

Bouwbiologische Richtwaarden Licht en Verlichting 2011



Datum: 1 december 2011

Samensteller: De Woon/Werkbioloog - Jan Meutzner

Website: www.dewoonbioloog.nl / www.dewerkbioloog.nl

HET VISUELE SYSTEEM VAN DE MENS

Het zien doen wij met de ogen; het waarnemen en ondernemen van actie daarop met de hersenen. Dit geheel heeft de term: visueel systeem. Het menselijk oog is een orgaan dat gevoelig is voor licht.

Objecten worden waargenomen doordat een beeld op het netvlies wordt geprojecteerd. Men kan dan ook onderscheid maken tussen de optiek van het oog en het signaalverwerkende systeem.

De optiek bestaat uit de doorzichtige media: hoornvlies, lens en glasvocht, tezamen met de iris die de pupil vergroot en verkleint (diafragma).

Het signaalverwerkende systeem bestaat uit het netvlies met receptoren (staafjes en kegeltjes), de zenuwbanen, en een aantal gebieden in de hersenen. De oogspieren die de blik richten, de traanklieren en oogleden kan men beschouwen als hulpsystemen voor het oog.

LICHT EN VERLICHTING

Voor een gezonde verlichting is het van groot belang dat op ons lichaam, zowel het visuele deel maar ook het non visuele deel in de correcte hoeveelheden wordt aangeboden.

Het visuele deel heeft met name betrekking op het zien met onze ogen van elementen, objecten, personen en omgevingsfactoren, het ergonomische en functionele deel van de visuele beeldopname.

Het non visuele deel heeft betrekking op de gezondheidsaspecten van ons lichaam, de opname van licht verticaal via ons netvlies of via de huid, zoals het circadiane ritmen bv. stemming, performance, alertheid, lichaamstemperatuur, hormoonproductie pijnappelklier (Melatonine, Serotonine e.d.), urineproductie en tenslotte het aansturen van onze biologische klok (slaap/waak patroon).

BIOLOGISCHE KLOK EN UITWERKINGEN OP HET MENSELIJK LICHAAM

In het menselijk lichaam tikt een klok. Deze bepaalt wanneer wij trek hebben of wanneer wij moe zijn, op welk moment van de dag wij bijzonder actief zijn. Zelfs het beste tijdstip voor een controle bij de tandarts: 15.00 uur – want dan is de pijngrens het hoogst.

De klok tikt in elke lichaamscel, ook in de lever, longen of nieren. Het commandocentrum zit in de hersenen, het is de SCN, een klein orgaan uit celstructuur met een diameter van circa 2 millimeter. De SCN bestuurt ons organisme in een 24 uur ritme en reguleert alle lichaamsfuncties, bij voorbeeld de bloeddruk, lichaamstemperatuur en hormoonspiegel. De SCN wordt aangestuurd door de zon, registreert de aanwezigheid van het daglicht en verzorgt de toevoer van serotonine in het lichaam.

Dit hormoon houdt ons wakker en stuurt vele elementaire lichaamsfuncties aan. In het verloop van de avond, naarmate de helderheid van het daglicht terugloopt, beperkt de SCN de productie van serotonine en start met de productie van melatonine. Dit slaaphormoon leidt de rustfase van het menselijk lichaam in. Het absolute dieptepunt van het slaapproces bereiken wij om 3.00 uur s' nachts. Degene die dan nog aan het werk is maakt kans fouten te begaan. De biologische klok dirigeert de mensen ook als zij tegen het ritme ingaan.

De mens heeft geen mogelijkheid om actief invloed te kunnen uitoefenen op de natuurlijke volgorde van rust en waakfasen.

Ook maken wij de nacht tot dag en vloeit het melatonine door onze aders.

Voorals voor mensen werkend in ploegendiensten geeft dit problemen want hun ritme kruist in tegen de natuurlijke cyclus van slaap en activiteit, licht en donker. Iemand die op lange duur tegen de biologische klok ageert, dus aan zijn lichaam te hoge eisen stelt, maakt kans op slaapstoornissen, maag- en darmproblemen respectievelijk hartziekten.

Wel bestaat de mogelijkheid mensen werkend in ploegendiensten te voorzien van een circadianse lichttherapie. Door de hoeveelheid licht aan te passen per individu wordt de alertheid tijdens het werk verbeterd, de toevoer van melatonine tijdens het uur van de wolf (03 tot 05 uur) beperkt en is het mogelijk na het werk een verbeterd slaappatroon te ontwikkelen.

De biologische klok raakt uit haar ritme wanneer stress of andere zware lichamelijke belastingen optreden of wanneer de volgorde van licht en donker abrupt verschuift, bv verre reizen (jet lag) of de tijdwisseling in het voor- en najaar. Jet lag kan enkel worden voorkomen door het vooraf volgen van een passende lichttherapie.

Het wisselen van de jaargetijden geeft ons lichaam extra problemen. Want in de wintermaanden moeten wij opstaan in het donker, dit in tegenstelling tot de

Vervolg: BIOLOGISCHE KLOK EN UITWERKINGEN OP HET MENSELIJK LICHAAM

natuurlijke impuls van ons lichaam. Wij zouden het liefst in de winter langer slapen dan in de zomer. Veel mensen hebben in de winterperiode last van de zogenaamde winterblues.

Geneeskundigen denken in deze discrepantie de redenen te hebben gevonden voor de winterdepressie, waar z'n 20% van alle volwassenen aan lijden.

Voor bijna iedereen zou het goed zijn pas op te staan als de zon opkomt en te stoppen met werken voor zonsondergang.

1. BOUWBIOLOGISCHE RICHTWAARDEN VOOR VERLICHTINGSTERKTE (lx)

1a: Verlichtingsterkte / lichtniveau (werkplek woningen)

	zeer goed	goed	matig	slecht
aanrecht keuken	500 lx	300 lx	200 lx	100 lx
eettafel	300 lx	200 lx	100 lx	50 lx
handwerken	500 lx	300 lx	200 lx	100 lx
handwerken 50+	1.000 lx	500 lx	300 lx	200 lx
krant (boek) lezen	300 lx	200 lx	100 lx	50 lx
krant (boek) lezen 50+	500 lx	300 lx	200 lx	100 lx
werktafel	300 lx	250 lx	200 lx	150 lx
werktafel 50+	750 lx	500 lx	300 lx	200 lx
beeldschermwerk	100 lx	250 lx	200 lx	100 lx
beeldschermwerk 50+	500 lx	400 lx	300 lx	250 lx
tv kijken, directe omgeving	100 lx	75 lx	50 lx	25 lx
loopzonen, trappen	50 lx	30 lx	20 lx	10 lx
loopzonen, trappen 50+	150 lx	100 lx	50 lx	25 lx

1b: Verlichtingsterkte / lichtniveau (werkplek gebouwen)

	zeer goed	goed	matig	slecht
werkzone (kantoor)	500 lx	300 lx	200 lx	100 lx
directe omgeving (kantoor)	300 lx	200 lx	100 lx	50 lx
werkzone werkbank	300 lx	200 lx	100 lx	50 lx
directe omgeving werkbank	200 lx	100 lx	50 lx	25 lx

Meting conform: NEN 1891 met gekalibreerd meetinstrument (luxmeter, voltmeter, temperatuurmeter)

2. BOUWBIOLOGISCHE RICHTWAARDEN VOOR LUMINANTIE (VERHOUDING)

Luminantieverschillen kunnen leiden tot verblinding, lichamelijk ongemak en verstoring van het kijkproces.

Richtlijn: De verhouding van luminantie in werkgebieden met een redelijke visuele inspanning moeten voldoen aan de verhouding 1:3:10

- 1 = luminantie werkzone
- 3 = luminantie directe omgeving
- 10 = periferie

Luminanties worden gemeten met een luminantiemeter, vanuit die positie die aanleiding geeft tot verblinding, lichamelijk ongemak en/of verstoring van het ziensproces.

Meting conform norm: NEN 1891 met gekalibreerd meetinstrument (luminantiemeter)

3. BOUWBIOLOGISCHE RICHTWAARDEN VOOR KLEURWAARDERING (nm)

Kleurwaardering is een belangrijk gegeven om objecten, personen en omgeving in de juiste spectrale samenstelling te kunnen waarnemen. Zwarte stralers zoals gloeilampen (warmtestralers) hebben een kleurwaardering van 100% en een continu spectrum tussen 380 en 780 nanometer (nm). De waardering van kleuren wordt in de praktijk uitgevoerd d.m.v. een waarderingstelsel zijnde Color Rating Index (CRI).

3a: Kleurwaardering (CRI)	zeer goed	goed	matig	slecht
Daglicht	100	--	--	--
Gloeilamp/halogen	100	--	--	--
LED	90	--	--	--
Fl-lamp volspectrum	95	--	--	--
Fl-lamp serie 9...	90	--	--	--
Fl-lamp serie 8...	--	80	--	--
Spaarlamp	--	80	--	--
Fl-lamp serie 6...	--	--	60	--

3b: Dynamisch licht

In het daglicht zit dynamiek, wisselende helderheden, veranderende weersinvloeden, verschillen in de hoogte van zonnestanden en de dagelijkse verandering van lichtkleuren.

Na zonsopgang is de lichtkleur (gezien vanuit het noorden) 5.000 Kelvin en mogelijk hoger. In de verloop van de dag wordt de kleur steeds warmer, in de middag is het 4.000 Kelvin en aan het eind van de dag meten we ca. 3.000 Kelvin.

Onderzoek heeft aangetoond dat mensen, werkend in gebouwen, de behoefte hebben ook in hun werkomgeving zo veel mogelijk van dit fenomeen gebruik te maken.

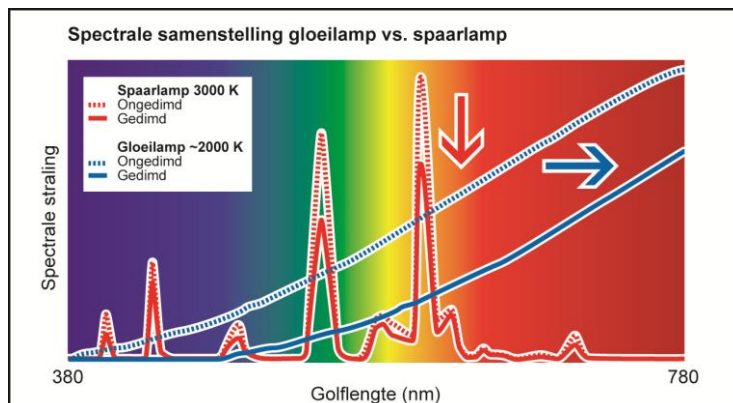
Ook met een wisselende verlichtingsterkte (in de ochtend hoog ca. 1.000 lux) afnemend naar de middag tot 300 lux, kunnen we de lunchdip bestrijden met wederom een hogere verlichtingsterkte (ca. 800 lux) afnemend naar het einde van de werkdag.

Overigens zorgt een verhoging van de verlichtingsterkte in werkomgeving voor een hogere arbeidsproductiviteit.

Daarnaast is vastgesteld dat "verlichte plafonds" een groter behaaglijkheidsgevoel tijdens het werk oplevert dan "donkere plafonds" welke enkel zijn voorzien van zogenoemde downlights. Verschillende lichtkleuren beleven de werksfeer en geven de ruimten een extra dimensie.

4. BOUWBIOLOGISCHE RICHTWAARDEN VOOR LICHTSPECTRUM

Uitgaande van de situatie en soort lichtbron kan de spectrale verdeling van de verlichting verschillen. Tijdens de meetcyclus kan door middel van een spectrale meting de samenstelling van het spectrum worden vastgesteld en eventuele relaties worden geanalyseerd naar ontbrekende kleuraandelen.



5. BOUWBIOLOGISCHE RICHTWAARDEN VOOR VERBLINDING

5a: Adaptatie

In het netvlies wordt lichtenergie tot zenuwimpulsen getransformeerd. Het netvlies en het daaraan verbonden visueel systeem is een adaptief systeem: het past zich aan in hoge mate aan de heersende luminanties.

Het visuele systeem werkt logaritmisch en functioneert optimaal tussen luminanties van ca. 10 cd/m^2 tot 1000 cd/m^2 .

Bij lagere en bij hogere luminanties worden contrastgevoeligheid, detailonderscheiding geringer.

Bij helderheid groter dan 5000 cd/m^2 is er sprake van absolute verblinding; het netvlies wordt als het ware met licht overspoeld en is aan de grens van zijn adaptatievermogen.

De waarneming wordt hierbij bemoeilijkt (bijvoorbeeld het aflezen van het lampvermogen op een ingeschakelde lamp).

Langdurige tot blijvende schade is aanwezig bij een dosiseffect van 10^8 cd.s /m^2 (10^9 cd/m^2 bij een kijktijd van $> 0,1$ seconde).

Schade aan het oog kan, bij langdurige blootstelling, al optreden boven 3000 cd/m^2 .

5b: Adaptatiesnelheid

Adaptatie kost tijd; daarom is de visuele prestatie niet onmiddellijk optimaal na een grote verandering van de luminantie, zoals voorkomt bij het verplaatsen van de blik vanuit een zeer helder vlak naar een zeer donker vlak, of omgekeerd.

Verschillen tot een factor 5 kunnen zonder bezwaar worden opgevangen. Verschillen groter dan een factor 10 kunnen het visueel comfort verminderen (visueel discomfort) en bij verschillen groter dan een factor 30 ook de visuele prestatie.

Dit is vooral van belang bij het voortdurend heen en weer kijken tussen twee vlakken van verschillende luminantie, zoals voorkomt bij afwisselend lezen van wit papier en van een donker beeldschermoppervlak met lichte tekens.

5c: Contrastgevoeligheid

Met contrast wordt meestal spatiëel (simultaan) contrast bedoeld, dat wil zeggen luminantie- of kleurverschillen tussen vlakken die gelijktijdig in het gezichtsveld aanwezig zijn.

Een andere vorm van contrast treedt op, wanneer eenzelfde vlak in de tijd in luminantie en/of in kleur wisselt. Dit wordt temporeel (successief) contrast genoemd.

Door de adaptatie is het netvlies veel meer gevoelig voor contrasten dan voor de absolute waarde van luminanties of van kleuren.

5d: Leeftijdsverschijnselen

Het ouder wordende oog

Bij het ouder worden neemt de kwaliteit van het zien af door een aantal factoren als resultaat van veroudering en slijtageverschijnselen.

De regulering van het oogvocht wordt slechter, waardoor de ogen wateriger worden, hetgeen op zich resulteert in vermindering van de visuele waarneming. Ook het accommodatievermogen neemt af waardoor het scherp kunnen zien van details afneemt en bijvoorbeeld lezen moeilijker wordt - we zeggen dan dat 'de armen zijn te kort geworden'.

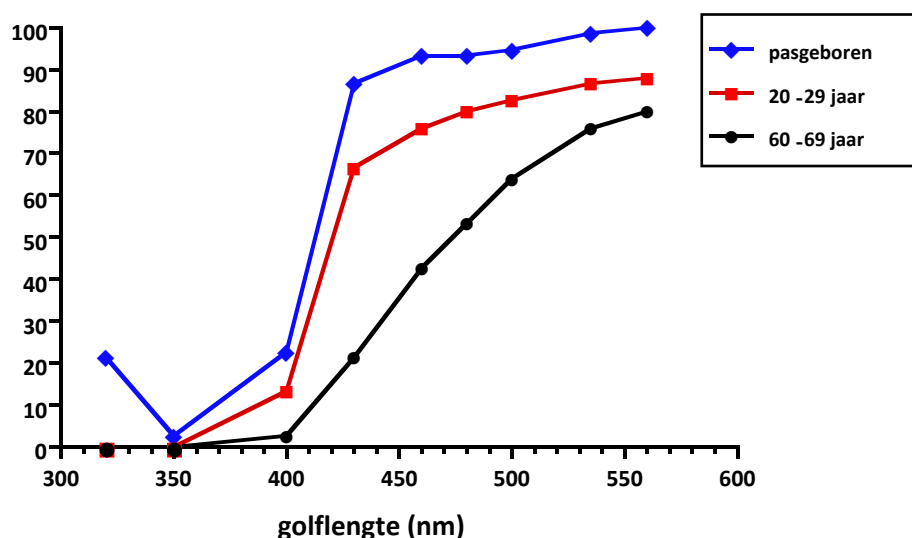
Door vertroebeling van de lens en in mindere mate andere delen van het oog, neemt de verstrooiing van licht in het oog toe, wat leidt tot mindere waarneming en grotere gevoeligheid voor verblindingsverschijnselen. Ouderen hebben meer last van visueel oncomfortabele verlichtingssituaties zoals hoge helderheden.

Er komt bovendien veel minder licht in het oog en dus op het netvlies doordat de pupildiameter afneemt, de lens minder transparant wordt door vertroebeling en vergeling en het glasachtig lichaam minder transparant wordt.

Naast deze vermindering van licht in het oog verandert ook de spectrale gevoeligheid, met name door vergeling van de lens.

De spectrale gevoeligheid neemt met name af in het blauw bijvoorbeeld bij 450 nm is de gevoeligheid bij 60- tot 69-jarigen met 50% afgenomen in vergelijking met 20- tot 29-jarigen en met een factor 3 ten opzichte van pasgeborenen (figuur1).

Populair gezegd: 'we zien de wereld blauwer naarmate we jonger zijn'.



Figuur 1 **Lenstransmissie; waarden uitgedrukt in % van het 560 nm punt voor pasgeborenen (aangepast van Brainard et al., 1994)**

Al deze verschijnselen leiden ertoe dat het visuele vermogen afneemt bij toenemende leeftijd. Bovendien hebben de vermindering van de lichthoeveelheid en de verandering van spectrale gevoeligheid een grote invloed op de niet-visuele functie van het oog. Deze zorgt voor de sturing van de biologische klok en voor een aantal directe stimulerende effecten.

Kiest men voor een hoger lichtniveau dan wordt de pupil kleiner, zodat de scherptediepte toeneemt en er minder eisen aan het accommodatie-mechanisme worden gesteld. Echter, de verdeling van luminanties in het gezichtsveld is bij ouderen kritischer dan bij jongeren: door de grotere troebelheid van het optische systeem treedt eerder verblinding op.

Veel ouderen compenseren het verloren gegane accommodatievermogen door een bi-, tri-, of multifocale bril te dragen zodat toch een scherp beeld van objecten op verschillende afstanden op het netvlies wordt verkregen.

Dit leidt echter tot beperkingen in de blikrichting daar voor elke afstand de blik door het daarvoor geschikte deel van het brillenglas moet worden gericht.

n.b. Alle informatie in dit document is met de grootste zorg samengesteld. De auteurs kunnen echter geen enkele verantwoordelijkheid aanvaarden voor de juistheid daarvan. Het gebruiken van de informatie is voor eigen verantwoording.

Lijst van woorden en begrippen

accommodatie - aanpassing van het oog aan dichtbij of veraf zien, door verandering van de bolling van de lens.

actiespectrum - spectrale gevoeligheid van door licht of straling geactiveerde processen.

adaptatie - aanpassing van de ooggevoeligheid aan het beschikbare licht.

adrenaline - door de kern van de bijnier geproduceerd hormoon, dat onder andere de hartspier stimuleert.

bijnierschors -buitenste deel van de bijnier, een boven elk van de nieren gelegen endocrine klier. Produceert verschillende hormonen, waaronder cortisol.

biologische klok - tijdregelaar bij mens en dier, onafhankelijk van omgevingsinvloeden. Bij mensen zetelt het in de suprachiasmatische kern in de hersenen.

biomedisch (onderzoek) - met betrekking tot medisch-biologische aspecten.

bioritme - natuurlijk ritme van de biologische cycli bij mens, plant of dier.

chiasma - plaats in de hersenen waar beide oogzenuwen elkaar kruisen.

circadiaans - met een periodiciteit van ongeveer 24 uur.

circalunair - met een periodiciteit van ongeveer een maand.

circannuaal - met een periodiciteit van ongeveer een jaar.

circaseptaal - met een periodiciteit van ongeveer een week.

cortisol - "stresshormoon"; een door de bijnierschors geproduceerd hormoon, dat de activiteit van het lichaam stimuleert.

daglichtsysteem - optische constructie, waardoor daglicht verder in een gebouw kan binnendringen dan door een eenvoudige muur- of dakopening.

daglichtzone - deel van de binnenruimte waar vrijwel altijd voldoende daglicht aanwezig is.

elektroluminescentie - uitstraling van licht door bepaalde stoffen onder invloed van elektrische stroom, zonder noemenswaardige temperatuurverhoging.

endocrine klier - klier die zijn afscheidingsproduct binnen het lichaam in de bloedbaan brengt. Hormoonafscheidende klier.

endogeen - van binnen uit ontstaan, niet door de omgeving veroorzaakt.

epifyse - endocriene klier, ook pijnappelklier genoemd, gelegen tussen de grote en kleine hersenen. Produceert het hormoon melatonine.

fotobiologische effecten - uitwerking van niet-ioniserende (licht)straling op levende weefsels.

fotopisch zien - zien bij een gemiddelde luminantie van 3,5 cd/m² of hoger. De visuele taak wordt vooral door de kegeltjes verricht.

fotoreceptor - lichtgevoelige cel of zenuwuiteinde in het netvlies van het oog.

ganglioncel - cel van het zenuwweefsel, die signalen overbrengt.

geniculohypothalamische zenuwbaan (GHT) - zenuwverbinding tussen de suprachiasmatische kern en het *intergeniculate leaflet*. Verbindt de oogzenuw met de NIF-zenuwbaan.

Harvard-protocol - rekenmodel om de faseverschuiving van de biologische klok te bepalen op basis van timing, duur en verlichtingssterkte.

hyperbilirubinemie - vorm van geelzucht bij pasgeborenen als gevolg van een onvoldoende leverfunctie. Behandeling is mogelijk met kortgolvig, blauw licht.

hypofyse - aan de onderzijde van de hersenen gelegen endocriene klier. Produceert verschillende hormonen, waaronder ACTH, dat de bijnierschors aanzet tot de productie van cortisol.

hypothalamus - gebied in de tussenhersenen, waarin de suprachiasmatische kern (SCN) is gelegen.

infradiaans - met een ritme trager dan 24 uur.

kleurtemperatuur - kleur van een lichtbron, in vergelijking met de kleur van het licht dat een zwart lichaam van een gegeven temperatuur uitstraalt.

LED (*light-emitting diode*) - halfgeleider die licht van een bepaalde golflengte uitstraalt als er een stroom door wordt geleid.

lichttherapie - behandeling van patiënten door intensieve bestraling met licht.

lupus - chronische vorm van huidtuberculose, meestal in het gezicht en vaak tot verminking leidend.

maandagochtendeffect - verminderde concentratie op maandagmorgen, als gevolg van een ander levensritme tijdens het weekeinde.

melanopsine - in het netvlies aanwezig lichtgevoelig eiwit, dat met NIF-effecten in verband wordt gebracht.

melatonine - "slaaphormoon"; een vooral bij duisternis door de epifyse geproduceerd hormoon, dat het lichaam tot rust brengt.

metabolisme - stofwisseling.

NIF-effecten (*Non Image Forming*) - invloed op het lichamelijk functioneren anders dan beeld vormend, door licht dat via het oog binnentreedt.

oculair licht - licht dat op het netvlies van het oog valt.

onbehaaglijke verblinding - verblinding die als hinderlijk wordt ervaren, zonder noodzakelijkerwijze de waarneming nadelig te beïnvloeden.

oogzenuw - zenuwbaan tussen het oog en de hersenen die voor visuele waarneming dient.

pijnappelklier - zie epifyse.

post-lunchdip - periode van vermoeidheid en verminderde concentratie kort na het middaguur.

praktijkverlichtingssterkte - de minimumwaarde van de gemiddelde verlichtingssterkte tussen twee onderhoudsbeurten van een verlichtingsinstallatie (*maintained illuminance*).

quantenergie - energie-inhoud van een quant van straling, gekoppeld aan de golflengte van die straling.

retinohypothalamische zenuwbaan (RHT) - zenuwverbinding tussen het oog en de suprachiasmatische kern, de biologische klok.

seasonal affective disorder (SAD) - zie winterdepressie.

serotonine - neurotransmitter, een eiwit dat zorgt voor de overdracht van signalen tussen de hersencellen.

skotopisch zien - zien bij een gemiddelde luminantie lager dan 0,035 cd/m². Alleen de zeer lichtgevoelige, maar kleurenblinde staafjes functioneren dan.

storende verblinding - verblinding die de waarneming nadelig beïnvloedt, zonder dat dit noodzakelijkerwijze als hinderlijk wordt ervaren.

stroboscopisch effect - door knipperend licht veroorzaakte waarnemingsstoornis, waarbij ritmisch bewegende voorwerpen, bijvoorbeeld machinedelen, stil lijken te staan of langzamer lijken te bewegen.

sub-SAD - zie winterblues.

suprachiasmatische kern (SCN) - klein orgaan, gelegen in de hypothalamus, dat bij de mens fungeert als de biologische klok.

taakgebied - deel van de werkplek waar de visuele taak zich afspeelt.

UGR-methode - berekeningsmethode voor de kwantitatieve bepaling van onbehaaglijke verblinding in een ruimte (*Unified Glare Rating*). In 1995 geïntroduceerd door de CIE.

ultradiaans - met een ritme sneller dan 24 uur.

visuele cortex - gezichtscentrum, aan de achterzijde van de grote hersenen gelegen deel van de hersenschors waar de visuele prikkels worden verwerkt.

vrijlopende periode - circadiaans ritme van de biologische klok bij de mens wanneer invloeden van buiten zijn uitgesloten. Een "dag" duurt dan 24,2 - 25 uur.

winterblues - een lichtere vorm van winterdepressie, ook sub-SAD genaamd.

winterdepressie - patroon van gezondheidsklachten dat optreedt tijdens de wintermaanden, als gevolg van gebrek aan daglicht.