Codex over het welzijn op het werk

Boek V.- Omgevingsfactoren en fysische agentia

Titel 6.– Kunstmatige optische straling

Gewijzigd bij: (1) koninklijk besluit van 14 mei 2019 tot wijziging van de codex over het welzijn op het werk, wat het periodiek gezondheidstoezicht betreft (B.S. 11.6.2019)
(2) koninklijk besluit van 12 mei 2024 tot administratieve vereenvoudiging en actualisering van diverse bepalingen van de codex over het welzijn op het werk (B.S. 10.6.2024)

Omzetting in Belgisch recht van de Richtlijn 2006/25/EG van het Europees Parlement en de Raad van 5 april 2006 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan risico's van fysische agentia (kunstmatige optische straling) (negentiende bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG)

Hoofdstuk I.- Toepassingsgebied en definities

Art. V.6-1.- Voor de toepassing van deze titel wordt verstaan onder:

1° blootstelling: de mate waarin kunstmatige optische straling op het menselijk lichaam inwerkt;

2° meting: de meting op zich, de analyse en de berekening van het resultaat.

Art. V.6-2.- Voor de toepassing van deze titel worden volgende natuurkundige begrippen als volgt bepaald:

1° optische straling: elektromagnetische straling in het golflengtegebied tussen 100 nm en 1 mm. Het spectrum van de optische straling wordt ingedeeld in ultraviolette straling, zichtbare straling en infrarode straling:

a) ultraviolette straling: optische straling in het golflengtegebied tussen 100 nm en 400 nm. Het ultraviolette gebied wordt ingedeeld in UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) en UVC (100-280 nm);

b) zichtbare straling: optische straling in het golflengtegebied tussen 380 nm en 780 nm;

c) infrarode straling: optische straling in het golflengtegebied tussen 780 nm en 1 mm. Het infrarode gebied wordt ingedeeld in IRA (780-1400 nm), IRB (1400-3000 nm) en IRC (3000 nm - 1 mm);

2° laser (lichtversterking door gestimuleerde stralingsemissie): elk apparaat dat in staat is om elektromagnetische straling in het golflengtegebied van optische straling te produceren of te versterken, hoofdzakelijk via gecontroleerde gestimuleerde emissie;

3° laserstraling: optische straling afkomstig van een laser;

4° niet-coherente straling: optische straling die geen laserstraling is;

5° grenswaarden voor blootstelling: grenzen voor de blootstelling aan optische straling, die direct gebaseerd zijn op bewezen gezondheidseffecten en biologische overwegingen. Inachtneming van deze grenzen waarborgt dat aan kunstmatige bronnen van optische straling blootgestelde werknemers worden beschermd tegen alle bekende negatieve gevolgen voor de gezondheid;

6° bestralingssterkte (E) of vermogensdichtheid: het invallend vermogen aan straling per eenheid van oppervlakte uitgedrukt in watt per vierkante meter (W m^{-2});

7° bestralingsdosis (H): de tijdsintegraal van de bestralingssterkte uitgedrukt in joule per vierkante meter (J m^{-2});

8° radiantie (L): de stralingsstroom of het vermogen per eenheid van ruimtehoek en per eenheid van oppervlakte uitgedrukt in watt per vierkante meter per steradiaal (W m^{-2} sr^{-1});

9° niveau: de combinatie van bestralingssterkte, bestralingsdosis en radiantie waaraan een werknemer is blootgesteld.

Art. V.6-3.- Deze titel betreft de risico's voor het welzijn van werknemers door negatieve effecten op de ogen en de huid die worden veroorzaakt door blootstelling aan kunstmatige optische straling.

Hoofdstuk II.– Grenswaarden voor blootstelling

Art. V.6-4.- De grenswaarden voor blootstelling aan niet-coherente straling, anders dan die welke wordt uitgestraald door natuurlijke bronnen van optische straling, zijn vermeld in bijlage V.6-1.

De grenswaarden voor blootstelling aan laserstraling zijn vermeld in bijlage V.6-2.

Hoofdstuk III.– Risicoanalyse

Art. V.6-5.- Bij de toepassing van de verplichtingen bedoeld in boek I, titel 2, inzonderheid wat de risicoanalyse betreft, bedoeld in de artikelen I.2-6 en I.2-7, beoordeelt en, indien nodig, meet en/of berekent de werkgever de niveaus van de optische straling waaraan de werknemers waarschijnlijk zullen worden blootgesteld, zodat de nodige maatregelen kunnen worden bepaald en uitgevoerd om de blootstelling tot de toepasselijke grenzen te beperken.

Bij de beoordeling, meting en/of berekeningen past de werkgever een methodiek toe die de normen volgt van de Internationale Elektrotechnische Commissie (IEC) met betrekking tot laserstraling en de aanbevelingen van de Internationale Commissie voor Verlichtingskunde (CIE) en de Europese Commissie voor Normalisatie (CEN) met betrekking tot niet-coherente straling.

In blootstellingssituaties die niet door die normen en aanbevelingen worden bestreken, voert de werkgever, totdat passende EU-normen of –aanbevelingen beschikbaar zijn, de beoordeling, meting en/of berekeningen uit aan de hand van de beschikbare nationale of internationale richtsnoeren met een wetenschappelijke grondslag.

In beide blootstellingssituaties mag de werkgever bij de beoordeling rekening houden met door de producent van de arbeidsmiddelen opgegeven informatie, wanneer die arbeidsmiddelen onder een toepasselijke communautaire richtlijn vallen.

Art. V.6-6.- De werkgever doet, naargelang het geval, beroep op zijn interne of externe dienst voor de in artikel V.6-5 bedoelde beoordeling, meting en/of berekeningen, die met passende tussenpozen worden gepland en uitgevoerd na voorafgaand advies van het Comité.

Indien de nodige deskundigheid voor de in het eerste lid bedoelde beoordeling, meting en/of berekeningen niet aanwezig is in de interne of externe dienst, doet de werkgever een beroep op een erkend laboratorium waarvan de erkenning betrekking heeft op de meting van kunstmatige optische straling.

Art. V.6-7.- De gegevens die door middel van de beoordeling, meting en/of berekeningen van het niveau van blootstelling aan kunstmatige optische straling zijn verkregen, worden in een passende vorm bewaard, om latere raadpleging mogelijk te maken.

Art. V.6-8.- In het kader van de risicoanalyse en de op basis daarvan te nemen preventiemaatregelen overeenkomstig de bepalingen van boek I, titel 2, besteedt de werkgever met name aandacht aan:

1° het niveau, het golflengtegebied en de duur van de blootstelling aan kunstmatige bronnen van optische straling;

2° de in artikel V.6-4 bedoelde grenswaarden voor blootstelling;

3° de mogelijke gevolgen voor het welzijn van werknemers die tot bijzonder gevoelige risicogroepen behoren;

4° de mogelijke gevolgen voor het welzijn van werknemers van de interactie op de arbeidsplaats tussen optische straling en fotosensibiliserende chemicaliën;

5° de mogelijke indirecte effecten zoals tijdelijke blindheid, ontploffing of brand;

6° het bestaan van vervangende arbeidsmiddelen die ontworpen zijn om de niveaus van blootstelling aan kunstmatige optische straling te verminderen;

7° uit gezondheidstoezicht verkregen relevante informatie, met inbegrip van gepubliceerde informatie, voor zover dat mogelijk is;

8° de blootstelling aan verscheidene bronnen van kunstmatige optische straling;

9° de classificatie die wordt toegepast op lasers die worden gedefinieerd conform de desbetreffende IEC-norm, alsook soortgelijke classificaties met betrekking tot kunstmatige bronnen die soortgelijke schade kunnen toebrengen als lasers van de klasse 3B of 4;

10° de informatie over de bronnen van optische straling en aanverwante arbeidsmiddelen die door fabrikanten overeenkomstig het koninklijk besluit van 12 augustus 2008 betreffende het op de markt brengen van machines wordt verstrekt.

Art. V.6-9.- De werkgever is in het bezit van een risicoanalyse, vastgesteld in een geschreven document, overeenkomstig de bepalingen van boek I, titel 2 en vermeldt welke maatregelen ter voorkoming of vermindering van de blootstelling zijn getroffen in toepassing van de artikelen V.6-10 en V.6-11.

De risicoanalyse moet naar behoren gedocumenteerd zijn. Indien een verdere uitvoerige risicoanalyse niet wordt uitgevoerd, geeft de werkgever hiervoor een schriftelijke verantwoording, waarin hij aantoont dat de aard en de omvang van de aan optische straling verbonden risico's dit overbodig maken.

De risicoanalyse wordt regelmatig bijgewerkt, met name indien er ingrijpende veranderingen hebben plaatsgevonden waardoor zij verouderd kan zijn, of wanneer uit de resultaten van het gezondheidstoezicht blijkt dat bijwerking nodig is.

Hoofdstuk IV.– Maatregelen ter voorkoming of vermindering van de risico's

Art. V.6-10.- De risico's die verbonden zijn aan de blootstelling aan kunstmatige optische straling worden weggenomen of tot een minimum beperkt, waarbij rekening wordt gehouden met de technische vooruitgang en de mogelijkheid om maatregelen te nemen om het risico aan de bron te beheersen.

De beperking van deze risico's geschiedt met inachtneming van de in artikel 5, § 1 van de wet vermelde algemene preventiebeginselen.

Indien uit de overeenkomstig artikel V.6-5 uitgevoerde risicoanalyse voor aan kunstmatige bronnen van optische straling blootgestelde werknemers blijkt dat het enigszins mogelijk is dat de blootstellingsgrenswaarden overschreden worden, gaat de werkgever over tot de opstelling en uitvoering van een actieplan dat technische en/of organisatorische maatregelen omvat om een blootstelling waarbij de grenswaarden worden overschreden, te voorkomen. Er dient met name rekening te worden gehouden met:

1° alternatieve werkmethoden die het risico van optische straling verminderen;

2° de keuze van arbeidsmiddelen die minder optische straling uitzenden, rekening houdend met het te verrichten werk;

3° technische maatregelen om de emissie van optische straling te beperken, waar nodig ook door het gebruik van vergrendeling, afscherming of soortgelijke mechanismen ter bescherming van de gezondheid;

4° passende onderhoudsprogramma's voor de arbeidsmiddelen, de arbeidsplaats en de systemen op de werkpost;

5° het ontwerp en de indeling van de arbeidsplaatsen en de werkposten;

6° de beperking van de duur en het niveau van de blootstelling;

7° de beschikbaarheid van passende PBM;

8° de aanwijzingen van de fabrikant van de arbeidsmiddelen die, overeenkomstig het koninklijk besluit van 12 augustus 2008 betreffende het op de markt brengen van machines, zijn verstrekt.

Art. V.6-11.- Op basis van de in artikel V.6-5 uitgevoerde risicoanalyse, worden arbeidsplaatsen waar werknemers zouden kunnen worden blootgesteld aan niveaus van optische straling uit

kunstmatige bronnen die de grenswaarden voor blootstelling overschrijden, aangegeven door middel van passende signaleringen, overeenkomstig de bepalingen betreffende de veiligheids- en gezondheidssignalering op het werk van titel 6 van boek III.

De betrokken zones worden afgebakend en de toegang ertoe wordt beperkt indien dit technisch mogelijk is en indien het risico bestaat dat de grenswaarden voor blootstelling worden overschreden.

Art. V.6-12.- In geen geval mag de blootstelling van de werknemer, vastgesteld overeenkomstig de bepalingen van artikel V.6-5, de grenswaarden bedoeld in artikel V.6-4 overschrijden.

In geval de grenswaarden voor blootstelling worden overschreden ondanks de maatregelen die de werkgever overeenkomstig de bepalingen van deze titel met betrekking tot kunstmatige bronnen van optische straling heeft genomen, dan neemt hij onmiddellijk maatregelen om de blootstelling terug te brengen tot onder de grenswaarden voor blootstelling.

De werkgever gaat na waarom de grenswaarden voor blootstelling zijn overschreden en past de beschermings- en preventiemaatregelen zo aan dat deze grenswaarden niet opnieuw worden overschreden.

Art. V.6-13.- Ten einde bijzonder gevoelige risicogroepen te kunnen beschermen tegen de voor hen specifieke gevaren stemt de werkgever, na voorafgaand advies van de preventieadviseur-arbeidsarts, de in de artikelen V.6-10 tot V.6-12 bedoelde maatregelen af op de behoeften voor werknemers die tot die groepen behoren.

Hoofdstuk V.- Voorlichting en opleiding van de werknemers

Art. V.6-14.- Onverminderd de artikelen I.2-16 tot en met I.2-21, zorgt de werkgever ervoor dat werknemers die aan risico's in verband met kunstmatige optische straling op het werk worden blootgesteld, en het Comité, voorlichting en opleiding ontvangen in verband met het resultaat van de in artikel V.6-5 bedoelde risicoanalyse, in het bijzonder betreffende:

1° maatregelen die ter uitvoering van deze titel zijn genomen;

2° de grenswaarden voor blootstelling en de gerelateerde potentiële gevaren;

3° de resultaten van de overeenkomstig artikel V.6-5 uitgevoerde beoordeling, meting en/of berekeningen van de niveaus van blootstelling aan kunstmatige optische straling, samen met een toelichting bij de betekenis en de potentiële risico’s ervan;

4° de wijze van opsporing van schadelijke effecten voor de gezondheid te wijten aan de blootstelling en de melding ervan;

5° de omstandigheden waarin werknemers recht hebben op gezondheidstoezicht;

6° veilige werkmethoden om risico's van blootstelling tot een minimum te beperken;

7° goed gebruik van passende PBM.

Hoofdstuk VI.- Raadpleging en participatie van de werknemers

Art. V.6-15.- Raadpleging en participatie van werknemers en/of hun vertegenwoordigers in aangelegenheden bestreken door deze titel vinden plaats overeenkomstig de bepalingen van boek II, titel 7.

Hoofdstuk VII.– Gezondheidstoezicht

Art. V.6-16.- Het gezondheidstoezicht, waarvan de resultaten in aanmerking worden genomen voor de toepassing van preventieve maatregelen op de betrokken arbeidsplaats, beoogt de preventie en vroegtijdige diagnose van iedere aandoening die het gevolg is van blootstelling aan optische straling.

Art. V.6-17.- De werknemers die blootgesteld worden aan optische straling worden onderworpen aan een passend gezondheidstoezicht, tenzij uit de resultaten van de risicoanalyse blijkt dat zij geen gezondheidsrisico lopen.

Art. V.6-18.- Dit gezondheidstoezicht is passend wanneer:

1° de blootstelling van de werknemer aan optische straling van die aard is dat een verband kan worden gelegd tussen die blootstelling en een aantoonbare ziekte of schadelijke gevolgen voor de gezondheid;

2° het waarschijnlijk is dat de ziekte of de gevolgen zich in de specifieke werkomstandigheden van de werknemer zullen voordoen;

3° beproefde technieken bestaan om de ziekte of de schadelijke gevolgen voor de gezondheid op te sporen.

Art. V.6-19.- Dit passend gezondheidstoezicht wordt uitgevoerd volgens de bepalingen van boek I, titel 4.

Art. V.6-20.- Voor iedere werknemer die overeenkomstig artikel V.6-17 aan het gezondheidstoezicht onderworpen is, wordt een gezondheidsdossier aangelegd en bijgehouden overeenkomstig de bepalingen van boek I, titel 4.

Art. V.6-21.- In geval een blootstelling boven de grenswaarden wordt vastgesteld, worden de betrokken werknemers in ieder geval onderworpen aan een medisch onderzoek volgens de bepalingen van boek I, titel 4.

Dit medisch onderzoek wordt ook gedaan wanneer uit het gezondheidstoezicht blijkt dat een werknemer aan een herkenbare ziekte lijdt of schadelijke effecten voor zijn gezondheid ondervindt die door de preventieadviseur-arbeidsarts wordt beoordeeld als het gevolg van blootstelling aan kunstmatige optische straling op het werk.

In de gevallen, bedoeld in het eerste en het tweede lid:

1° wordt de werknemer door de preventieadviseur-arbeidsarts op de hoogte gesteld van de uitslag en medische besluiten die op hem persoonlijk betrekking hebben, en krijgt hij informatie en

advies over het gezondheidstoezicht dat hij na beëindiging van de blootstelling dient te ondergaan;

2° wordt de werkgever op de hoogte gesteld van significante bevindingen van het gezondheidstoezicht, waarbij rekening wordt gehouden met het vertrouwelijke karakter van de medische gegevens;

3° treft de werkgever de volgende maatregelen:

a) hij herziet de risicoanalyse die overeenkomstig artikel V.6-5 is uitgevoerd;

b) hij herziet de maatregelen die overeenkomstig de artikelen V.6-10 tot V.6-13 genomen zijn om risico's weg te nemen of te verminderen;

c) hij houdt rekening met het advies van de preventieadviseur-arbeidsarts of van een ander ter zake voldoende gekwalificeerde persoon of van de met het toezicht belaste ambtenaar bij het nemen van maatregelen die nodig zijn om het risico weg te nemen of te verkleinen in overeenstemming met de artikelen V.6-10 tot V.6-13;

d) hij zorgt voor het voortgezet gezondheidstoezicht en treft maatregelen voor een heronderzoek van de gezondheidstoestand van elke andere werknemer die op soortgelijke wijze is blootgesteld. In dergelijke gevallen kunnen de preventieadviseur-arbeidsarts of de met het toezicht belaste ambtenaar voorstellen de andere blootgestelde personen aan een gezondheidstoezicht te onderwerpen.

BIJLAGE V.6-1

Niet-coherente optische straling

De biofysisch relevante waarden voor blootstelling aan optische straling kunnen met onderstaande formules worden bepaald. Welke formule wordt gebruikt, hangt af van het door de bron uitgezonden stralingsspectrum en de resultaten dienen te worden vergeleken met de desbetreffende grenswaarden voor blootstelling in tabel 1.1. Voor een bepaalde bron van optische straling kan meer dan één blootstellingswaarde met bijbehorende grenswaarde gelden.

De nummering van a) tot en met o) verwijst naar de overeenkomstige horizontale rij in tabel 1.1.

a) $$H_{eff} = \int_0^t \int_{\lambda=180nm}^{\lambda=400nm} E_\lambda(\lambda,t).S(\lambda).d\lambda.dt$$ (H_{eff} is alleen relevant in het gebied 180 tot 400 nm)

b) $$H_{UVA} = \int_0^t \int_{\lambda=315nm}^{\lambda=400nm} E_\lambda(\lambda,t).d\lambda.dt$$ (H_{UVA} is alleen relevant in het gebied 315 tot 400 nm)

c) en d) $$L_B = \int_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} L_\lambda(\lambda).B(\lambda).d\lambda$$ (L_B is alleen relevant in het gebied 300 tot 700 nm)

e) en f) $$E_B = \int_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} E_\lambda(\lambda).B(\lambda).d\lambda$$ (E_B is alleen relevant in het gebied 300 tot 700 nm)

g) t/m l) $$L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda(\lambda).R(\lambda).d\lambda$$ (zie tabel 1.1 voor passende waarden van λ_1 en λ_2)

m) en n) $$E_{IR} = \int_{\lambda=780nm}^{\lambda=3000nm} E_\lambda(\lambda).d\lambda$$ (E_{IR} is alleen relevant in het gebied 780 tot 3000 nm)

o) $$H_{huid} = \int_0^t \int_{\lambda=380nm}^{\lambda=3000nm} E_\lambda(\lambda,t).d\lambda.dt$$ (H_{huid} is alleen relevant in het gebied 380 tot 3000 nm)

Aan de doelstelling van deze titel kan ook worden voldaan door bovenstaande formules te vervangen door de volgende uitdrukkingen en het gebruik van discrete waarden, zoals uiteengezet in de volgende tabellen:

a) $$E_{eff} = \sum_{\lambda=180nm}^{\lambda=400nm} E_\lambda.S(\lambda).\Delta\lambda$$ en $H_{eff} = E_{eff} \cdot \Delta t$

b) $E_{UVA} = \sum_{\lambda=315nm}^{\lambda=400nm} E_\lambda . \Delta\lambda$ en $H_{UVA} = E_{UVA} \cdot \Delta t$

c) en d) $L_B = \sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} L_\lambda . B(\lambda) . \Delta\lambda$

e) en f) $E_B = \sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} E_\lambda . B(\lambda) \Delta\lambda$

g) t/m l) $L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda . R(\lambda) . \Delta\lambda$ (zie tabel 1.1 voor passende waarden van λ_1 en λ_2)

m) en n) $E_{IR} = \sum_{\lambda=780nm}^{\lambda=3000nm} E_\lambda . \Delta\lambda$

o) $E_{huid} = \sum_{\lambda=380nm}^{\lambda=3000nm} E_\lambda . \Delta\lambda$ en $H_{huid} = E_{huid} \cdot \Delta t$

Aantekeningen:

E_λ (λ, t), E_λ *spectrale bestralingssterkte of spectrale vermogensdichtheid:* het invallend vermogen aan straling per eenheid van oppervlakte, uitgedrukt in watt per vierkante meter per nanometer [W m^{-2} nm^{-1}]; de waarden voor E_λ (λ, t),en E_λ zijn verkregen door metingen of kunnen worden verstrekt door de fabrikant van de apparatuur;

E_{eff} *effectieve bestralingssterkte (UV-gebied):* de berekende bestralingssterkte binnen het UV-golflengtegebied (180 tot 400 nm) door spectrale weging met S (λ), uitgedrukt in watt per vierkante meter [W m^{-2}];

H *bestralingsdosis*: de tijdsintegraal van de bestralingssterkte uitgedrukt in joule per vierkante meter [J m^{-2}];

H_{eff} *effectieve bestralingsdosis:* de bestralingssterkte, blootstelling spectraal gewogen met S (λ), uitgedrukt in joule per vierkante meter [J m^{-2}];

E_{UVA} *totale bestralingssterkte (UVA):* de berekende bestralingssterkte binnen het UVA-golflengtegebied (315-400 nm), uitgedrukt in watt per vierkante meter [W m^{-2}];

H_{UVA} *bestralingsdosis (UVA):* de integraal naar tijd en golflengte, of de som van de bestralingssterkte binnen het UVA-golflengtegebied (315-400 nm), uitgedrukt in joule per vierkante meter [J m^{-2}];

$S(\lambda)$	*spectrale weging* waarbij rekening wordt gehouden met de golflengteafhankelijkheid van de gezondheidseffecten van UV-straling op ogen en huid, (tabel 1.2) [dimensieloos];
$t, \Delta t$	*tijd, duur van de blootstelling*, uitgedrukt in seconden [s];
λ	*golflengte,* uitgedrukt in nanometer [nm];
$\Delta \lambda$	*bandbreedte,* uitgedrukt in nanometer [nm], voor de berekening van de meetintervallen;
$L\lambda(\lambda), L_\lambda$	*spectrale radiantie* van de bron, uitgedrukt in watt per vierkante meter per steradiaal per nanometer [$W\ m^{-2}\ sr^{-1}\ nm^{-1}$];
$R(\lambda)$	*spectrale weging* waarbij rekening wordt gehouden met de golflengteafhankelijkheid van door zichtbare en IRA-straling aan het oog toegebrachte thermische schade (tabel 1.3) [dimensieloos];
L_R	*effectieve radiantie* (thermische schade): berekende radiantie door spectrale weging met $R(\lambda)$, uitgedrukt in watt per vierkante meter per steradiaal [$W\ m^{-2}\ sr^{-1}$];
$B(\lambda)$	*spectrale weging* waarbij rekening wordt gehouden met de golflengteafhankelijkheid van het door bestraling met blauwlicht aan het oog toegebrachte fotochemische letsel (tabel 1.3) [dimensieloos];
L_B	*effectieve radiantie (blauwlicht):* berekende radiantie, spectraal gewogen met $B(\lambda)$, uitgedrukt in watt per vierkante meter per steradiaal [$W\ m^{-2}\ sr^{-1}$];
E_B	*effectieve bestralingssterkte (blauwlicht):* berekende bestralingssterkte, spectraal gewogen met $B(\lambda)$, uitgedrukt in watt per vierkante meter [$W\ m^{-2}$];
E_{IR}	*totale bestralingssterkte (thermische schade):* berekende bestralingssterkte binnen het infrarode golflengtegebied (780 nm t/m 3000 nm), uitgedrukt in watt per vierkante meter [$W\ m^{-2}$];
E_{huid}	*totale bestralingssterkte (zichtbaar, IRA en IRB):* berekende bestralingssterkte binnen het zichtbare en infrarode golflengtegebied (380 nm tot 3000 nm), uitgedrukt in watt per vierkante meter [$W\ m^{-2}$];
H_{huid}	*stralingsblootstelling*, de integraal van tijd en golflengte, of de som van de bestralingssterkte in het zichtbare en infrarode golflengtespectrum (380 tot 3000 nm), uitgedrukt in joule per vierkante meter ($J\ m^{-2}$);
α	*koordehoek*: de hoek die wordt ingenomen door een schijnbare bron als gezien vanuit een punt in de ruimte, uitgedrukt in milliradiaal (mrad). De schijnbare bron is het werkelijke of virtuele object dat het kleinst mogelijke beeld op het netvlies vormt.

Tabel 1.1

Maximale blootstellingswaarde voor niet-coherente optische straling

Nr.	Golflengte in nanometers	Grenswaarde voor blootstelling	Eenheden	Opmerkingen	Deel van het lichaam	Risico
a)	180-400 (UVA, UVB en UVC)	$H_{eff} = 30$ Dagelijkse waarde: 8 uur	[J m^{-2}]		oog hoornvlies bindvlies lens huid	fotokeratitis conjunctivitis staarvorming erythema elasto-sise huidkanker
b)	315-400 (UVA)	$H_{UVA} = 10^4$ Dagelijkse waarde: 8 uur	[J m^{-2}]		oog lens	staarvorming
c)	300-700 (Blauwlicht) *(1)*	$L_B = \frac{10^6}{t}$ voor t ≤ 10000 s	L_B: [W m^{-2} sr^{-1}] t: [seconden]	voor α≥11 mrad	oog netvlies	fotoretinitis
d)	300-700 (Blauwlicht) *(1)*	$L_B = 100$ voor t > 10000 s	[W m^{-2} sr^{-1}]			
e)	300-700 (Blauwlicht) *(1)*	$E_B = \frac{100}{t}$ voor t ≤ 10000 s	E_B: [W m^{-2}] t: [seconden]	voor α < 11 mrad (2)		
f)	300-700 (Blauwlicht) *(1)*	$E_B = 0,01$ t >10 000 s	[W m^{-2}]			

Nr.	Golflengte in nanometers	Grenswaarde voor blootstelling	Eenheden	Opmerkingen	Deel van het lichaam	Risico
g)	380-1400 (Zichtbaar en IRA)	$L_R = \frac{2{,}8.10^7}{C_\alpha}$ voor t >10 s	[W m^{-2} sr^{-1}]	C_α = 1,7 voor $\alpha \leq 1{,}7$ mrad $C_\alpha = \alpha$ voor $1{,}7 \leq \alpha \leq 100$ mrad C_α = 100 voor $\alpha > 100$ mrad λ_1= 380; λ_2= 1400	oog netvlies	verbranding van het netvlies
h)	380-1400 (Zichtbaar en IRA)	$L_R = \frac{5.10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ voor 10 µs ≤ t ≤10s	L_R: [W m^{-2} sr^{-1}] t: [seconden]			
i)	380-1400 (Zichtbaar en IRA)	$L_R = \frac{8{,}89.10^8}{C_\alpha}$ voor t <10 µs	[W m^{-2} sr^{-1}]			
j)	780-1400 (IRA)	$L_R = \frac{6.10^6}{C_\alpha}$ voor t > 10 s	[W m^{-2} sr^{-1}]	C_α = 11 voor $\alpha \leq 11$ mrad $C_\alpha = \alpha$ voor $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad C_α = 100 voor $\alpha > 100$ mrad (meting gezichtsveld: 11 mrad) λ_1= 780; λ_2= 1400	oog netvlies	verbranding van het netvlies
k)	780-1400 (IRA)	$L_R = \frac{5.10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ voor 10 µs ≤ t ≤ 10 s	L_R: [W m^{-2} sr^{-1}] t: [seconden]			
l)	780-1400 (IRA)	$L_R = \frac{8{,}89.10^8}{C_\alpha}$ voor t < 10 µs	[W m^{-2} sr^{-1}]			

Nr.	Golflengte in nanometers	Grenswaarde voor blootstelling	Eenheden	Opmerkingen	Deel van het lichaam	Risico
m)	780-3000 (IRA en IRB)	$E_{IR} = 18000\ t^{-0,75}$ voor $t \leq 1000$ s	E: [W m^{-2}] t: [seconden]		oog hoornvlies lens	verbranding van het hoornvlies staarvorming
n)	780-3000 (IRA en IRB)	$E_{IR} = 100$ voor $t > 1000$ s	[W m^{-2}]			
o)	380-3000 (Zichtbaar, IRA en IRB)	$H_{huid} = 20000\ t^{0,25}$ voor $t < 10$ s	H: [J m^{-2}] t: [seconden]		huid	verbranding

(1) Het spectrum van 300 tot 700 nm omvat delen van UVB, alle UVA en de meeste van de zichtbare straling. Het eraan verbonden risico wordt echter gewoonlijk "blauwlicht"-risico genoemd. Strikt genomen bestrijkt blauwlicht slechts het spectrum van 400 tot 490 nm.

(2) Voor een constante fixatie op zeer kleine bronnen met een koordehoek < 11 mrad, kan L_B worden omgezet in E_B. Dit geldt normaliter alleen voor ophtalmologische instrumenten of een gestabiliseerd oog tijdens anesthesie. De maximale "staartijd" wordt gevonden door $t_{max} = 100/ E_B$ met E_B uitgedrukt in W m^{-2}. Ten gevolge van de oogbewegingen tijdens normale visuele taken komt dit niet boven 100s.

Tabel 1.2

S (λ) [dimensieloos], 180 nm tot 400 nm

λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033

λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)	λ in nm	S (λ)
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		

Tabel 1.3

B (λ), R (λ) [dimensieloos], 380 nm tot 1400 nm

λ in nm	B (λ)	R (λ)
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	—
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1

λ in nm	B (λ)	R (λ)
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450-\lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1050$	—	$10^{0,002 \cdot (700-\lambda)}$
$1050 < \lambda \leq 1150$	—	0,2
$1150 < \lambda \leq 1200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150-\lambda)}$
$1200 < \lambda \leq 1400$	—	0,02

BIJLAGE V.6-2

Optische laserstraling

De biofysisch relevante waarden voor blootstelling aan optische straling kunnen met onderstaande formules worden vastgesteld. Welke formule wordt gebruikt, hangt af van de golflengte en de duur van de door de bron uitgezonden straling en de resultaten dienen te worden vergeleken met de desbetreffende grenswaarden voor blootstelling in de tabellen 2.2 tot en met 2.4. Voor een bepaalde bron van optische laserstraling kan meer dan één blootstellingswaarde met bijbehorende grenswaarde gelden.

De coëfficiënten die in de tabellen 2.2, 2.3 en 2.4 ten behoeve van de berekeningen worden gebruikt, staan in tabel 2.5 en de correctiefactoren voor herhaalde blootstelling staan in tabel 2.6.

$$E = \frac{dP}{dA}\left[Wm^{-2}\right]$$

$$H = \int_0^t E(t).dt\left[Jm^{-2}\right]$$

Aantekeningen:

dP	*vermogen* in watt [W];
dA	*oppervlakte* in vierkante meter [m²];
E (t), E	*bestralingssterkte of vermogensdichtheid*: het invallend vermogen aan straling per eenheid van oppervlakte, gewoonlijk uitgedrukt in watt per vierkante meter [W m^{-2}]. Waarden van E(t), E zijn verkregen door metingen of kunnen door de fabrikant van de apparatuur worden verstrekt;
H	*bestralingsdosis*: de tijdsintegraal van de bestralingssterkte, uitgedrukt in joule per vierkante meter [J m^{-2}];
t	*tijd: duur van de blootstelling*, uitgedrukt in seconden [s];
λ	*golflengte*: uitgedrukt in nanometers [nm];
γ	*de conushoek die het gezichtsveld voor de meting begrenst*, uitgedrukt in milliradialen [mrad];
γ_m	*gezichtsveld voor de meting*, uitgedrukt in milliradialen [mrad];
α	*koordehoek van een bron*, uitgedrukt in milliradialen [mrad]
	begrenzende opening: het cirkelvormige gebied waarvoor het gemiddelde van de bestralingssterkte en de stralingsblootstelling wordt berekend;

G *geïntegreerde radiantie*: de integraal van de radiantie over een bepaalde blootstellingstijd, uitgedrukt als de stralingsenergie per oppervlakte-eenheid van een straling emiterend oppervlak per eenheid van ruimtehoek van een stralingsbron in joule per vierkante meter per steradiaal [J m^{-2} sr^{-1}].

Tabel 2.1
Stralingsrisico's

Golflengte [nm] γ	Stralings-spectrum	Aangetast orgaan	Risico	Tabel voor de grenswaarden voor blootstelling
180 tot 400	UV	oog	fotochemische beschadiging en schade door hitte	2.2 en 2.3
180 tot 400	UV	huid	erytheem	2.4
400 tot 700	zichtbaar	oog	schade aan het netvlies	2.2
400 tot 600	zichtbaar	oog	fotochemische beschadiging	2.3
400 tot 700	zichtbaar	huid	schade door hitte	2.4
700 tot 1400	IRA	oog	schade door hitte	2.2 en 2.3
700 tot 1400	IRA	huid	schade door hitte	2.4
1400 tot 2600	IRB	oog	schade door hitte	2.2
2600 tot 10^6	IRC	oog	schade door hitte	2.2
1400 tot 10^6	IRB, IRC	oog	schade door hitte	2.3
1400 tot 10^6	IRB, IRC	huid	schade door hitte	2.4

Tabel 2.2

Grenswaarden voor de blootstelling van het oog aan laserstraling— Korte blootstellingsduur < 10 s

Golflengte ([a])[nm]		Opening	Duur [s]						
			10^{-13}-10^{-11}	10^{-11}-10^{-9}	10^{-9}-10^{-7}	10^{-7}-1,8.10^{-5}	1,8.10^{-5}-5.10^{-5}	5.10^{-5}-10^{-3}	10^{-3}-10^{1}
UVC	180-280	1 mm voor t<0,3 s; 1,5.$t^{0,375}$ voor 0,3<t<10 s	E=3.10^{10} [W m^{-2}] ([c])		H=30 [J m^{-2}]				
UVB	280-302								
	303				H=40 [J m^{-2}]; indien t<2,6.10^{-9} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	304				H=60 [J m^{-2}]; indien t<1,3.10^{-8} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	305				H=100 [J m^{-2}]; indien t<1,0.10^{-7} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	306				H=160 [J m^{-2}]; indien t<6,7.10^{-7} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	307				H=250 [J m^{-2}]; indien t<4,0.10^{-6} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	308				H=400 [J m^{-2}]; indien t<2,6.10^{-5} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	309				H=630 [J m^{-2}]; indien t<1,6.10^{-4} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	310				H=10^{3} [J m^{-2}]; indien t<1,0.10^{-3} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	311				H=1,6. 10^{3} [J m^{-2}]; indien t<6,7.10^{-3} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	312				H=2,5. 10^{3} [J m^{-2}]; indien t<4,0.10^{-2} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	313				H=4,0. 10^{3} [J m^{-2}]; indien t<2,6.10^{-1} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
	314				H=6,3. 10^{3} [J m^{-2}]; indien t<1,6.10^{0} dan H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}] ([d])				
UVA	315-400				H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}]				
Zichtbaar en IRA	400-700	7 mm	H=1,5.10^{-4} C_E [J m^{-2}]	H=2,7.10^{4} $t^{0,75}$ C_E [J m^{-2}]	H=5.10^{-3} C_E [J m^{-2}]		H=18 $t^{0,75}$ C_E [J m^{-2}]		
	700-1050		H=1,5.10^{-4} $C_A C_E$ [J m^{-2}]	H=2,7.10^{4} $t^{0,75}$ $C_A C_E$ [J m^{-2}]	H=5.10^{-3} $C_A C_E$ [J m^{-2}]		H=18 $t^{0,75}$ $C_A C_E$ [J m^{-2}]		
	1050-1400		H=1,5.10^{-3} C_C C_E [J m^{-2}]	H=2,7.10^{5} $t^{0,75}$ C_C C_E [J m^{-2}]	H=5.10^{-2} C_C C_E [J m^{-2}]			H=90 $t^{0,75}$ C_C C_E [J m^{-2}]	
IRB & IRC	1400-1500	([b])	E=10^{12} [W m^{-2}] ([c])		H=10^{3} [J m^{-2}]				H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}]
	1500-1800		E=10^{13} [W m^{-2}] ([c])		H=10^{4} [J m^{-2}]				
	1800-2600		E=10^{12} [W m^{-2}] ([c])		H=10^{3} [J m^{-2}]				H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}]
	2600-10^{6}		E=10^{11} [W m^{-2}] ([c])		H=100 [J m^{-2}]	H=5,6.$10^{3}t^{0,25}$ [J m^{-2}]			

([a]) Indien voor de golflengte van de laser twee grenswaarden gelden is de meest beperkende van toepassing

([b]) Indien $1400 \le \lambda < 10^5$ nm: openingsdiameter = 1 mm voor $t \le 0,3$ s en 1,5 $t^{0,375}$ mm voor 0,3 s< t <10 s; indien $10^5 \le \lambda < 10^6$ nm: openingsdiameter = 11 mm.

([c]) Gezien het gebrek aan gegevens in verband met deze pulslengten beveelt de ICNRIP de toepassing van een maximale bestralingsduur van 1 ns aan.

([d]) De tabel geeft waarden aan voor enkelvoudige laserpulsen. In het geval van meervoudige laserpulsen moet de duur van de pulsen binnen een interval T_{min} (genoemd in tabel 2.6) worden opgeteld en de daaruit resulterende tijdwaarde moet voor t worden ingevuld in de formule 5,6.$10^{3}t^{0,25}$.

Tabel 2.3

Grenswaarden voor de blootstelling van het oog aan laserstraling — Lange blootstellingsduur ≥ 10 s

Golflengte ([a])[nm]		Opening	Duur [s]		
			$10^1 – 10^2$	$10^2 – 10^4$	$10^4 – 3.10^4$
UVC	180-280	3,5 mm	H=30 [J m^{-2}]		
UVB	280-302				
	303		H=40 [J m^{-2}]		
	304		H=60 [J m^{-2}]		
	305		H=100 [J m^{-2}]		
	306		H=160 [J m^{-2}]		
	307		H=250 [J m^{-2}]		
	308		H=400 [J m^{-2}]		
	309		H=630 [J m^{-2}]		
	310		H=1,0. 10^3 [J m^{-2}]		
	311		H=1,6. 10^3 [J m^{-2}]		
	312		H=2,5. 10^3 [J m^{-2}]		
	313		H=4,0. 10^3 [J m^{-2}]		
	314		H=6,3. 10^3 [J m^{-2}]		
UVA	315-400		H=10^4 [J m^{-2}]		
Zichtbaar 400-700	400-600 Fotochemische ([b]) Beschadiging van het netvlies door hitte	7mm	H=100 C_B [J m^{-2}] (γ = 11 mrad) ([d])	E=1 C_B [W m^{-2}] (γ = 1,1 t ^{0,5} mrad) ([d])	E=1 C_B [W m^{-2}] (γ = 110 mrad) ([d])
	400-700 Thermische ([b]) Beschadiging van het netvlies		indien α < 1,5 mrad, dan E = 10 [W m^{-2}] indien α > 1,5 mrad en t $\leq T_2$, dan H= 18 C_E t^{0,75} C_A [J m^{-2}] indien α > 1,5 mrad en t >T_2, dan E= 18 C_E $T_2^{-0,25}$ [W m^{-2}]		
IRA	700-1400	7 mm	indien α < 1,5 mrad, dan E = 10 $C_A C_C$ [W m^{-2}] indien α > 1,5 mrad en t $\leq T_2$, dan H= 18 C_A C_C C_E t^{0,75} [J m^{-2}] indien α > 1,5 mrad en t >T_2, dan E= 18 C_A C_C C_E $T_2^{-0,25}$ [W m^{-2}] (1000 W m^{-2} mag niet worden overschreden)		
IRB &IRC	1400-10^6	([c])	E = 1000[W m^{-2}]		

([a]) Indien voor de golflengte of een andere parameter van de laser twee grenswaarden gelden, wordt de meest beperkende toegepast.

([b]) Voor kleinere bronnen die een hoek van 1,5 mrad of minder omspannen, worden de dubbele grenswaarden E voor zichtbare bestraling in het 400 nm tot 600 nm-gebied beperkt tot de grenswaarden voor hitte wanneer 10s $\leq t < T_1$ en tot de fotochemische grenswaarde voor een langere tijdsduur. Voor T_1 en T_2 zie tabel 2.5. De grenswaarde voor fotochemische beschadiging van het netvlies kan ook worden uitgedrukt als tijdsintegraal van de radiantie G = 10^6 C_B [J m^{-2} sr^{-1}] voor t>10 s tot t =10000 s en L = 100 C_B [W m^{-2} sr^{-1}] voor t > 10000 s. Voor de meting van G en L moet γ_m worden gebruikt als gemiddelde voor het gezichtsveld. De officiële grens tussen zichtbaar en infrarood licht is 780 nm volgens de definitie van de CIE. De kolom met de namen van de verschillende golfspectra is alleen bedoeld om de gebruiker een beter overzicht te geven. (De schrijfwijze G wordt door CEN gebruikt; de schrijfwijze L_t wordt gebruikt door de CIE; de schrijfwijze L_P wordt gebruikt door de IEC en het CENELEC.)

([c]) Voor golflengten van 1400 – 10^5 nm: openingsdiameter = 3,5 mm; voor golflengten 10^5 - 10^6 nm: openingsdiameter = 11 mm

([d]) Voor de meting van de blootstellingswaarde moet γ als volgt in aanmerking genomen worden: indien α (de door een stralingsbron omspannen hoek) > γ (de maximale conushoek als aangegeven tussen haken in de desbetreffende kolom) dan dient het gezichtsveld voor de meting γ_m gelijk te zijn aan de desbetreffende waarde van γ . (Indien er voor de meting een groter gezichtsveld wordt toegepast zou het risico worden overdreven.)

Indien $\alpha < \gamma$ moet het gezichtsveld voor de meting γ_m breed genoeg zijn om de bron volledig te omvatten maar is in andere opzichten niet beperkt en kan het groter zijn dan γ .

Tabel 2.4

Grenswaarden voor de blootstelling van de huid aan laserstraling

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Golflengte ([a])[nm]</td><td rowspan="2">Opening</td><td colspan="6">Tijd [s]</td></tr>
<tr><td>$<10^{-9}$</td><td>10^{-9}-10^{-7}</td><td>10^{-7}-10^{-3}</td><td>10^{-3}-10^{1}</td><td>10^{1}-10^{3}</td><td>10^{3}-3.10^{4}</td></tr>
<tr><td>UV
(A,B,C)</td><td>180-400</td><td>3,5 mm</td><td>$E=3.10^{10}$ [W m^{-2}]</td><td colspan="5">Dezelfde grenswaarde als voor blootstelling van de ogen</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Zichtbaar
&
IRA</td><td>400-700</td><td rowspan="6">3,5 mm</td><td>$E=2.10^{11}$ [W m^{-2}]</td><td rowspan="2">$H=200\ C_A$
[J m^{-2}]</td><td colspan="2" rowspan="2">$H=1,1.\ 10^{4}\ C_A\ t^{0,25}$
[J m^{-2}]</td><td colspan="2" rowspan="2">$E=2.\ 10^{3}\ C_A$
[W m^{-2}]</td></tr>
<tr><td>700-1400</td><td>$E=2.10^{11}C_A$[W m^{-2}]</td></tr>
<tr><td rowspan="4">IRB
&
IRC</td><td>1400-1500</td><td>$E=10^{12}$ [W m^{-2}]</td><td colspan="5" rowspan="4">Dezelfde grenswaarde als voor blootstelling van de ogen</td></tr>
<tr><td>1500-1800</td><td>$E=10^{13}$ [W m^{-2}]</td></tr>
<tr><td>1800-2600</td><td>$E=10^{12}$ [W m^{-2}]</td></tr>
<tr><td>$2600\text{-}10^{6}$</td><td>$E=10^{11}$ [W m^{-2}]</td></tr>
</table>

([a]) Indien voor de golflengte of een andere parameter van de laser twee grenswaarden gelden, moet de meest beperkende worden toegepast.

Tabel 2.5

Toegepaste correctiefactoren en andere parameters

ICNIRP-benaming parameter	Geldig spectraalgebied (nm)	Waarde
C_A	$\lambda < 700$	$C_A = 1{,}0$
	700-1050	$C_A = 10^{\,0{,}002(\lambda - 700)}$
	1 050-1400	$C_A = 5{,}0$
C_B	400-450	$C_B = 1{,}0$
	450-700	$C_B = 10^{\,0{,}02(\lambda - 450)}$
C_C	700-1150	$C_C = 1{,}0$
	1150-1200	$C_C = 10^{\,0{,}018(\lambda - 1150)}$
	1 200-1400	$C_C = 8{,}0$
T_1	$\lambda < 450$	$T_1 = 10$ s
	450-500	$T_1 = 10 \cdot [10^{\,0{,}02\,(\lambda - 450)}]$ s
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100$ s
ICNIRP-benaming parameter	Geldig voor biologisch effect	Waarde
α_{min}	alle thermische effecten	$\alpha_{min} = 1{,}5$ mrad
ICNIRP-benaming parameter	Geldige waarden voor de openingshoeken (mrad)	Waarde
C_E	$\alpha < \alpha_{min}$	$C_E = 1{,}0$
	$\alpha_{min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2/(\alpha_{min} . \alpha_{max})$ mrad met $\alpha_{max} = 100$ mrad
T_2	$\alpha < 1{,}5$	$T_2 = 10$ s
	$1{,}5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{\,(\alpha - 1{,}5)\,/\,98{,}5}]$ s
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100$ s
ICNIRP-benaming parameter	Geldige blootstellingsperioden (s)	Waarde
γ	$t \leq 100$	$\gamma = 11$ [mrad]
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1{,}1\ t^{\,0{,}5}$ [mrad]
	$t > 10^4$	$\gamma = 110$ [mrad]

Tabel 2.6

Correctie voor herhaalde blootstelling

Bij iedere herhaalde blootstelling zoals deze plaatsvinden bij lasersystemen met herhaalde pulsen of beeldontleding door middel van laser (scanning) dient elk van de drie volgende algemene regels te worden toegepast.

a. De blootstelling ten gevolge van elke afzonderlijke puls in een reeks pulsen mag de blootstellingsgrenswaarde voor een enkele puls met dezelfde pulstijd niet overschrijden.

b. De blootstelling ten gevolge van een groep van pulsen (of subgroep van pulsen in een reeks) die in tijd t worden afgegeven mag de grenswaarde voor de blootstelling voor tijd t niet overschrijden.

c. De blootstelling ten gevolge van een enkele puls binnen een groep pulsen mag niet hoger zijn dan de grenswaarde voor blootstelling aan een enkele puls vermenigvuldigd met de cumulatieve thermische correctiefactor $C_p=N^{-0,25}$, waarbij N het aantal pulsen is. Deze regel is alleen van toepassing op grenswaarden voor blootstelling die moeten beschermen tegen thermische beschadiging, waarbij alle pulsen die in minder dan T_{min} worden afgegeven, behandeld worden als een enkele puls.

Parameter	Geldig spectraalgebied (nm)	Waarde
T_{min}	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{min} = 10^{-9}$ s (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1050$	$T_{min} = 18 \cdot 10^{-6}$ s (= 18 μs)
	$1050 < \lambda \leq 1400$	$T_{min} = 50 \cdot 10^{-6}$ s (= 50 μs)
	$1400 < \lambda \leq 1500$	$T_{min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$1500 < \lambda \leq 1800$	$T_{min} = 10$ s
	$1800 < \lambda \leq 2600$	$T_{min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$2600 < \lambda \leq 10^{6}$	$T_{min} = 10^{-7}$ s (= 100 ns)