage U-waarde combineren met een relatief goede g-waarde en een vrij hoge LTA. Desalniettemin is het meestal nodig om een goede en regelbare zonwering aan te brengen, om een goed visueel comfort te bereiken. Dat maakt deel uit van een goed lichthuishouding. Het is daarom interessant om de invloed van de zon op de daglichttoetreding kort te bespreken.

2 Zonwering en visueel comfort

Natuurlijk licht is van cruciaal belang voor het gevoel van welbehagen van de mens. De intensiteit van het daglicht, die wordt bepaald door de jaargetijden en de weersomstandigheden, evenals de kleur van het licht, heeft een duidelijke invloed op de motivatie en de werkkracht van de mens. Goed omgaan met daglicht bij het plannen van een gebouw is dus een opgave van de architect die op de psychologie van de bewoners een positieve invloed zal hebben. Maar er is ook een invloed op het totale energieverbruik van het gebouw, omdat het genereus binnenlaten van daglicht, door het royaal gebruik van glas, zich natuurlijk vertaalt in energieverlies tijdens de winter en door een forse energietoevoer in de zomer, wat vaak leidt tot de behoefte aan airconditioning.

We leven inderdaad in een tijd waarin de constructiemethodes en de glaskwaliteit vanuit technologisch oogpunt een bijna onbeperkt gebruik van grote glaspartijen mogelijk maken. Maar de tijdsgeest wil ook dat op bijna elk bureau een PC staat en dat praktisch iedereen, van de directeur tot de magazijnier, een deel van de tijd doorbrengt werkend aan een computerscherm. Dat stelt veel problemen, want hinderlijke reflecties en onvoldoende contrast, door te veel licht, veroorzaken klachten en beïnvloeden de kwaliteit van het werk — en zelfs de gezondheid. Veel glas stelt dus niet alleen problemen voor het thermisch comfort maar ook voor het visueel comfort, en dus voor het energieverbruik.

Want bij het ontwerpen van een gebouw worden gevels, ramen en koepels enerzijds, en de verlichtingsinstallatie anderzijds, meestal als afzonderlijke systemen ontworpen, terwijl ze in feite een grote invloed op elkaar uitoefenen. In dit hoofdstuk wordt het effect van verlichting op de oververhitting en het visueel comfort van gebouwen onderzocht.

Hoeveel licht hebben we nodig?[10]

Of het nu gaat om het werk van een boekhouder of dat van een monteur aan de lopende band, voldoende licht is essentieel voor het goed vervullen van de dagtaak. Voldoende, maar niet te veel, dus geen verblinding, geen weerkaatsing. Daglicht geniet de voorkeur en kunstverlichting is slechts een hulpmiddel bij gebrek aan voldoende daglicht. Als moderne kantoren vaak baden in daglicht, dan zijn moderne fabrieksgebouwen vandaag meestal ook voorzien van royale daglichtopeningen, om zoveel mogelijk natuurlijk licht toe te laten op de werkplek.

Voor het meten van de lichtsterkte moeten een aantal grootheden in herinnering gebracht worden met name lux, lumen, candela en candela per m^2.

- De **lichtstroom** of de hoeveelheid licht die wordt uitgestraald door een lichtbron per tijdseenheid, wordt uitgedrukt in **lumen** (symbool lm)
- De **verlichtingssterkte** is de totale lichtstroom op een bepaald oppervlak, wordt uitgedrukt in **lux** (symbool lx, waarbij 1 lx = 1 lm/m^2)

Figuur 7: Moderne kantoorgebouwen baden vaak in een zee van licht.
Bron: The Scotsman Building, Edinburgh
Arch.: Douglas Flett

Het ideale kantoor?

In de brochure Beschattung von Bildschirmarbeitsplätzen, *uitgegeven door VIS, Krefeld, vindt u een schema van het* 'Büro Ideal'. *Alle aspecten van de ideale werkplek, vaak vastgelegd in DIN-normen, worden er samengevat:*

- *Het werkoppervlak moet ideaal 1.60 m x 0.80 m groot zijn, en minstens 1.26 m², reflectievrij naar DIN 4554, hoogte 68-76 cm, verstelbaar, optimaal met twee vlakken onder 45°*
- *De temperatuur mag niet hoger zijn dan 21°-22° zijn, in de zomer niet meer dan 26°C*
- *Er moet regelbare zonwering aangebracht zijn*
- *De luchtvochtigheid moet ideaal 50 à 60% zijn*
- *'Beenvrijheid': in de diepte 60-70 cm, in de breedte 60 cm, in de hoogte 65 cm*
- *De stoel moet 5 veiligheidsrollers hebben en aanpasbaar zijn aan dynamisch zitten naar DIN 4551-4556*
- *De afstand van het bureau tot het venster moet minstens 50 cm bedragen, naar DIN 4543*
- *Het beeldscherm moet zo opgesteld zijn dat het een hoek van 90° vormt met het vensteroppervlak; de bovenkant van het beeldscherm moet onder de as van het oog liggen*
- *Het beeldscherm moet vrij van reflecties zijn*
- *De indirecte belichting moet 500 lux leveren, naar DIN 5035*
- *Het geluidsniveau mag niet hoger zijn dan 55 dB(A) naar DIN 4109.*

Had u verder nog een wens?

– De **lichtsterkte** is de lichtstroom die in een bepaalde richting per ruimtehoekeenheid wordt uitgestraald, wordt uitgedrukt in **candela** (symbool cd, waarbij 1 cd = 1 lm/sr; het symbool sr staat voor steradiaal, de eenheid van ruimtehoek)
– De **luminantie** is de helderheid van een verlicht oppervlak of van een lichtbron, zoals waargenomen door het oog, wordt uitgedrukt in candela per m² (cd/m²)
– De **kleurtemperatuur** is de maatstaf voor de beleving van het licht en wordt uitgedrukt in Kelvin (symbool K). Een hoge kleurtemperatuur van bv. 6500 K vindt men in blauwachtig, koelwit daglicht, terwijl een warmwitte gloeilamp, naar het rode toe, een lagere kleurtemperatuur van bv. 2800 K heeft.

De verlichtingssterkte op het werkvlak, uitgedrukt in lux, wordt meestal gebruikt om als maatstaf te dienen voor visueel comfort. De Belgische wetgeving (met name het ARAB) eist 300 tot 500 lx voor kantoorwerk, 750 lx voor tekenkamers en 1000 lx voor plaatsen waar precisiewerk wordt verricht. De algemene verlichting mag beperkt worden tot 200 lx, op voorwaarde dat een extra taakverlichting gebruikt wordt om het juiste niveau te bereiken op elke plek. Maar ons oog reageert vooral op de helderheid, dus de luminantie, van een oppervlak. Daarom is bij het werken met een computerscherm de verhouding van de luminantie van het scherm en die van de achtergrond belangrijk. Deze verhouding mag maximaal 3 zijn, en is best lager, om verblinding en oogproblemen te vermijden. Op een warme zomerdag, bij heldere hemel, wanneer buiten gemakkelijk 80.000 lx gemeten wordt, is het dus echt wel nodig de verlichtingssterkte te temperen. Het gevelontwerp werkt hieraan mee, evenals de keuze van het glas, de diepte van de werkplek, de binneninrichting en aangepaste, regelbare zonwering. Want de kleur van de wanden zal inderdaad een invloed hebben op de verdeling van daglicht. En zonwering, liefst individueel regelbaar, helpt licht doseren. Zo krijgt zonwering een tweede, belangrijke functie: naast warmtewering ook lichtwering[11].

Daglicht en kunstlicht | Net zoals we niet meer stilstaan bij de aanwezigheid van zuurstof bij het ademen, zo vinden we daglicht een vanzelfsprekende zaak. Maar het aanbod van daglicht verschilt van seizoen tot seizoen, van dag tot dag, soms zelfs van uur tot uur, onder invloed van het weer. En 's nachts is er natuurlijk geen daglicht. Kunstverlichting is dus nodig. Zeer veel gebouwen zijn nog uitgerust met oude en inefficiënte kunstverlichting die door een vaak verkeerd ontwerp van de armaturen eigenlijk eerder een ongewilde vorm van elektrische verwarming is dan een goede verlichting.

Een recent project van het WTCB[12] heeft uitgewezen dat er grote verschillen in lichtopbrengst bestaan tussen verschillende types kunstlichtbronnen en dat de nog veel gebruikte oude opaline of andere diffunderende afschermkappen slecht presteren. Tussen een primitieve gloeilamp, die 95% van de opgenomen energie afgeeft als warmte en met een rendement van 8 tot 15 lm/W, en een moderne, fluorescerende buislamp met hoogfrequente ballast, die 70 tot 93 lm/W afgeeft, ligt een wereld van verschil. Voeg daar nog bij dat de gloeilamp misschien een levensduur heeft van 1.000 h, tegenover 16.000 h voor de moderne buislamp, en de keuze, tenminste voor een kantoor of werkplek, is gauw gemaakt. Wanneer het om sfeerlicht gaat, wordt de keuze natuurlijk mede bepaald door andere factoren.

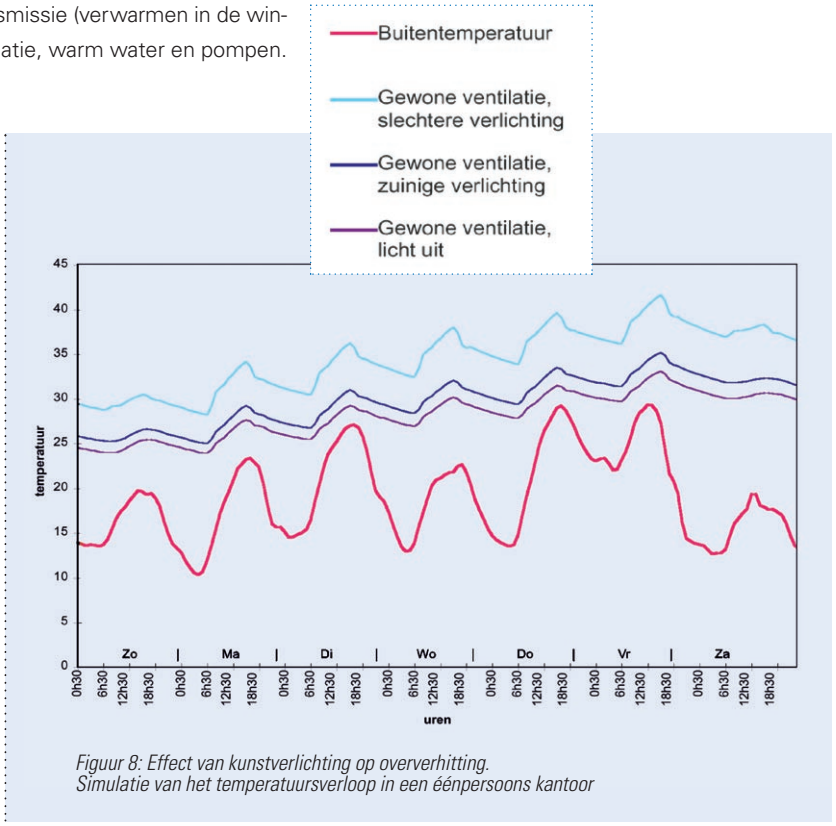
Verlichting en zomercomfort | Onderzoek heeft uitgewezen dat het aanschakelen van de verlichting in een kantoor een soort reflex is, die bijna niet beïnvloed wordt door het seizoen of het weer. Omdat in kantoorgebouwen het gebruik van sterk beglaasde gevels sterk ingeburgerd is en daar vaak zonwerend glas gebruikt wordt, vermindert de lichttransmissie en stelt men vaak vast dat zelfs op zonnige zomerdagen het kunstlicht

noodzakelijk is. Maar ook indien het gebouw is uitgerust met zonwering bestaat vaak deze reflex. Als het gebouw dan bovendien nog beschikt over een oude of inefficiënte verlichting kan dit het effect van de zonwering gedeeltelijk – of zelfs geheel – annuleren. Want kunstverlichting betekent natuurlijk een extra energietoevoer in de ruimte. Het is daarom van groot belang om een optimale balans te vinden tussen de totale verlichting en het zomercomfort. Daglicht en kunstlicht moeten elkaar hierbij zo goed mogelijk aanvullen. Bij de toepassing van zonwering, om oververhitting te voorkomen en excessief daglicht te temperen, moet men ervoor zorgen dat er nog daglicht penetreert door de zonwerende elementen heen, zodat de kunstverlichting uitgeschakeld kan blijven, zelfs als de zonwering is neergelaten.

Er zijn ook veel relatief moderne kantoorgebouwen, waar zonwerend glas gebruikt wordt, waardoor weliswaar de energetische zonnewinsten inderdaad afnemen, maar waardoor ook de lichttransmissie in belangrijke mate gereduceerd wordt, zodat zelfs in de zomer steeds het kunstlicht wordt aangeschakeld. In een typisch kantoorgebouw te Brussel werd vastgesteld dat één derde van het energieverbruik van het gebouw naar verlichting gaat – de overige twee derden zijn ongeveer gelijk verdeeld tussen enerzijds het compenseren van transmissie (verwarmen in de winter, koelen in de zomer) en anderzijds ventilatie, warm water en pompen.

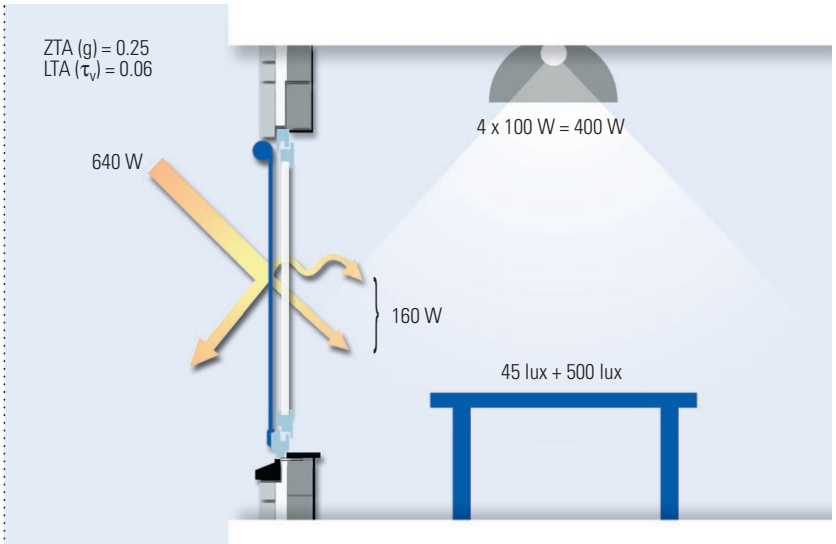
De laatste jaren heeft de verlichtingsindustrie de prestaties van de armaturen aanzienlijk verbeterd en bestaan er sturingstechnieken die nieuwe, energiesparende mogelijkheden bieden, zoals daglichtcompensatie (niet méér licht dan nodig bij een gegeven daglichtsituatie) en aanwezigheidsdetectie (licht automatisch uit bij afwezigheid). Het nog steeds meest voorkomend "aan/uit systeem" verbruikt aanzienlijk meer energie dan een modulerend systeem, waarbij enkel wordt gecompenseerd wat aan daglicht ontbreekt.

Er bestaan simulatieprogramma's waarmee het effect van de verlichting op de binnentemperatuur kan worden berekend. Zoals uit figuur 8 blijkt, wordt zelfs bij gebruik van moderne, zuinige verlichting en bij adequate ventilatie een niet te verwaarlozen effect geconstateerd.



Figuur 8: Effect van kunstverlichting op oververhitting.
Simulatie van het temperatuursverloop in een éénpersoons kantoor

In figuur 9 wordt een voorbeeld gegeven van de invloed van kunstverlichting: stel dat een éénpersoonskantoor met een raamoppervlakte van 3.2 m² uitgerust is met een buitenzonwering met een g-waarde van 0.25, en dat de zonwering bij een bezonning vanaf 200 W/m² automatisch naar beneden wordt gelaten. Stel dat het kantoor is uitgerust met een oude en inefficiënte verlichting met vier lampen van elk 100 W. Zodra de zonintensiteit dan 200 W/m² bereikt, gaat de zonwering naar beneden en wordt nog slechts 25% van de energie (3.2 m² * 200W/m² = 640 W * 0.25 = 160 W) binnengelaten. Indien men echter meteen de verlichting aanschakelt zal daardoor 400 W extra in het lokaal worden binnengebracht, dus in totaal 560 W, waardoor het effect van de



Figuur 9:
Schematische weergave van de invloed van verlichting op de energiebalans bij gesloten zonwering

zonwering verloren gaat. Want zonder zonwering en bij een middelmatige glaskwaliteit, zou waarschijnlijk ongeveer 500 W het lokaal zijn binnengekomen. Natuurlijk zien de cijfers er anders uit wanneer men uitgaat van een mooie, heldere zomerdag, met een zonnestraling van 800 W/m^2. Het effect zonwering is dan als volgt: 0.25(3.2 * 800) = 640 W. De lichtintensiteit binnen zal dan ook veel hoger zijn, maar in de meeste gevallen zal de gebruiker toch het licht aanlaten. Ook hier wordt het effect van de zonwering verminderd door de warmtewinsten van de verlichting.

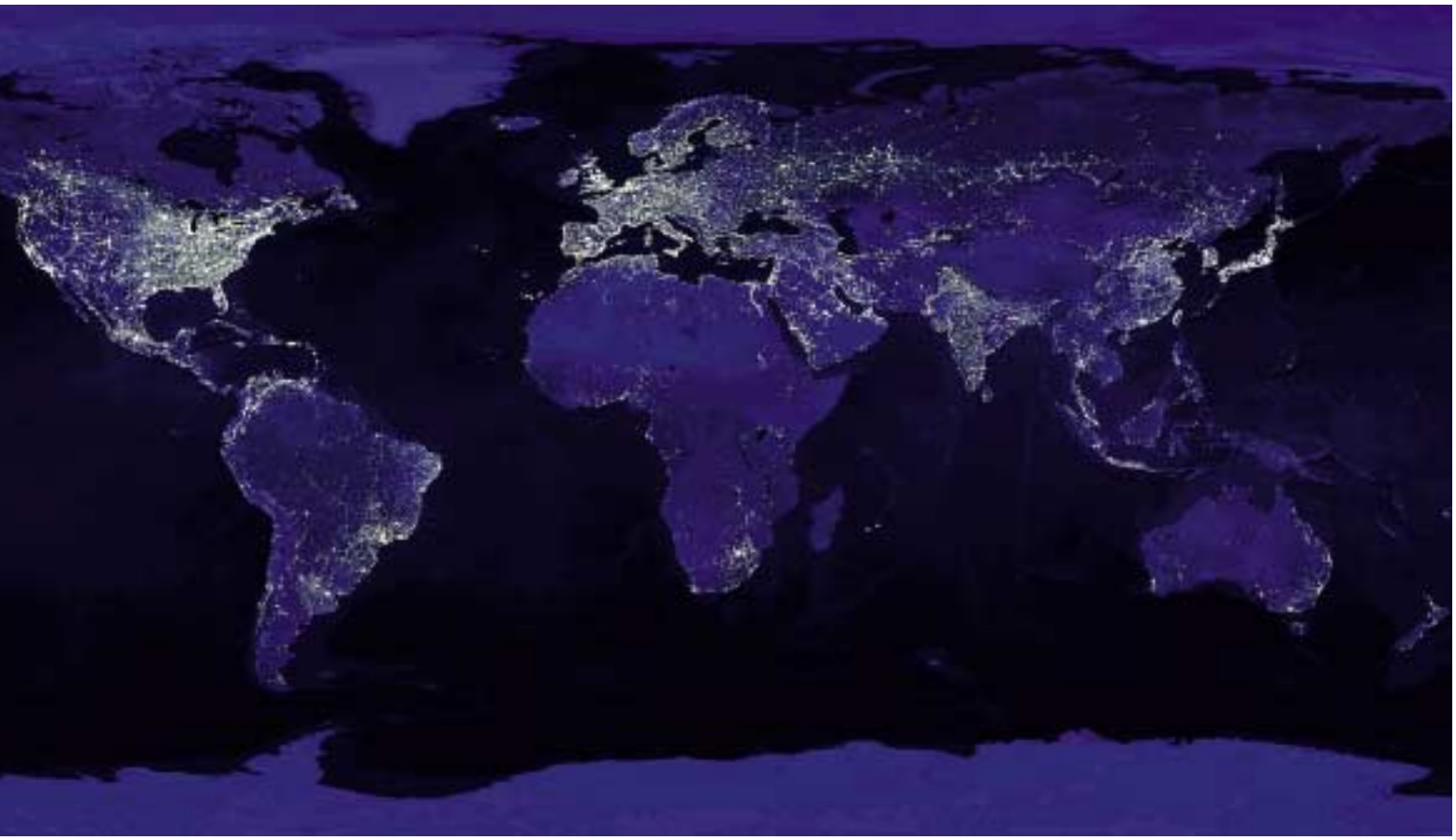
Daglichtsimulatie Bij het ontwerpen van daglichtvoorzieningen kunnen lichtsimulatieprogramma's gebruikt worden. Complexe situaties kunnen met deze hulpmiddelen op een eenvoudige wijze worden gemodelleerd. Het grootste nadeel van de simulatie programma's is echter dat ze een slechts voor specialisten toegankelijk zijn en dat de berekeningstijden zeer hoog zijn. Dit maakt daglichtsimulaties voorlopig moeilijk haalbaar voor de dagelijkse ontwerppraktijk. Voor onderzoek vormen ze daarentegen een krachtig hulpmiddel. Ook voor het ontwerp van kunstlichtinstallaties is er simulatiesoftware beschikbaar die door geavanceerde fabrikanten van verlichtingsarmaturen gebruikt wordt. Deze programma's zijn meestal enkel voor eigen gebruik en worden zelden commercieel verspreid. De meest recente daglichtsimulatieprogramma's zijn nu in staat om kunstlicht te modelleren, zodat ook de interactie tussen daglicht en kunstlicht geanalyseerd kan worden.

Figuur 10: Door de computer gesimuleerd beeld van de lichtverdeling in een kantoor onder bewolkte hemel

Een andere mogelijkheid die de ontwerper toelaat om een zich een goed beeld te vormen van de daglichtpenetratie in het toekomstig gebouw zijn metingen op maquettes onder een kunstmatige hemel. Deze metingen bieden het voordeel dat de opgemeten waarden tegelijk realistisch en zeer nauwkeurig kunnen zijn omdat er onder een goed gecontroleerde hemel gemeten kan worden. De precisie ervan is natuurlijk sterk afhankelijk van de mate waarin de materialen van de maquette met de realiteit overeenkomen. Het WTCB heeft onlangs een kunsthemel gebouwd die het mogelijk maakt dit soort simulaties door te voeren.

Zowel dag- als kunstlicht dragen dus bij tot mogelijke oververhitting. Deze oververhitting mag in de ontwerppraktijk zeker niet verwaarloosd worden. Als hulpmiddel zijn er simulatieprogramma's die een thermische berekening kunnen uitvoeren. Het is zelfs mogelijk een lichtsimulatie te koppelen aan een thermische simulatie. Op die manier kunnen de effecten geëvalueerd worden van daglicht en kunstlicht op het binnenklimaat.

Figuur 11: Foto van de aarde uit de ruimte genomen. Is de hoeveelheid kunstlicht een welvaartsmeter? Bron: NASA/ESA



3

Typologie en eigenschappen van zonweringsystemen

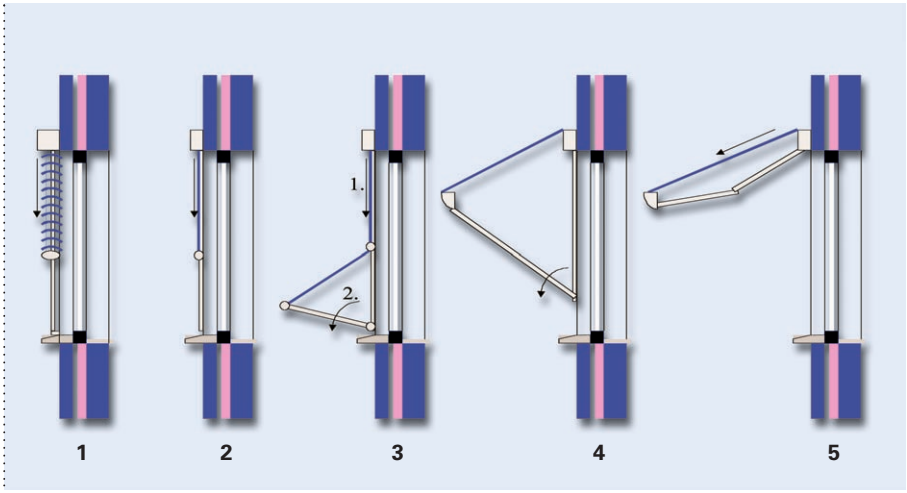
De zonweringindustrie biedt tegenwoordig een breed en aantrekkelijk pakket oplossingen voor praktisch elke situatie. Niet alleen verticale ramen hebben behoefte aan zonwering, om het zomercomfort te verzekeren en bij te dragen aan energiebesparing, maar ook de zo populaire veranda's, dakvensters, schuine glaspartijen, atria enz. moeten kunnen uitgerust worden met een degelijke zonwering.

Een combinatie van verticaal oprolbare screens en markisoletten

Typologie van zonweringsystemen | We beperken ons tot de mobiele buitenzonwering en laten de vaste systemen (luifels, vaste roosters of vaste maar roterende schoepen) en de vele types binnenzonwering hier buiten beschouwing.

Voor de verticale toepassingen biedt de industrie minstens een vijftal verschillende mobiele systemen aan:

- De **knikarmschermen**, ook 'zonnetenten' genaamd. Men vindt ze vaak boven winkeletalages, maar dit type scherm is ook de favoriet van de privé-sector, voor terrassen en binnentuinen. Men kan grote breedtes (bv. 15 meter) met één enkel systeem uitrusten.
- De **uitvalschermen**: een eenvoudiger systeem, waarbij de draagarm van het scherm in een verticaal vlak naar beneden valt. Beperkt in breedte, maar erg geliefd in bepaalde landen vanwege zijn eenvoud en uitzicht.
- De **verticale oprolbare schermen**, meestal in glasvezeldoek, vaak 'screens' genoemd. Dit type scherm bedekt het gehele glas, en is daarom erg efficiënt. Maar daarom ook is het niet geschikt voor openslaande deuren of terrassen. Screens worden vaak toegepast in kantoorgebouwen en laten zich gemakkelijk automatiseren, wat de efficiëntie ten goede komt.
- De zg. '**markisolette**', ook wel 'valarmscherm' genoemd. Dit is een combinatie van het verticale scherm en het uitvalscherm en staat fraai bij hoge ramen.
- De **buitenjaloezieën**, bestaande uit optrekbare en stapelbare horizontale lamellen, analoog de zeer populaire binnenjaloezieën (of 'venetiaanse blinden'), maar in een bredere en zwaardere uitvoering. ◀



Figuur 12: Schematische voorstelling van verschillende mobiele buitenzonweringen.
1 buitenjaloezie
2 verticaal oprolbaar scherm of "screen"
3 markisolette
4 uitvalscherm
5 knikarmscherm
Bron: WTCB

Verder bestaat er een uitgebreid aanbod aan verandazonweringen, terrasoverkappingen en koepelsystemen. Vooral in België zijn veranda's erg in trek en merkt men snel dat de glazen constructie onleefbaar wordt in de zomer en dat een zonwering gewoon onontbeerlijk is.

Meten van de efficiëntie: productgegevens en systeemgegevens | Het VLIET-I project, uitgevoerd door het WTCB en waaraan VEROZO actief heeft deelgenomen, stelde zich tot doel de kennis van de oververhittingproblematiek te verbeteren en daardoor verbeterde ontwerphulpmiddelen te kunnen ontwikkelen evenals betrouwbare simulatieprogramma's om het thermisch gedrag van gebouwen te kunnen voorspellen. Want het is belangrijk om te weten welke invloed het toepassen van een bepaalde technologie, bv. het gebruik van zonwering, zal hebben op de binnentemperatuur, zodat tijdig kan worden beslist of men zonder actieve koeling kan werken. Ook is het belangrijk voor de zonweringsector om over hulpmiddelen te beschikken om een correcte vergelijking te kunnen maken tussen zonwerende beglazing en onafhankelijke zonwering.

Maar het gebruik van computergestuurde simulatiepakketten om het zomercomfort te analyseren vereist niet alleen uitgebreide kennis van de producten, maar ook van het gebruikte systeem.

Productgegevens hebben namelijk betrekking op specifieke producten van bepaalde fabrikanten zoals beglazingen en zonweringdoeken, terwijl **systeemgegevens** betrekking op systemen die meestal zijn opgebouwd uit meerdere producten. Zo wordt in de meeste programma's

ARCHITECTUUR EN POLITIEK?

Of het nu gaat om het transparante dak van het nieuwe Vlaams Parlement of om de glazen koepel die Sir Norman Foster op de Duitse Reichstag in Berlijn heeft gebouwd: het gebruik van veel helder glas is soms bedoeld als een politieke boodschap van democratie en transparant beleid. In een recent boek (Architectuur en Kritiek van de Moderniteit) *schrijft Hilde Heynen dat het Walter Benjamin's theorie was dat de kaalheid en transparantie van de moderne architectuur een voorafbeelding zou vormen van een transparante, klasseloze maatschappij.*

Robert Hughes gaat nog veel verder, in zijn beschrijving van de architectuur in Manhattan in de jaren dertig: "At the end of the 1930s, under the malign influence of the International Style and its prophets at the Museum of Modern Art, Philip Johnson and Henry-Russell Hitchcock, puritanism came to Manhattan. The foreign influence of Mies van der Rohe and the Bauhaus now reigned, popular among fashion-victim American intellectuals, just because it was European. The full-blooded native style gave way to the stripped, dour import: the universal, pseudo-Utopian glass box. American capitalism lost its voice; architectural Marxism now prevailed" . *Maar Hughes gaat daarna verder:* "In fact, what happened was the very opposite of this farrago. The ideas of the Bauhaus were deeply influenced by, even based on, American prototypes, such as the explicitly functional forms of American bridges, factories and silos. The very idea of the 'open plan' came to Europe from Frank Lloyd Wright". *(Robert Hughes,* American Visions: The Epic History of American Art*, A. Knopf, New York, 1997.)*

een raam met een verticaal zonweringdoek gesimuleerd als één enkele component. De gebruiker moet dan de globale waarden voor het geheel van raam plus zonwering gebruiken. Dit kan o.a. betrekking hebben op de regelkarakteristieken in het geval van gemotoriseerde systemen met automatische sturing.

■ Productgegevens voor beglazing

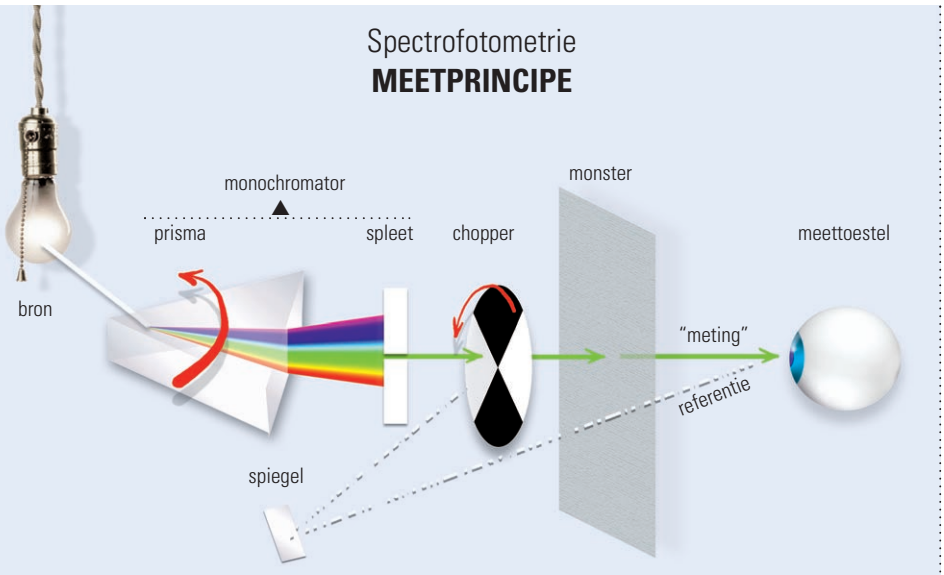
De LTA- en ZTA-waarden worden door de glassector enkel bepaald bij een loodrechte inval. Dit heeft een praktische achtergrond, omdat het bepalen van de waarden voor verschillende invalshoeken zou leiden tot een enorm groot aantal metingen. Bij een schuine inval zijn deze waarden lager, onder meer omwille van de grotere afstand die de straling doorheen de beglazing moet afleggen. Hierover bestaan echter geen concrete waarden. Een veelgebruikte vuistregel is dat bij een hemisferisch invallende, diffuse straling, tegenover een loodrechte inval, een waardedaling van 10% verondersteld wordt.

In klassieke beglazingen zijn de ZTA- en LTA-waarden veelal aan elkaar gebonden. Een verlaging van de ZTA-waarde, gewenst om oververhitting te vermijden, heeft meestal tot gevolg dat ook de LTA-waarde vermindert, waardoor minder licht binnentreedt. De glasindustrie heeft deze contradictie in zekere mate kunnen doorbreken, door het aanbrengen van golflengte-afhankelijke coatings in de zg. selectieve beglazingen.

■ Productgegevens voor zonweringdoeken

Het gebruik van zonwering heeft een duidelijk positieve invloed op het binnenklimaat in zomervoorwaarden. Maar hoe kan men de kenmerken van deze systemen leren kennen, zodat men coherente en betrouwbare gegevens kan hanteren voor de ZTA-waarde? Want gegevens met betrekking tot de prestaties van zonweringdoeken zijn weliswaar talrijk aanwezig, maar helaas gebruikten de diverse fabrikanten in het verleden niet steeds dezelfde bepalingsmethodes. Om praktische redenen werden bv. testresultaten volgens Amerikaanse ASHRAE-methodes gebruikt, bij gebrek aan gestandaardiseerde Europese methodes en betaalbare Europese laboratoria. Daarin is verandering merkbaar. Het werk van verschillende Europese normeringswerkgroepen (o.a. CEN TC 89 en CEN TC 129) en de EN410 hebben ertoe geleid dat de eenvormige aanpak van dit thema verbeterd is.

Hierbij is standaardisatie van de zonsinvalshoek een belangrijk aandachtspunt om tot eenvormige productgegevens te komen. Bij TNO in Nederland worden daarvoor nu vaste randvoorwaarden gehanteerd bij de bepaling van de karakteristieken van de licht- en zontoetreding, met name een zonnehoogte van 45°, de zon loodrecht voor de gevel (dus invalshoek op het doek 45°), een totale zonnestraling van 753 W/m² (100%), verdeeld in directe bundelstraling onder 45° van 555 W/m² (74%) en een diffuse straling van 198 W/m² (26%).

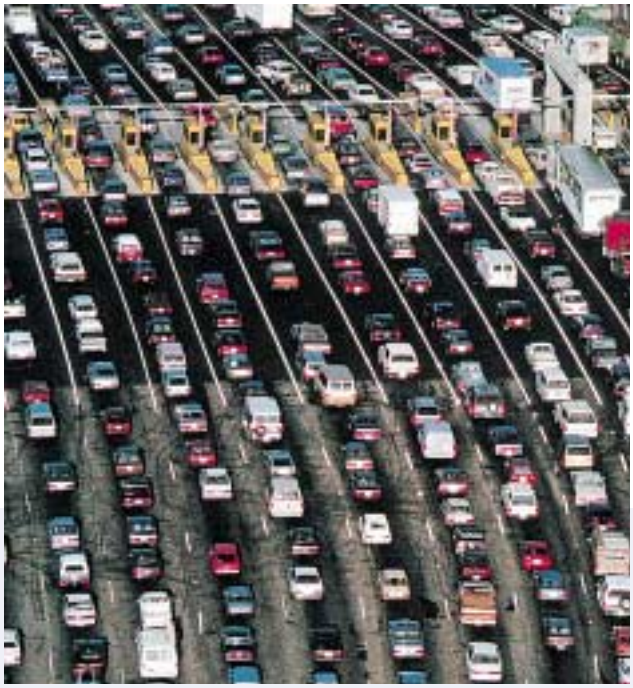


Figuur 13: Schema van een spectrofotometer. Bron: WTCB

Het zonwerende element van de meest courante zonwering is textiel. Buitenjaloezieën in metaal zijn in ons land minder populair, hoewel ze in landen zoals Duitsland en Zwitserland steeds de meest gangbare vorm van verticale zonwering zijn geweest. De textielsoorten die gebruikt worden in buitenzonwering vallen meestal in één van de drie hoofdcategorieën: polyacrylaat, glasvezeldoek of polyester.

▶ Om de productkarakteristieken op het gebied van zonwerendheid te kennen, wordt het doek getest in een spectrofotometer. Dit apparaat meet de energetische

reflectie en transmissie evenals de lichttransmissie en –reflectie. Per saldo wordt de absorptie bepaald en de ZTA of g-waarde van het doek wordt dan bepaald met een genormaliseerde formule. De testen gebeuren op een klein stukje textiel van enkele centimeters. Een van de doelstellingen van VLIET-I was deze zg. type-metingen te toetsen aan de resultaten van reële metingen op verschillende niveaus (meetcellen op laboratoriumniveau, een testwoning en een aantal reële gebouwen, zowel woningen als kantoren) en deze metingen te vergelijken met de resultaten van computergestuurde simulatieprogramma's, om daaruit een conclusie te kunnen trekken betreffende de betrouwbaarheid van deze laatste. De metingen gebeurden in de zg. PASLINK testcellen, in de zg. IDEE-woning en tenslotte in een aantal bewoonde gebouwen, waaronder een bestaand gebouw van het WTCB en een aantal woningen, kantoren en schoolgebouwen. Over de resultaten gaat het volgende hoofdstuk.



Milieu: hoe is het zo ver kunnen komen en kunnen we het nog oplossen?

Broeikasgassen, ozonlaag, ontbossing, overbevissing, waterpollutie, afbouw van de biodiversiteit . . . , zelfs de meest conservatieve opiniemakers zijn het er over eens dat de mensheid er een puinhoop van gemaakt heeft. "It's not possible to leaf though the charts, maps and case studies without wondering: How did we let things get to this point?" *zegt Eugene Linden in een speciale uitgave van Time Magazine. Men vindt daar ook een interessant en bemoedigend antwoord op de vraag* "Kunnen we het nog oplossen?".

Intelligent bouwen kan helpen

Het goede nieuws is dat er oplossingen zijn. Het slechte nieuws is dat we onze gewoontes drastisch zullen moeten veranderen. "Increased efficiency – doing more with less – will enable us to use fewer resources and produce less pollution per capita, buying us the time to bring solar power, hydrogen fuel cells and other futuristic technologies on line" *stelt Mark Hertsgaard, en hij gaat verder:* "Super-refrigerators use 87% less electricity than older, standard models, while costing the same, assuming mass production, and performing much better. In Amsterdam, the headquarters of ING Bank, one of Holland's largest banks, uses one-fifth as much energy per square meter as a nearby bank, even though the building cost the same to construct. The ING building boasts efficient windows and insulation and a design that enables solar energy to provide much of the building's needs, even in cloudy Northern Europe."

Er moet een lange-termijn visie komen

Over de vraag "Hoe hebben we het zo ver laten komen?" *maakt Stewart Brand een interessante analyse. Hij beweert dat we pas goed bewust werden van onze verantwoordelijkheid voor de toestand van de planeet aarde toen we de aardbol konden zien, op fraaie foto's gemaakt door het ruimteschip Apollo 8 in 1968. Voor de eerste keer kon je naar de aarde kijken, op fascinerend mooie foto's, en plotseling groeide het besef dat we een planeet hadden waar we goed voor moesten zorgen. En er groeide een nieuw tijdsperspectief. Aspecten zoals de gezondheid van de atmosfeer, de toestand van de oceanen en een stabiel klimaat overstijgen natuurlijk elke nationale benadering. Regeringen beperken zich traditioneel tot thema's die bij de volgende verkiezingsuitslag succes opleveren. Bedrijven kijken naar het lopende kwartaal, het lopende jaar of misschien de volgende drie jaar. Maar ecologische problemen kunnen niet opgelost worden op tijd van enkele jaren, ze vergen tientallen jaren. Wie zorgt daar dan voor en is het wel oplosbaar?*

Een druppel op een hete plaat?

De consensus is inmiddels dat milieuproblemen wel degelijk kunnen opgelost worden maar dat het veel tijd en geduld vraagt. Zegt Brand: "Patience, I believe, is a core competence of a healthy civilization. . . . Fashion and commerce change quickly, as they should. Nature and culture change slowly, as they should. Infrastructure and governance move along at middling rates of change". *Een gezond milieubeleid zou ervoor moeten zorgen dat de economie verder kan groeien, maar niet tegen een snelheid die het aanpassingsritme van de natuur verkracht. Ofschoon het voor iedereen duidelijk was dat er steeds minder kabeljauw in de Noord Atlantische Oceaan gevangen werd en dat de vis steeds kleiner werd, nam de regering van Canada geen enkele maatregel, uit angst dat er jobs zouden verdwijnen. Dat heeft de kabeljauwvisserij daar bijna ten gronde gericht.*

Er is politieke moed en een visie op lange termijn nodig om de milieuproblematiek aan te pakken. Het duurt decennia voordat er oplossingen gevonden worden en het kan best eeuwen duren voordat bepaalde oplossingen hun effect sorteren.

Heeft een EPR in Vlaanderen dan wel zin? Kan de inspanning om iets minder energie te verbruiken door zo'n wetgeving ook maar iets veranderen aan de toestand van de atmosfeer? Is het een druppel op een gloeiend hete plaat? Het antwoord ligt in het feit dat vele landen een soortgelijk initiatief nemen, dat de bewustwording scherp gehouden wordt door regelmatige klimaatconferenties en dat we natuurlijk een beetje geduld zullen moeten uitoefenen.
Een eeuw of zo?

Bron: TIME Magazine, Special Earth Day 2000, April/May 2000. Stewart Brand heeft de "Whole Earth Catalog" op zijn palmares en is voorzitter van een stichting die een klok van 10.000 jaar bouwt, The Clock of the Long Now. (www.longnow.org)

4 Meetmethodes en hun resultaten

Tijdens het VLIET-project werden metingen uitgevoerd in drie verschillende omgevingen: een laboratoriumopstelling (de PASLINK-cel), een onbewoonde vrijstaande woning (IDEE-gebouw) en een kantoorgebouw (gebouw B). In dit hoofdstuk geven we een overzicht van de metingen en de resultaten die in het kader van het project verkregen werden.

bron: Dickson

De laboratoriumopstelling | De PASLINK-cel is een geïsoleerde container met zowel in het dak als in de zuidelijk gerichte wand openingen waarin de te testen materialen geplaatst worden. De testruimte is uitgerust met tegelijk een verwarmings- en een koelsysteem en functioneert als een calorimeter. Dit maakt het mogelijk om op een zeer precieze manier warmteverliezen en warmtewinsten te bepalen. De metingen met de PASLINK-cel werden uitgevoerd om de warmtedoorgangscoëfficiënt U, de g-waarde en de lichttransmissie LTA van een raam met dubbele beglazing en met vier verschillende zonweringsystemen te bepalen.

Figuur 14: De PASLINK-meetcel

■ **Tijdens de eerste reeks testen** is een raam gebruikt dat bestaat uit twee delen met verbeterde dubbele beglazing (argonvulling en lage e-coating, centrale U-waarde 1.3 W/m²K volgens EN 410). De beglazing is gemonteerd in een isolerend raamwerk. Als zonweringdoek werd een glasvezeldoek gebruikt van een veel gebruikt type en een populaire kleur. Tabel 3 vat de meetresultaten samen.

	Referentieraam	Binnenzonwering	Buitenzonwering
U (W/m² K)	1.70	1.60	1.55
g (doek grijs-wit Sergé)	0.50	0.39	0.08
τ_v (doek grijs-wit Sergé)	0.77	0.03	0.04

Tabel 3: Meetresultaten voor een zonwering in het vlak van het raam.

Concreet betekent dit:

– dat een glasvezeldoek, gebruikt als verticale, oprolbare zonwering, een gemeten g-waarde vertoont van 0.39 bij toepassing binnen – dus 39% van de zonne-energie wordt binnengelaten door de combinatie van het glas en het doek, tegenover 50% door het onbedekt, performante glas.
– Indien het doek aan de buitenkant wordt gebruikt, daalt de g-waarde tot 0.08, wat betekent dat 92% van de zonne-energie wordt tegengehouden en slechts 8% binnentreedt.
– Deze getallen bevestigen de laboratoriummetingen met een spectrofotometer op kleine stukjes weefsel en geven in sommige gevallen zelfs betere resultaten dat deze type-metingen doen vermoeden.
– De conclusie van deze metingen is dan ook dat zonwering buiten goed presteert en dat de metingen op kleine schaal een betrouwbare aanduiding geven.
– De metingen geven echter ook aan dat zonwerende doeken, naargelang ze efficiënter de warmte weren, ook veel licht wegnemen. Een logische conclusie, maar daarom niet minder belangrijk.
– Tenslotte verdient het vermeld te worden dat de zonwering ertoe bijdraagt om de U-waarde van de beglazing te verbeteren door het effect van de luchtlaag tussen glas en zonwering (van 1.7 naar 1.55 voor buitenzonwering).

Een belangrijke andere conclusie betreft echter de vergelijking tussen de resultaten van deze meetcampagne en de resultaten van de berekening van de effectiviteit van zonwering volgens de zg. 'vereenvoudigde methode' die binnen de Europese normalisatie-werkgroepen wordt gehanteerd. In CEN TC89 WG7 wordt gewerkt aan zowel een gedetailleerde als een vereenvoudigde berekeningsmethode voor de bepaling van de kwaliteiten van combinaties glas-plus-zonwering op het gebied van warmtewering en lichtdoorlaatbaarheid. Daarbij is de gedetailleerde methode gebaseerd op de eigenschappen van de gebruikte materialen en wordt ook de invloed van de eventuele verluchting van de spouw tussen glas en zonwering in rekening gebracht. Ook de effecten van convectie, straling en geleiding worden apart meegerekend. Voor de vereenvoudigde methode is enkel de kennis van de productkarakteristieken vereist en wordt een aantal eenvoudige fysische hypotheses gehanteerd. Deze methode heeft niet tot doel om g-waarden te bepalen voor een accurate bepaling van de bijdrage van zonwering aan het binnenklimaat, maar eerder om een "veilige" waarde vast te leggen, waarmee de koellast kan worden berekend.

Welnu, wanneer men deze vereenvoudigde methode gebruikt voor de producten die ook in de PASLINK-cel werden ingezet, dan komt men tot de verrassende conclusie dat de berekening volgens de vereenvoudigde methode een véél slechter resultaat geeft dan de meetresultaten aanduiden. Waar men bij buitenzonwering een g-waarde van 0.08 meet, levert de vereenvoudigde methode een waarde van 0.15 op, bijna het dubbele en dus een grove onderschatting van de effectiviteit van de zonwering. Bij binnentoepassing is het niet anders: de metingen geven een g-waarde van 0.39, terwijl de vereenvoudigde formule leidt tot een waarde van 0.47, dus ruim 20% minder efficiëntie. De vereenvoudigde rekenmethode is dus niet geschikt om de waarde van de bijdrage van zonwering aan het binnenklimaat te meten, want een verschil van bijvoorbeeld 0.15 tegenover 0.08 heeft een significant effect op het thermisch klimaat. De metingen zijn dus erg nuttig gebleken om de zonwering in een juist daglicht te plaatsen.

■ **De tweede reeks metingen** gebeurde met een tweetal schermen die niet verticaal, parallel met het glas, worden opgesteld, maar die hellend aangebracht zijn, nl een uitvalscherm en een knikarmscherm. Deze schermen waren beide uitgerust met een doek uit polyacrylaat, in een effen donkergroene kleur. Metingen van lichttransmissie zijn in dit geval niet relevant, door de ondoorzichtigheid van het doek, maar ook vanwege de variabele hellingshoek van het scherm.

	Referentieraam	Uitvalscherm	Knikarmscherm
U (W/m^2K)	1.70	Niet gemeten	Niet gemeten
g (acryldoek forest green)	0.50	0.09	0.11
τ_v (acryldoek forest green)	0.77	Niet relevant	Niet relevant

Tabel 4: Meetresultaten voor twee types zonwering niet in het vlak van het raam.

Ook hier geldt de conclusie betreffende de vereenvoudigde berekeningsmethode en scoren de schermen beter dan men op basis daarvan zou denken. De g-waarde van deze schermen, zoals in de tabel aangegeven, moet beschouwd worden als een gemiddelde, omdat de aard van de schermen ertoe leidt dat zon- en lichtinval variëren naargelang de oriëntatie en de afmeting van het scherm.

■ **Als algemene conclusie van de metingen in de PASLINK-cellen geeft het WTCB aan:**[13]

— dat de geteste buitenzonwering, zowel screens als knikarm- en uitvalschermen, in combinatie met verbeterd dubbel glas, een significante bijdrage levert in de strijd tegen oververhitting

— dat verticale zonwering een weliswaar beperkte, maar positieve invloed heeft op de U-waarde van het venster, vooral bij isolerend glas

— dat er een vereenvoudigde berekeningsmethode bestaat voor de berekening van de bijdrage van verticale zonwering, parallel met het raam, maar dat deze methode niet geschikt is om een betrouwbare waarde te bepalen in het debat van de vermijding van oververhitting.

De onbewoonde woning | Er zit een zekere logica in de verschillende meetcampagnes: wanneer de fabrikanten van zonwering, en meer in het bijzonder de wevers van zonweringdoek, steeds beschikken over kengetallen die gemeten worden met een spectrofotometer, op een piepklein stukje weefsel, dan levert de meting in een testcel, zoals PASLINK, al een resultaat dat een stap dichter bij de realiteit staat. Indien men vervolgens metingen kan uitvoeren in reële woningen en die vergelijken met de beide andere, dan vergroot men de betrouwbaarheid van de verkregen waarden. Daarom werd een tweede reeks metingen, ter aanvulling van de metingen in de PASLINK-cellen, uitgevoerd in een bestaande woning, de zg. IDEE-woning.

Deze campagne had meerdere doestellingen:

— De wetenschappers wilden een vrijstaande woning uitrusten met een breed spectrum aan meetapparatuur om daarmee via monitoring gebouwencomponenten op normale schaal te kunnen testen en bouwstrategieën te kunnen bepalen.

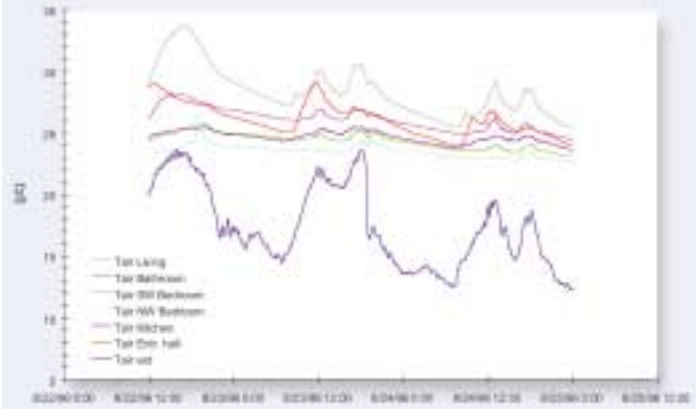
— De metingen moesten ook de betrouwbaarheid van simulatieprogramma's in een reëel gebouw evalueren, door het vergelijken van de resultaten van simulatieberekeningen met metingen in reële omstandigheden, met natuurlijk een toegespitste aandacht op het voorspellen van problemen van oververhitting en het evalueren van verschillende strategieën voor het voorkomen ervan, met name zonwering.
— Uiteindelijk moest de woning na verbouwing voldoen aan de laatste aanbevelingen qua isolatie en ventilatie en zo een goed zomercomfort kunnen garanderen.

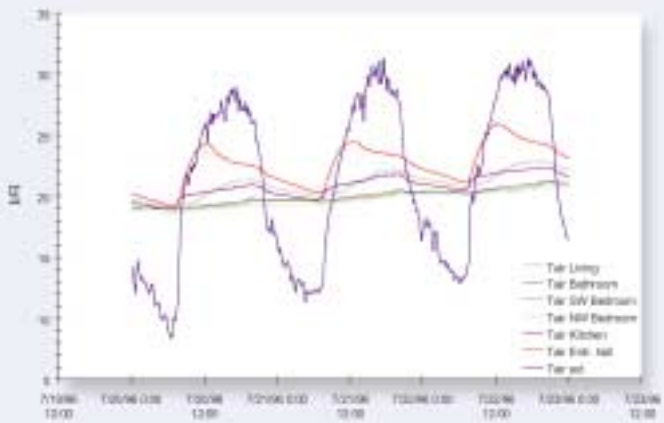
De woning, gebouwd op de WTCB-onderzoekscampus te Limelette, had al te kampen met oververhitting tijdens de zomermaanden en was daarom een geschikt onderzoeksobject. Het gaat om een typische, vrijstaande eengezinswoning, met 14 m^2 glas op de zuidgevel, 5 m^2 op de noordgevel en 2.5 m^2 op de oost- en westgevel.

Metingen met en zonder zonwering

De metingen met en zonder zonwering vonden plaats van 8 juni tot 2 september 1996, maar twee welbepaalde driedaagse periodes werden geselecteerd als referentieperiodes, vanwege hun vergelijkbaar buitenklimaat. Tijdens die periodes bleven alle ramen en binnendeuren van de woning gesloten zodat grote luchtverplaatsingen vermeden werden en de zonnewinsten voor elke kamer gedetailleerd bestudeerd konden worden. Er verbleven eveneens geen mensen in huis. Tijdens de test met zonwering bleef deze de hele testperiode naar beneden.

De metingen zonder zonwering en met zonwering onderbouwen volgende waarnemingen.





Figuur 15: Metingen zonder zonwering

De binnentemperatuur is steeds hoger dan de buitentemperatuur. Mét bewoners zou de woning echter intensief worden geventileerd, wat tot een meer aanvaardbaar binnenklimaat zou geleid hebben.

De zuidelijk georiënteerde kamers krijgen met de grootste oververhitting te kampen. Ook al krijgen de noordelijk georiënteerde kamers geen bezonning toch blijft ook hun temperatuur hoger dan de buitentemperatuur. Dit is te wijten aan de globale opwarming van het gebouw.

Figuur 16: Metingen met zonwering

De binnentemperatuur blijft de hele dag lager dan de buitentemperatuur zelfs tijdens de warmste uren. Mét bewoners zouden er vermoedelijk overdag ramen en deuren openstaan wat zou leiden tot een hogere binnentemperatuur.

De zuidelijk georiënteerde kamers zijn niet langer de warmste. Hun temperatuur is niet beduidend hoger dan die van de noordelijk georiënteerde kamers.

De warmste ruimte is de oostelijk georiënteerde inkomhal. De oorzaak is de beglazing zonder zonwering. Dit heeft echter geen effect op het binnenklimaat van de woning. De inkomhal is een kleine ruimte en de binnendeuren zijn gesloten.

■ Besluiten

De besluiten zijn duidelijk. Tijdens de gemeten zomerperiodes is het binnenklimaat van de woning zonder zonwering onaanvaardbaar hoog. Zelfs tijdens een periode met hogere buitentemperaturen presteert de woning mét zonwering duidelijk beter. We mogen echter niet vergeten dat de metingen werden uitgevoerd in een onbewoonde woning. Interne warmtewinsten (metabolische warmte door de aanwezigheid van mensen en warmte van machines) en geopende ramen en deuren zouden zeker leiden tot andere binnentemperaturen maar waarschijnlijk tot dezelfde conclusies.

	Zonder zonwering	Met zonwering
Gemiddelde buitentemperatuur tijdens testdagen	17.4 °C	21.3 °C
Maximale buitentemperatuur	24 °C	30 °C
Totale bezonning op zuidelijke gevel (totaal voor 3 dagen)	9.7 kWh/m²	11.4 kWh/m²
Minimum en maximum temperatuur binnen	22 tot 34 °C	19 tot 23 °C

Tabel 5: Samenvatting van de meetresultaten in de IDEE-woning.

Nadat de metingen in de PASLINK cellen hebben aangetoond dat de g-waarde van zonwering, met name buitenzonwering, gunstig is – gunstiger dan de vereenvoudigde berekening zou aangeven – bewijst de serie testen in de IDEE-woning nu dat dit ook effectief leidt tot een beter binnenklimaat en dat er een behoorlijk verschil is tussen de binnentemperatuur op warme dagen, wanneer men buitenzonwering heeft toegepast.

Het kantoorgebouw WTCB-B | Een derde reeks metingen werd verricht in het kantoorgebouw B dat behoort tot het complex van het WTCB te Limelette. Dit gebouw bevat 2 bouwlagen en 18 lokalen. Elk lokaal heeft een raamoppervlakte van 3.2 m². Er werd een aantal aanpassingen en veranderingen aan het gebouw aangebracht, ter voorkoming van oververhitting. De doelstelling van de meetcampagne was om het effect van deze maatregelen te testen en daardoor te evalueren hoe men in de praktijk een bestaand gebouw tegen oververhitting kan beschermen.

Drie welbepaalde acties werden uitgetest:

- Het verminderen van de zonnewinsten door het installeren van buitenzonwering.
- Het verminderen van de interne warmtewinsten door het gebruik van een efficiëntere kunstverlichting.
- Het nachtelijk afkoelen van het gebouw door middel van intensieve, natuurlijke ventilatie.

De invloed van elk van deze maatregelen op het thermisch comfort werd nagegaan. Omdat deze maatregelen echter ook een gedeelte van het daglicht wegnamen, werd ook de invloed op het visueel comfort onderzocht. En tenslotte werd eveneens onderzocht of deze maatregelen niet ten koste van een hoger energieverbruik gingen. Ook heeft men gepoogd om een beter inzicht te krijgen in de subjectieve ervaring van de gebruikers van de lokalen die uitgerust werden met deze systemen.

■ Het aanbrengen van buitenzonwering

Omdat het gebruik van buitenzonwering de meest afdoende maatregel is tegen oververhitting in de zomer — want de zon wordt tegengehouden voordat ze een kans heeft door het glas binnen te treden – werden in sommige lokalen van het gebouw op de eerste verdieping drie verschillende, automatisch gestuurde systemen aangebracht. De automatisering van de zonwering is bijzonder belangrijk, omdat dan de oververhitting ook wordt voorkomen wanneer de gebruiker afwezig is.

- Twee lokalen op de oostgevel (239 en 240) en twee lokalen op de westgevel (226 en 227) werden uitgerust met een verticaal oprolbaar scherm (een 'screen'). Er werd een licht doorzichtig, lichtgrijs glasvezeldoek gebruikt, met een energietransmissiecoëfficiënt (τ_e) van 11%, een energiereflectie (ρ_e) van 30% en een energieabsorptie (α_e) van 59%. De lichttransmissiecoëfficiënt (τ_v) van het doek was 11%. Door de kleine perforaties van het weefsel blijft het uitzicht naar buiten min of meer behouden. Telkens werd in één van de twee lokalen op elke gevel een ventilatierooster aangebracht op een opengaand deel van het raam.

– Een uitvalscherm werd geïnstalleerd op twee ramen op de oost- en westgevel (234, resp. 228). Het scherm was uitgerust met een donkergroen, ondoorschijnend doek uit polyacrylaat, met een τ_e van 0%, een ρ_e van 9% en een α_e van 91%, met een τ_v van 0%. Het scherm was 1.6 m breed en werd geïnstalleerd met een hellingshoek van ten opzichte van de horizontale van 60° en komt dan ter hoogte van de onderste raamrand.
– Tenslotte werd in twee andere lokalen, op de oost- en westgevel (233, resp. 229), een knikarmscherm geïnstalleerd met hetzelfde donkergroene polyacrylaatdoek. Het scherm is 1.8 m breed en heeft een hellingshoek van 45°. Omdat het wat hoger is bevestigd dan het uitvalscherm komt de onderkant van het scherm ongeveer op 75 cm onder de bovenste raamrand.

Alle schermen werden gestuurd door een meetcel voor de bezonning en een anemometer voor de bescherming tegen teveel winddruk. Vanaf het moment dat een bepaalde, vooraf ingestelde hoeveelheid zonnestraling op de gevel valt, gaat het scherm automatisch naar beneden, dus ook bijvoorbeeld om 6 uur 's ochtends op een mooie zomerdag en lang voordat het personeel op kantoor komt. De automatische regeling kan steeds worden bijgesteld met een schakelaar, zodat het systeem ook aan afwijkende individuele eisen kan voldoen. Alleen de bescherming tegen de wind werkt onafhankelijk en moet ervoor zorgen dat de schermen niet beschadigd worden bij storm of hoge windsnelheid. Er werd één sturing voorzien per kantoor, zodat de lokalen die met twee verticale screens werden uitgerust telkens slechts één sturing voor beide zonweringen hadden.

Figuur 17: Zonwering en lichtwering in een hotel

❑ Meetresultaten[14]

De metingen van het effect van zonwering op het thermisch comfort in gebouw B werden uitgevoerd gedurende de warmste dagen van de zomer van 1996, met name een periode van 78 dagen tussen einde juni en begin september, parallel met de metingen in de IDEE-woning. Met behulp van kleine dataloggers, de zg. Tinytags, werd de binnentemperatuur in alle lokalen op de eerste verdieping gemeten, ook in die lokalen waar geen nieuwe maatregelen waren genomen. Omdat de gebruikers werden vrij gelaten in het gebruik van het gebouw, waardoor sommige lokalen intensiever werden geventileerd dan andere, door meer open deuren bijvoorbeeld, is het niet steeds gemakkelijk om de resultaten te interpreteren. Maar er zijn toch een aantal opvallende verschillen en tendensen.

Maar hoe moet men het effect evalueren? Welke criteria legt men ten grondslag? Hier komt het begrip ***overschrijdingsuren boven 25°C*** en het begrip ***graaduren*** van pas. Beide begrippen werden voor het eerst gebruikt door de Nederlandse Rijksgebouwendienst, als objectieve maatstaf voor thermisch comfort. Volgens deze regel zou men in een comfortabel kantoorgebouw de temperatuur van 25°C maximaal gedurende 100 uur per jaar mogen overschrijden. Het aantal overschrijdingsuren geeft dan een beeld van de **frequentie** van de oververhitting, terwijl het aantal graaduren (dat is het aantal uren boven 25°C vermenigvuldigd met het temperatuurverschil ten opzichte van 25°C) aangeeft **in welke mate** er oververhitting optreedt. Er bestaat nog geen overeenstemming over het maximaal aantal graaduren, maar indien men daarvoor 6% van

de jaarlijkse kantoortijd zou aannemen, komt men tot een maximum aantal graaduren van 150.

Omdat de meeste lokalen op de westgevel van een sterke structurele beschaduwing genieten, vanwege de omringende gebouwen, werd het effect van de buitenzonwering op de lokalen op de oostgevel geëvalueerd. Daar werd een zeer duidelijk verschil vastgesteld tussen de lokalen mét en die zonder zonwering. De vier beste resultaten vindt men inderdaad in de lokalen met buitenzonwering. Het aantal graaduren overschrijdt weliswaar het getal van 150, maar de verschillen met de lokalen waar géén maatregelen werden genomen zijn indrukwekkend. Het aantal graaduren op deze gevel varieert inderdaad van 945 in lokaal 235-236 tot 168 in lokaal 234, terwijl het beste cijfer voor een lokaal zonder buitenzonwering, n° 232, een getal van 299 graaduren oplevert. Maar in dat lokaal waren er weinig interne warmtewinsten en was er intensief gebruik van binnenzonwering en ventilatie.

Gemiddeld mag men stellen dat het aantal graaduren in de lokalen met buitenzonwering sterk verminderd is, vaak met een factor 3 tot 4.

Lokaal n°	**240**	**239**	**238**	**237**	**235-236**	**234**	**233**	**232**
Aantal graaduren	194	179	639	553	945	168	270	299
Maatregelen	VS	VS, NV	–	–	–	US	KA	–

Tabel 6 : Meetresultaten in verschillende lokalen op de oostgevel van Gebouw B.

Opvallend is ook dat de nachtventilatie het effect nog versterkt: van twee identieke lokalen, beide met een verticaal oprolbaar buitenscherm, maar waarvan één lokaal mét (239) en één zonder (240) nachtventilatie was uitgerust, stelde men een verbetering van ongeveer 8% vast van het aantal graaduren. Op het eerste gezicht geen spectaculaire bijdrage. Indien men echter het effect van de interne warmtewinsten verdisconteert ziet het resultaat er anders uit en komt de bijdrage van de nachtelijke ventilatie beter naar voren. Inderdaad, in lokaal 239 was de bezetting intenser, met 2 personen en slechts 7.9 m^2 per persoon, terwijl in lokaal 240 slechts één persoon werkte. De extra warmtewinsten worden dus volledig gecompenseerd door de nachtelijke ventilatie.

In tabel 6 zijn de metingen opgevoerd evenals het verschil tussen de lokalen. De maatregelen die genomen werden, zijn aangeduid met de volgende afkortingen: VS= uitgerust met een verticaal scherm, NV = nachtelijke ventilatie, — = geen extra maatregelen, US = uitvalscherm, KA = knikarmscherm.

Omdat de resultaten beïnvloed worden door de bezetting van de lokalen, die de interne warmtewinsten mede bepalen, en door de graad van ventilatie, kan men slechts conclusies trekken door lokalen te vergelijken die op dat gebied inderdaad vergelijkbaar zijn. Dat is het geval voor de kantoren n° 234, 237 en 238, waar zowel de interne warmtewinsten door PC's en verlichting als de intensiteit van bezetting door personeel dezelfde waren. Het enige verschil was de buitenzonwering in lokaal 234, waar drie tot vier keer minder graaduren worden vastgesteld.

❑ Het effect van het type buitenzonwering

Er werden met opzet drie verschillende types zonwering toegepast, namelijk een verticaal oprolbaar scherm met een lichtgrijs glasvezeldoek, een uitvalscherm en een knikarmscherm, beide met een donkergroen polyacrylaatdoek. Het doel was vast te stellen welk type scherm het best presteert, zowel op het gebied van thermisch als van visueel comfort.

Men stelde vast dat er weinig verschil was tussen het effect op de opwarming van het verticaal scherm en het uitvalscherm. Dat kan vreemd lijken, omdat het verticaal scherm (τ_e = 11%) méér zon zou moeten doorlaten dan het uitvalscherm (τ_e = 0%). Maar dat wordt blijkbaar gecompenseerd door de hoeveelheid straling die, door de grond gereflecteerd, niet door het uitvalscherm wordt tegengehouden. Ook stelde men vast dat het aantal graaduren voor het verticaal scherm in lokaal n° 240 op de oostgevel hoger is dan die van lokaal 234 met een uitvalscherm, maar op de westgevel stelde men het tegengestelde vast. De verschillen zijn te klein om er conclusies aan te kunnen verbinden.

Er was wel een markant verschil vast te stellen tussen deze beide

zonweringen en het knikarmscherm. Door de lagere hellingshoek van het scherm biedt het iets minder beschaduwing, maar het is dan ook bedoeld voor toepassingen waar men onder het scherm moet kunnen doorwandelen, zoals terrassen, winkeletalages enz.

❑ Het effect van beschaduwing

Zonwering heeft als eerste effect het beperken van de directe zonnestraling en daardoor ook een deel van de warmtewinsten. De maatstaf daarvoor is de ZTA, of g-waarde. De berekening ervan, volgens de vereenvoudigde CEN-methode, is eigenlijk bedoeld voor verticale schermen, waarbij het glas volledig bedekt is door het zonwerend doek. Voor een uitval- of knikarmscherm is deze berekening niet zinvol. Bovendien houdt deze methode een 'veilige' slag om de arm, omdat ze geen rekening houdt met met de verluchting van de ruimte tussen doek en glas, waardoor het zonwerend effect sterk verbetert. De vereenvoudigde CEN-berekeningsmethode is dus slechts van beperkt belang.

Daarom heeft het WTCB de vergelijking gemaakt op basis van de evaluatie van de 'beschaduwing'. Voor de uitval- en knikarmschermen kan men stellen dat de secundaire warmte-overdracht, door de luchtlaag tussen glas en doek, onbestaande is door de grote afstand ertussen. Daarentegen is er daar wel een belangrijke bijdrage van de grondreflectie. Terwijl voor de verticale schermen een zekere temperatuuropbouw bestaat tussen doek en glas, een ruimte die dan weer geventileerd wordt omdat ze zijdelings en naar boven open is. Daarom is de bijdrage van deze luchtlaag ook moeilijk te berekenen. Een belangrijke karakteristiek voor de thermische huishouding is dus de beschaduwing. Deze is afhankelijk van de afmeting van het doek, de oriëntatie en de hellingshoek van het venster en van de periode die wordt beschouwd. Want de situatie 's ochtends, bij het opgaan van de zon, is geheel verschillend van de situatie 's avonds, wanneer de zon ondergaat.

Er werd een software gebruikt[15] die het mogelijk maakt een 'beschaduwingsfactor' te berekenen, in percent, waarbij een lager percentage een betere beschaduwing betekent en 100% géén beschaduwing.

In de tabel 7 wordt de gemiddelde zomerse beschaduwingsfactor in % gegeven voor de verschillende schermen (oost-oriëntatie).

Soorten schermen	mei-september
Verticaal scherm (lokalen 239 en 240)	11
Uitvalscherm (lokaal 234)	15
Knikarmscherm (lokaal 233)	18

Tabel 7: Beschaduwingsfactoren in % vanwege de buitenzonweringen voor de 5 zomermaanden (oost-oriëntatie).

Dit betekent concreet dat het verticaal scherm de beste beschaduwing biedt, omdat het gehele glas bedekt wordt, terwijl het knikarmscherm iets minder scoort dan het uitvalscherm. Zoals gezegd heeft het knikarmscherm dan ook meestal een ander doel.

❑ Zonwering en daglicht

Het gebruik van buitenzonwering leidt uiteraard tot een daling van de hoeveelheid binnentredend daglicht. Hoeveel is afhankelijk van de lichttransmissiecoëfficiënt (τ_v) van het doek, maar een efficiënte warmtewering zal al gauw 85 tot 90% van het daglicht wegnemen.

Uit metingen in het WTCB-B gebouw bleek dat het knikarmscherm op dit gebied beter presteert dan het uitvalscherm en het verticaal scherm. Hierbij is de doekkeuze echter van groot belang. Naargelang de gekozen kleur kan het resultaat verschillen. Maar in een aantal gevallen zal zonwering de noodzaak verhogen om de kunstverlichting aan te schakelen. Om goed en ontspannen te kunnen werken wordt een lichtintensiteit tussen 400 en 500 lux op het werkblad aangeraden. De lichtintensiteit op een zonnige dag bedraagt buiten al vlug 50.000 tot 70.000 lux. Zelfs op een bewolkte dag is er buiten nog steeds een lichtintensiteit van minstens 10.000 lux aanwezig.

Het knikarmscherm presteert het beste omdat het met zijn 45° de laagste hellingshoek heeft t.o.v. het verticaal scherm en daardoor veel meer raamoppervlakte vrijlaat. Er kan dus meer rechtstreeks hemellicht, via de zijkanten en reflectie, afkomstig van de grond, binnendringen.

Het uitvalscherm laat heel wat minder daglichttoetreding toe omwille van de steilere hellingshoek van 60°. Zowel de opening naar de grond als de openingen aan de zijkanten zijn hierdoor kleiner, maar ook hier is de keuze van het type doek erg belangrijk.

Het verticaal scherm laat minder goede prestaties vaststellen. Dit lijkt vreemd aangezien het scherm 11% van het licht rechtstreeks doorlaat. Bijgevolg zou de daglichttoetreding 11 % moeten bedragen van de lichtinval zonder zonwering. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de zonnehoek in reële omstandigheden kleiner is dan de loodrechte zonnehoek die gehanteerd wordt in een laboratoriumsituatie. Maar hieruit blijkt ook de tegenstrijdigheid van twee doelen: hoe efficiënter de warmtewering, des te lager de lichtinval.

De andere maatregelen

Naast zonwering in sommige lokalen werd het Gebouw B nog op twee andere vlakken gedeeltelijk aangepast: er werden nieuwe, efficiëntere verlichtingsarmaturen geïnstalleerd en nachtelijke ventilatie werd mogelijk gemaakt door de installatie van ventilatieroosters in de ramen. Het effect van deze laatste werd boven reeds even aangehaald. De conclusie was dat intensieve nachtelijke ventilatie, in combinatie met een degelijke zonwering, een forse verbetering van het thermisch comfort toelaat, doordat de thermische massa van het gebouw 's nachts kan afkoelen. De metingen in Gebouw B bevestigen zo de conclusies van een ander project, reeds aangehaald in de inleiding van deze brochure, namelijk het PLEIADE-project. Dit project *(Passive Low Energy Innovative Architectural Design)* werd door België uitgevoerd binnen het kader van een ruimer IEA-project *(International Energy Agency)* dat tot doel had bouwtechnieken te evalueren die een laag tot zeer laag energiegebruik garanderen. De bijdrage van de combinatie zonwering-nachtelijke ventilatie kwam daarin duidelijk en sterk positief naar voren.

De modernisering van de verlichting in gebouw B had als hoofddoel: beter licht voor lagere kosten en minder interne warmtewinsten tijdens de zomermaanden. Dat is ook gelukt. In plaats van 4 oude armaturen met elk 2 lampen van 40 W en een ballast van 20 W, dus 400 W, werden 3 nieuwe lampen van elk 50 W met een ballast van 5 W geplaatst, dus in totaal 165 W of bijna 60% minder. Op zich is dit reeds een besparing van 470 kWh per lokaal op jaarbasis, bij gelijkblijvend gebruik. De verlichting werd bovendien dimbaar gemaakt. Opvallend was dat de oude installatie een verlichtingssterkte van ongeveer 500 lux gaf, terwijl de nieuwe installatie, met 60% minder elektriciteitsverbruik, zonder dimming 737 lux gaf en met maximale dimming nog steeds 464 lux. Dit geeft aan welke verbeteringen de armaturen hebben ondergaan.

Waar moet het vandaan blijven komen?

Een jaar of twaalf geleden was er in Duitsland een bumpersticker te koop met als boodschap iets in de trant van "Waarom al die discussie over kernenergie? Bij mij komt de stroom gewoon uit het stopcontact". *Een wat botte verwijzing naar de vanzelfsprekendheid waarmee we met energie omgaan. Maar, eerlijk gezegd, als het verbranden van fossiele brandstof broeikasgassen geeft en de fossiele brandstoffen zijn sowieso eindig, als de kernenergie verbannen is en er is niet overal geothermie of hydro-energie, wat dan?*

Steve Schneider van NCAR (National Center for Atmospheric Research in Boulder, Colorado), stelt in National Geographic (10/90): "If we can delay a 2°C increase of global temperature from 2025 to 2050, we will have more time to develop alternate energy sources: nuclear, possibly fusion, is one option, despite its problems. But tapping the sun directly, by solar heat plants, and converting sunlight directly into electricity, is both possible and coming down in cost."

Toekomstmuziek?

Effect van zonwering op het energieverbruik van het gebouw

Het gebruik van elektrische zonwering betekent een klein meerverbruik aan elektrische energie voor de motoren en de sturing. Maar omdat de motoren slechts sporadisch in werking zijn is dit effect te verwaarlozen. Men moet echter wel rekening houden met de mogelijke invloed van zonwering op de verlichtingssterkte, waardoor een verhoogd gebruik van kunstlicht – en dus elektriciteit – kan veroorzaakt worden. Door een goede keuze van de kleur en de transparantie van het doek kan men dit effect echter in belangrijke mate tegengaan.

Bij gebouwen met airconditioning zal het gebruik van een zonwering echter wel een stevige energiebesparing opleveren. Tegenover elke eenheid (W) warmteverhoging die vermeden wordt, staat een derde tot een halve W elektrische energie die bespaard wordt op de koeling.

5 Conclusies

Het Project VLIET – Oververhitting van Gebouwen in Zomervoorwaarden heeft, gespreid over twee jaar, een rijkdom aan informatie opgeleverd over binnenklimaat, energieverbruik, betrouwbaarheid van simulatieprogramma's en het effect van zonwering op comfort, zowel thermisch als visueel, en energiebesparing.

Dat zonwering een grote rol kan spelen bij het verbeteren van het comfort en bij het vermijden van airconditioning werd duidelijk aangetoond door metingen op verschillende niveaus. De zonweringindustrie is uiteraard blij met deze wetenschappelijke bevestiging van wat zij haar klanten belooft.

In de praktijk bestaan er sofware programma's waarmee de bijdrage van buitenzonwering aan het totale energieverbruik kan worden berekend. Uit een berekening van de energiebehoefte zonder en mét zonwering kan men afleiden welke invloed de zonwering zal hebben op het binnenklimaat — zeg maar, met hoeveel graden de binnentemperatuur in de zomer zal dalen dank zij de zonwering. Vaak kan men dan vaststellen dat airconditioning in onze streken overbodig is, wanneer men zonwering gebruikt. Wordt er toch airconditioning voorzien, dan tonen de berekeningen aan welke reductie in de energiebehoefte voor koeling de zonwering met zich meebrengt. Afhankelijk van de aard van het gebouw, de hoeveelheid glas en de oriëntatie, kan dit getal oplopen tot 30 à 50%.

Moderne gebouwen, vooral kantoorgebouwen, worden steeds vaker uitgerust met een gebouwenbeheerssysteem dat alle aanwezige technieken die een invloed hebben op het binnenklimaat, zoals zonwering, koeling, verwarming en verlichting, met elkaar verbindt en via een computer stuurt om het thermische comfort te optimaliseren. Het allereerste doel is het bereiken van een energiebesparing om zo de kostprijs van een gebouw te beperken. Onrechtstreeks zal de energiebesparing ook leiden tot een vermindering van de CO_2 uitstoot. Sinds de Milieuconferentie van Tokyo heeft Europa het engagement aangegaan de huidige uitstoot van verbrandingsgassen drastisch te verlagen en zo het broeikaseffect te beperken.

Recent werd onder meer daarom voor het Vlaams Gewest het concept van Energie Prestatie Regelgeving (EPR) voor gebouwen geïntroduceerd. Het is de bedoeling om een totaalpakket aan eisen samen te stellen waaraan een comfortabel gebouw moet voldoen. Uiteindelijk moet dat leiden naar een lagere energieconsumptie. Hierbij kan de zonwering een belangrijke bijdrage leveren door de koellast van een gebouw te reduceren. Het is wenselijk, maar ook waarschijnlijk, dat over enkele jaren vele grote kantoorgebouwen over een goed functionerend gebouwenbeheerssysteem zullen beschikken en dat daarin zonwering één van de componenten is.

Op die manier kan zonwering, als een integraal deel van een degelijk systeem, een ruime bijdrage leveren aan de nobele taak om de uitstoot van broeikasgassen tegen te gaan, door het invullen van een dagelijkse behoefte aan een goed binnenklimaat.

glossarium
van begrippen, eenheden en andere moeilijke woorden

BEGRIP	SYMBOOL	OMSCHRIJVING
Acryldoek		Populaire naam voor een weefsel uit polyacrylaatvezels
Bezonning		Hoeveelheid zonne-energie die in- of opvalt, in kWh/m²
Candela	cd	Eenheid van lichtsterkte, 1 cd = 1 lm/sr of 1 lumen per steradiaal
CEN		Comité Européen de Normalisation
Diffuse straling		Door wolken en stofdeeltjes gereflecteerde, indirecte zonnestraling
Low-E glass		Low Emissivity Glass of glas met lage emissiviteit: door het aanbrengen van een speciale coating wordt de U-waarde van glas verbeterd
DIN		Deutsche Industrie Norm, tegenhanger van het BIN of Belgisch Instituut voor Normalisatie
Energetische absorptie	α_e	Verschil tussen de totale hoeveelheid invallende stralingsenergie en de som van de energetische reflectie en energetische transmissie
Energetische reflectie	ρ_e	Verhouding tussen de totale hoeveelheid gereflecteerde stralingsenergie en de totale hoeveelheid invallende stralingsenergie
Energetische transmissie	τ_e	Verhouding tussen de totale hoeveelheid doorgelaten stralingsenergie en de totale hoeveelheid invallende stralingsenergie
EPR		Energie Prestatie Regelgeving: komende Vlaamse wetgeving die het energieverbruik van gebouwen moet terugdringen door het stimuleren van intelligente bouwtechnieken, waaronder zonwering. Ook soms EPN genoemd (EnergiePrestatieNormering).
Golflengte	λ	Eenheid waarmee de golflengte van het stralingsspectrum wordt ingedeeld, meestal uitgedrukt in nm
Graaduren		Aantal uren boven 25°C vermenigvuldigd met het temperatuurverschil ten opzichte van 25°C, zie ook 'overschrijdingsuren'. Element van een maatstaf voor thermisch comfort, gebruikt door de Nederlandse Rijksgebouwendienst
GTO		Gewogen Temperatuuroverschrijdingsuren
G-waarde	g	Zie zontoetredingsfactor ZTA
Knikarmscherm		Ook vaak 'zonnetent' genoemd, scherm voor bevestiging tegen de muur ter beschaduwing van terrassen en winkeletalages, klapt uit via twee of meer knikarmen
Lichtreflectie	ρ_v	Verhouding tussen de totale hoeveelheid gereflecteerd licht en de totale hoeveelheid invallend licht
Lichttoetredingsfactor	LTA	Absolute lichttransmissiefactor, fractie van de invallende lichtstraling die doorgelaten, wordt door een glassoort of zonweringdoek, in het zichtbare deel van het zonnespectrum (λ tussen 380 en 780 nm)
Lichttransmissie	τ_v	Verhouding tussen de totale hoeveelheid doorgelaten licht en de totale hoeveelheid invallend licht
Lumen	lm	Eenheid van lichtstroom of hoeveelheid licht per tijdseenheid
Luminantie	cd/m²	Eenheid van helderheid van een oppervlak zoals waargenomen door het menselijk oog
Lux	lx	Eenheid van verlichtingssterkte, waarbij 1 lx = 1 lm/m²
Midden infrarood	MIR	Deel van het elektromagnetisch spectrum met λ tussen 2500 en 50000 nm, stemt overeen met de warmtestraling op kamertemperatuur
Nabij infrarood	NIR	Deel van het spectrum van het zonnelicht met λ tussen 780 en 2500 nm, infrarode straling van de zon en warmtestraling op hoge temperatuur
Nanometer	nm	10^{-9} of één miljardste meter
Openness Factor	OF	Verhouding tussen de loodrecht geprojecteerde oppervlakte van de openingen in een weefsel en de loodrecht geprojecteerde oppervlakte van het materiaal, in percent
Overschrijdingsuren		Aantal uren waarbij de temperatuur 25°C overschrijdt, zie ook 'graaduren'. Element van een maatstaf voor thermisch comfort, gebruikt door de Nederlandse Rijksgebouwendienst
Screen		Populaire benaming voor glasvezeldoek, bij extensie ook gebruikt voor een verticaal oprolbaar zonnescherm voor toepassing buiten
Spectrofotometer		Apparaat waarmee de energetische en lichttransmissie evenals de energetische en lichtreflectie van materialen kan gemeten worden binnen een golflengtebereik van 185 tot 3500 nm
TC		Technical Committee binnen CEN
Steradiaal	sr	Eenheid van ruimtehoek
UV-A straling		Ultravioletstraling met λ tussen 315 en 380 nm
UV-B straling		Ultravioletstraling met λ tussen 280 en 315 nm, doet de huid bruinen
UV-C straling		Ultravioletstraling met λ tussen 10 en 280 nm
UV-transmissie	τUV	Verhouding tussen de totale hoeveelheid doorgelaten stralingsenergie en de totale hoeveelheid invallende stralingsenergie, bepaald voor het UV-gestandaardiseerde zonnespectrum
U-waarde	U	Warmtedoorlatingscoëfficiënt van een materiaal, uitgedrukt in W/m²K, vroeger k-waarde genoemd
Uitvalscherm		Ook soms valarmscherm genoemd, schermtype dat met een arm naar beneden valt vanuit de bovenste positie
Ver infrarood	FIR	Deel van het elektromagnetisch spectrum met λ tussen 50.000 en 1.000.000 nm, golflengte van warmtestraling bij lage temperatuur
WG		Working Group binnen CEN-TC
Zichtbaar licht		Deel van het spectrum van het zonnelicht tussen 380 en 780 nm
Zontoetredingsfactor	ZTA	Nu g-waarde genoemd, totale percentage van de energie dat door een venster, eventueel mét zonwering, naar binnen treedt. Maatstaf van de efficiëntie van een zonwering

nota's

1 Afkorting van Vlaams Impulsprogramma Energietechnologie.

2 *"L'application de la stratégie d'ombrage et de la ventilation nocturne a montré, durant les conditions climatiques sévères des étés 1995 et 1997, qu'il est tout à fait possible de garantir les exigences du confort thermique d'été, en évitant les surchauffes dues à l'ensoleillement"*, A. Deherde, P. Wouters et al., *PLEIADE: Conclusions*, Ministère de la Région Wallonne, 1998

3 *Moderne Kantoren: Meer Comfort Met Minder Energie*, uitgave Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, juni 2001.

4 Wouters P, Martin S, Vandaele L, *Vensters*, *bouwfysisch bekeken: Ontwikkelingen en Trends*, Brussel, WTCB-Tijdschrift 1995 & 1997.

5 Bron: *Meteonorm, Global Meteorological Database for Solar Energy, versie 4.0*, door Meteotest, Bern, CH

6 Interessante gegevens over dit onderwerp vindt u op *www.epa.gov/globalwarming*

7 Wouters P et al., Op. Cit.

8 In het Frans *Facteur Solaire Absolu* of FS, in het Duits *g-Wert* of *Gesammtenergiedurchlass*, in het Engels *Solar Heat Gain Factor*.

9 In het Frans *Facteur Solaire Relatif* of SF, in het Duits *b-Wert* of *Durchlassfaktor b*, in het Engels *Shading Coefficient*, of SC.

10 *Moderne Kantoren*, zie 3

11 In Duitsland spreekt men van *Wärmeschutz* en *Blendschutz*, om duidelijk aan te geven dat er twee verschillende functies worden verwacht. Vaak treft men dan ook twee systemen op eenzelfde raam aan: een buitenzonwering voor warmtewering en een binnenzonwering voor lichtwering.

12 Dit project, PROBE *(Pragmatic Renovation of an Office for a Better Environment)* heeft bewezen dat vernieuwing van de verlichting en vervanging door moderne, efficiënte armaturen, uitgerust met hoogfrequent gestuurde fluorescentiebuizen, een flinke daling van het energieverbruik combineert met een forse verbetering van het visueel én thermisch comfort.

13 Bron: *VLIET: Oververhitting van Gebouwen in Zomervoorwaarden*, 1995-1997, deelrapport n° 4: Testactiviteiten in PASLINK testcellen, blz. 29/29.

14 Bron: Idem, Deelrapport n° 9: Activiteiten Gebouw B, 1997.

15 Deze sofware, genaamd *'SolarCal'*, werd ontwikkeld door Dr. Zoltan Somogyi, in samenwerking met het WTCB. Ze maakt het mogelijk de beschaduwing op een venster, afkomstig van zonwering, maar ook van gebouwen en bomen, te berekenen en op een eenvoudige wijze grafisch voor te stellen. Een factor 100% betekent géén beschaduwing.

VEROZO®

Katteputstraat 20 bus 24
1082 BRUSSEL

De Belgische Beroepsvereniging van Rolluiken- en Zonweringproducenten, in het kort VEROZO, werd opgericht volgens de Wet op de Beroepsverenigingen. De statuten werden goedgekeurd door de Raad Van State.

VEROZO®

De volgende bedrijven zijn lid van VEROZO:

BOFLEX N.V.
Genkersteenweg 313
3500 HASSELT
tel.: 011 – 300 400
fax: 011 – 24 31 44
e-mail: info@boflex.be
website: http://www.boflex.be

L. BRUTSAERT N.V.
Lourdesstraat 84
8940 GELUWE
tel.: 056 – 53 18 53
fax: 056 – 53 18 20
e-mail: info@brustor.com
website: http://www.brustor.com

DICKSON CONSTANT
Postbus 58
8940 WERVIK
tel.: 056 – 84 04 08
fax: 056 – 84 03 10
e-mail: info@dickson-constant.com
website: hhtp://www.dickson-constant.com

HAROL N.V.
Industriepark 3
3290 DIEST
tel.: 013 – 38 01 11
fax: 013 – 31 48 03
e-mail: info@harol.be
website: http://www.harol.be

HELIOSCREEN N.V.
Dijkstraat 26
9160 LOKEREN
tel.: 09 – 348 90 00
fax: 09 – 348 06 69
e-mail: admin@helioscreen.be
website: http://www.helioscreen.com

KESTELYN SUNPROTECTION N.V.
I.Z. Hoge Akker 6 – A. Porreyestraat 6
8908 VLAMERTINGE
tel.: 057 – 21 74 11
fax: 057 – 21 85 71
e-mail: kestelyn@kestelyn.be
website: http://www.kestelyn.be

RENOROL S.A.
Rue de Houtain 30A
4280 HANNUT
tel.: 019 – 63.20.20
fax: 019 – 63.21.21
e-mail: renorol.sa@belgacom.net

N.V. SOMFY S.A.
Mercuriusstraat 19
1930 ZAVENTEM
tel.: 02 – 712 07 70
fax: 02 – 725 01 77
e-mail: info@somfy.be
website: http://www.somfy.be

J. WILMS N.V.
Molsebaan 20
2450 MEERHOUT
tel.: 014 – 36 99 70
fax: 014 – 30 96 47
e-mail: wilms@wilms.be
website: http://www.wilms.be

WINSOL N.V.
Roeselaarsestraat 542
8870 IZEGEM
tel. : 051 – 33 18 11
fax: 051 – 33 19 91
e-mail: info@winsol.be
website: http://www.winsol.be