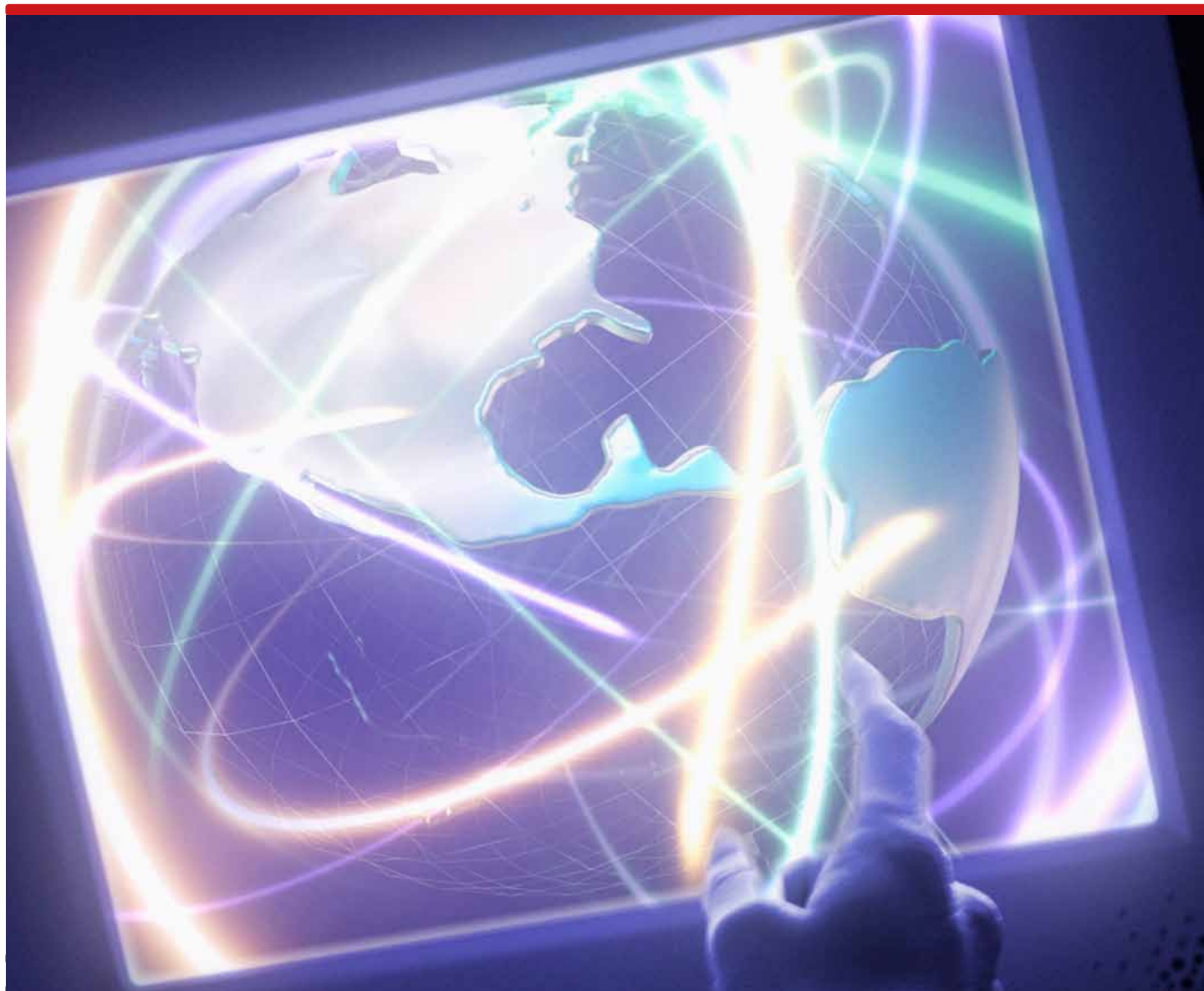

KUNSTMATIGE OPTISCHE STRALING



De redactie van deze brochure is afgesloten op 1 mei 2011.

Cette brochure existe aussi en français

Redactie: Maurits De Ridder van de Algemene Directie Humanisering van de Arbeid en Steven Van Cauwenberghe van de Algemene Directie Toezicht op het Welzijn op het Werk

Coördinatie: Directie van de communicatie

Grafische vormgeving: Sylvie Peeters

Verantwoordelijke uitgever: FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg

© FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg

Alle rechten voorbehouden voor alle landen. Niets uit deze uitgave mag geheel of gedeeltelijk worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of enige wijze, zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van de Directie van de communicatie van de FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg. Indien de verveelvoudiging van teksten uit deze brochure echter strikt niet-commercieel gebeurt, voor informatieve of pedagogische doeleinden, is dit toegestaan met bronvermelding en, in voorkomend geval, met vermelding van de auteurs van de brochure.

Voorwoord

Al heel lang zijn arbeiders blootgesteld aan kunstmatige optische straling (metaal smelten en glasblazen) en al lang is geweten dat deze straling gezondheidsschade kan veroorzaken (lasogen, glasblazerscataract). Toch is het pas nu dat er een wetgeving gemaakt wordt voor de bescherming van de werknemers tegen dit soort straling. Dit heeft te maken met de toegenomen kennis over de mechanismen van de gezondheidsschade waardoor er grenswaarden kunnen bepaald worden, maar ook met de sterke toename van het aantal en de soorten bronnen van kunstmatige optische straling op de werkvloer.

In de praktijk hebben alle bedrijven met kunstmatige optische straling te maken al was het maar door het gebruik van lampen en beeldschermen. Slechts in een beperkt aantal bedrijven zijn er ook bronnen aanwezig die voldoende sterk zijn om tijdelijke of blijvende gezondheidsschade te veroorzaken. Het komt er dan ook op aan om deze situaties te herkennen en er de gepaste preventie- en beschermingsmaatregelen voor te voorzien.

Aangezien kunstmatige optische straling relatief weinig beroepsziekten en arbeidsongevallen veroorzaakt kunnen we er van uit gaan dat in de meeste bedrijven al maatregelen genomen worden. Eventueel zullen de reeds genomen maatregelen nog moeten verfijnd of aangevuld worden omwille van de bepalingen in het Koninklijk Besluit van 22 april 2010 betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van kunstmatige optische straling. Deze brochure heeft de bedoeling daar bij te helpen en is bestemd voor alle personen die hierbij betrokken zijn.

Inhoud

Voorwoord	3
Inhoud	4
1. Inleiding	5
2. Fysica wetten	6
3. Bronnen en toepassingen	7
3.1 Bronnen	7
3.1.1 Ultraviolette straling	7
3.1.2 Zichtbare straling	7
3.1.3 Infrarode straling	7
3.1.4 Toepassing van kunstmatige optische straling	8
4. Gezondheidseffecten	9
4.1 Ultraviolette straling	9
4.1.1 Ter hoogte van de huid	9
4.1.2 Ter hoogte van de ogen	12
4.1.3 Indirecte schade	13
4.2 Zichtbare straling	13
4.3 Infraroodstraling	14
4.3.1 Ter hoogte van de huid	14
4.3.2 Ter hoogte van de ogen	15
4.4 Laserstraling	15
4.4.1 Biologische risico's	15
4.4.2 Risico's voor de ogen	16
4.4.3 Risico's voor de huid	16
4.4.4 Ongevallen met lasers	17
5. Wet over kunstmatige optische straling	18
5.1 Afdeling I: toepassingsgebied en definities	18
5.2 Afdeling II: grenswaarden voor blootstelling	18
5.3 Afdeling III: risicoanalyse	18
5.4 Afdeling IV: maatregelen ter voorkoming of vermindering van de risico's	19
5.5 Afdeling V: voorlichting en opleiding van werknemers	20
5.6 Afdeling VI: raadpleging en participatie van de werknemers	20
5.7 Afdeling VII: gezondheidstoezicht	20
5.8 Afdeling VIII: slotbepalingen	21
5.9 Bijlage I: niet-coherente optische straling	21
5.10 Bijlage II: coherente optische straling	21
6. Risico-evaluatie	23
6.1 Risicobeoordeling	23
6.2 Checklist	25
6.3 Berekeningen	26
6.4 Voorbeelden	28
6.4.1 Zonnecentra	28
6.4.2 Metaalbewerking	28
6.4.3 Ontsmetten	28
6.4.4 Drogen en uitharden	28
6.4.5 Ovens	29
6.4.6 Verlichting	29
6.4.7 Lasertoepassingen	29
6.4.8 Medische toepassingen	29
6.4.9 Branden	29
6.5 Categorieën werkomgevingen	29
6.6 Laserstraling	32
7. Metingen	35
8. Preventiemaatregelen	37
8.1 Collectieve beschermingsmaatregelen	37
8.2 Persoonlijke beschermingsmaatregelen	39
9. Informatie en vorming	41
10. Gezondheidstoezicht en beroepsziekten	42
Bijlagen	43
Bijlage 1: Checklist kunstmatige optische straling	43
Bijlage 2: Normen	45

1. Inleiding

In het Belgisch Staatsblad van 6 mei 2010 verscheen het Koninklijk Besluit van 22 april 2010 betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van kunstmatige optische straling op het werk. Dit K.B., dat opgenomen wordt in de Codex over het Welzijn op het Werk, is een omzetting van 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).

Het doel van deze wetgeving is de negatieve effecten op ogen en huid die door kunstmatige straling bij werknemers kunnen veroorzaakt worden te voorkomen. De risico's van blootstelling aan natuurlijke optische straling van de zon komen in deze wetgeving niet aan bod omdat men op Europees niveau beslist heeft enkel voor de kunstmatige bronnen een regelgeving te maken. Dit wil niet zeggen dat zonnestraling onschadelijk is. Integendeel zelfs. Wanneer men op een zomerdag enkele uren buiten werkt, heeft men een blootstelling die de grenswaarde van het K.B. kunstmatige optische straling overschrijdt. Ook hier zullen maatregelen moeten genomen worden, maar dan niet op basis van dit K.B..

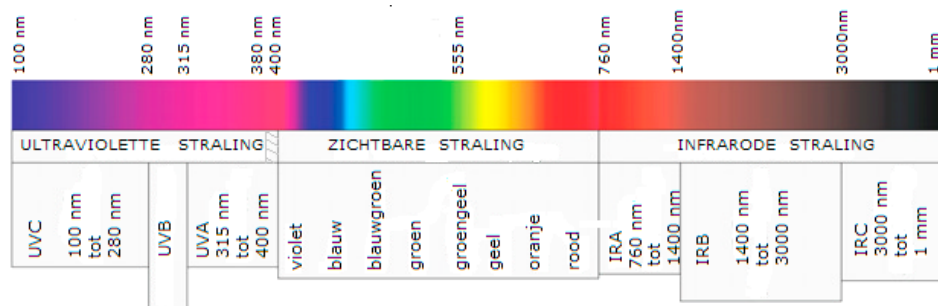
Het K.B. gaat dus over bronnen die in de werkomgeving optische straling uitsturen. In elk bedrijf komen dergelijke bronnen voor, maar vaak zullen het triviale, onbeduidende bronnen zijn waarvan de blootstelling steeds een stuk lager is dan de grenswaarde en die dus geen risico vormen. Kunstmatige verlichting en beeldschermen zijn hiervan voorbeelden. Deze bronnen vereisen geen grondige risicoanalyse en er hoeven geen preventiemaatregelen genomen te worden. Daarnaast zijn er significante bronnen en toepassingen waar de blootstelling boven de grenswaarde wel mogelijk is en waar wel een risicoanalyse moet worden opgemaakt en gepaste preventiemaatregelen worden toegepast. Bij deze bronnen gaat het enerzijds om functioneel en doelbewust opgewekte kunstmatige optische straling die een element in het productieproces vormt (sterke UV-lampen, sommige lasers), en anderzijds om een ongewenst, onbedoeld en onvermijdbaar bijproduct van het productieproces (lassen, opwarmen van materialen). Voor deze laatste groep bronnen zal het moeilijker zijn om over adequate gegevens te beschikken voor de risicoanalyse en preventie.

2. Fysica wetten

Het optische stralingsspectrum is gelegen tussen de golflengtes $\lambda=100$ nanometer (nm) en $\lambda=1$ millimeter (mm). Het spectrum wordt onderverdeeld in een gebied van ultraviolette (UV), zichtbare (VIS) en infrarode (IR) straling. Een verdere onderverdeling kan worden gemaakt in UVC, UVB, UVA, VIS, IRA, IRB en IRC.

Soort straling	Spectrum λ [nm]
UVC	100 – 280
UVB	280 – 315
UVA	315 – 400
VIS	380 – 760
IRA	760 – 1 400
IRB	1 400 – 3 000
IRC	3 000 – 1 000 000

Onderverdeling van het spectraal gebied van de optische straling.



Overzicht van de golflengtegebieden van ultraviolette, zichtbare en infrarode straling.
(De figuur is niet op schaal – Bron: Steven Van Cauwenberghe)

De infrarode straling die wordt gebruikt voor verwarmingstoepassingen en industrieel, huishoudelijk en medisch gebruik heeft golflengtes van 750 nm tot 10.000 nm. Het gebied kan worden ingedeeld in:

KIR	Kortgolvlige infrarode straling	750 nm – 2.000 nm	(>1.500 K)
MIR	Middengolvlige infrarode straling	2.000 nm – 4.000 nm	(1.500 K – 750 K)
LIR	Langgolvlige infrarode straling	4.000 nm – 10.000 nm	(750 K – 300 K)

De vermelde temperaturen, uitgedrukt in Kelvin (K), zijn deze van de zwarte straler die dergelijke golflengtes uitzendt.

Op te merken is dat de vermogensdichtheid [W/m^2] uitgaande van een object met infrarode straling evenredig is met de vierde macht van de temperatuur [T].

Er is verder een verschil tussen coherente en incoherente straling. Een laser geeft straling met een hoge graad van coherentie zowel in de tijd als in de ruimte en heeft dus slechts één (monochromatische) golflengte. Dit type van straling kan worden beschouwd als unidirectioneel, komende van een puntvormige bron.

Bij continue lasers wordt het vermogen uitgedrukt in Watt (W). Het bereik gaat van enkele mW tot meer dan 10000 W voor lasers die metalen kunnen snijden.

Pulserende lasers worden geklasseerd volgens energie [Joule (J)]. De energie van dit soort laser varieert tussen enkele mJ tot honderden Joule voor lasers die worden gebruikt om te (punt)lassen.

De intensiteit van de straal op de aslijn van de laser is constant dichtbij de laserbron en neemt pas op grotere afstand evenredig af met het kwadraat van de afstand. Van deze heel interessante eigenschap van de initiële constante intensiteit van de laserstraal wordt gebruik gemaakt bij vele industriële toepassingen.

Tegenover de lasers met coherente straling staat de incoherente straling (zoals de straling van een gloeilamp, van zichtbare straling, ultraviolette straling,...) met een continu frequentiespectrum. Het is een superpositie van verschillende frequenties. Dit soort straling plant zich voort in alle richtingen en is bijgevolg allesbehalve unidirectioneel.

Ten slotte moet een onderscheid worden gemaakt tussen ioniserende en niet-ioniserende straling. Ultraviolette straling vormt de grens van ioniserende en niet-ioniserende straling. De grens wordt conventioneel gelegd op 300 nm. Deze en kleinere golflengtes geven aanleiding tot ioniserende straling.

3. Bronnen en toepassingen

De zon zendt als natuurlijke bron van optische straling met haar temperatuur van 6000 K zowel infrarode, zichtbare en ultraviolette straling uit. Objecten met een temperatuur lager dan 750 K, zenden bijna enkel infrarode straling uit.

De zon is de belangrijkste bron van ultraviolette straling. De ozonlaag rond de aarde absorbeert UVC- en een deel van de UVB-straling. Hoe hoger de ozonconcentratie is, hoe lager de hoeveelheid ultraviolette straling aan de grond wordt. In de atmosfeer wordt de ultraviolette straling verstrooid in alle richtingen. Het ultraviolette spectrum verschilt ook naargelang de plaats, het tijdstip, allereerste de handhaving van de atmosfeer.

3.1 Bronnen

3.1.1 Ultraviolette straling

Praktisch alle kunstmatige ultravioletbronnen geven straling over een breed spectraal gebied. Met filters worden minder gewenste stralingen zoals infrarode en zichtbare straling verwijderd. Er zijn drie groepen kunstmatige ultravioletbronnen:

- 1) Gloeilampen
De elektromagnetische straling wordt opgewekt door het verhitten van een materiaal dat meestal draadvormig is. Een typisch voorbeeld is de wolfram-kwartzjodide lamp of de halogeenlamp.
- 2) Gasontladingslampen
Hier wordt de straling opgewekt met een elektrische ontleding in een gas. Typische voorbeelden zijn kwikdampampen en fluorescentiebuizen (TL-buizen). Zo zijn lampen voor zonnebanken meestal kwikdampampen met golflengtes van 250 nm tot 350 nm.
- 3) Speciale bronnen
Hieronder vallen onder andere de lasbogen.

Bij lampen behoren altijd elektrische en stralingskarakteristieken. Dikwijls wordt het percentage ultraviolette straling en de spectrale (energie)verdeling opgegeven.

3.1.2 Zichtbare straling

Zichtbare straling is het best gekend. Het wordt voornamelijk geproduceerd door lampen allereerste de handhaving van de atmosfeer.

3.1.3 Infrarode straling

De meeste infrarode stralingsbronnen vinden hun oorsprong bij de verbranding van een gas of stookolie of door het voeren van een elektrische stroom door een weerstandselement.

- KIR-stralers bestaan in de vorm van lampen en buizen uit kwarts en worden dikwijls voorzien van een reflector.
- MIR-stralers bestaan uit siliciumbuisstralers, siliciumpanelen of metaalstralers in vuurvast materiaal.
- LIR-stralers bestaan uit keramische elementen waarin weerstandselementen zijn gegoten.

3.1.4 Toepassing van kunstmatige optische straling

Golflengte	Gebruikt bij	Ongewild geproduceerd bij
UVC	sterilisatie van kiemen fluorescentie fotolithografie	uitharding van inkten verlichting van werkkoppervlakken projectielampen booglassen
UVB	zonnebanken fototherapie fluorescentie fotolithografie	kiemdodende lampen uitharding van inkten verlichting van werkkoppervlakken projectielampen booglassen
UVA	fototherapie fluorescentie (non-destructieve testen, valsmunterdetectie, eigendomsmarkering, amusementseffecten...) zonnebanken uitharden van inkten insectlokkende lampen fotolithografie	kiemdodende lampen verlichting van werkkoppervlakken projectielampen booglassen
VIS	verlichting van werkkoppervlakken indicatorlampen verkeerssignalisatie haar- en aderverwijdering uitharden van inkten insectlokkende lampen fotolithografie fotokopieermachines projectie televisie- en computerschermen	zonnebanken lassen opwarmings- en droogprocessen
IRA	bewakingsinstallaties opwarming drogen haar- en aderverwijdering communicatie en afstandsbediening	verlichting van werkkoppervlakken lassen
IRB	opwarming drogen communicatie en afstandsbediening	verlichting van werkkoppervlakken lassen
IRC	opwarming drogen	verlichting van werkkoppervlakken lassen

In laserapparaten kan zowel optische als ultraviolette en infrarode straling worden gebruikt. De risico's van een laser met ultraviolette of infrarode straling zijn dan ook dezelfde als die van andere apparaten die deze straling aanwenden. Bij de laser komen er nog eigen risico's bij.

categorie	voorbeeld van toepassing
materiaalverwerking	snijden, lassen, markering, boren, fotolithografie
optische metingen	afstandsmeting, beveiliging, snelheidsmeting, trillingsmeting, deeltjesverdeling, interferometrie
medisch	oftamologie, chirurgie, fotodynamische therapie, dermatologie, laserscalpel, aderschirurgie, medische diagnostiek
communicatie	via glasvezel, satelliet, openlucht
optische informatieopslag	cd/dvd-speler, laserprinter
spectroscopie	identificatie van substanties
holografie	amusement, informatie opslag
amusementsector	lasershows, laserpointers

Volgende types laser worden aangetroffen:

- Helium-Neon-(He-Ne-)laser: in de bouw voor richten, vastleggen van niveaus, telemetrie, topografie; in de metrologie (afstellen van machines), holografie, codeherkenning, dataverwerking, grafische druk, korrelgroottedistributiemeting...
- Koolstofdioxide-(CO₂)-laser: snijden van diverse materialen, lassen, boren, warmtebehandeling, chirurgie, oppervlakteharding...
- Yag-laser: metaalverdamming, afstellen van weerstanden, uitgloueing, oftamologie en chirurgie, boren en lassen, graven...
- Kleurstoflaser: spectroscopie, materiaalstudie, dermatologie...
- Robijnlaser: holografie, telemetrie...
- Stikstof-(N₂-)laser: grafische druk, fotochemie...

4. Gezondheidseffecten

4.1 Ultraviolette straling

4.1.1 Ter hoogte van de huid

A. Opbouw van de huid

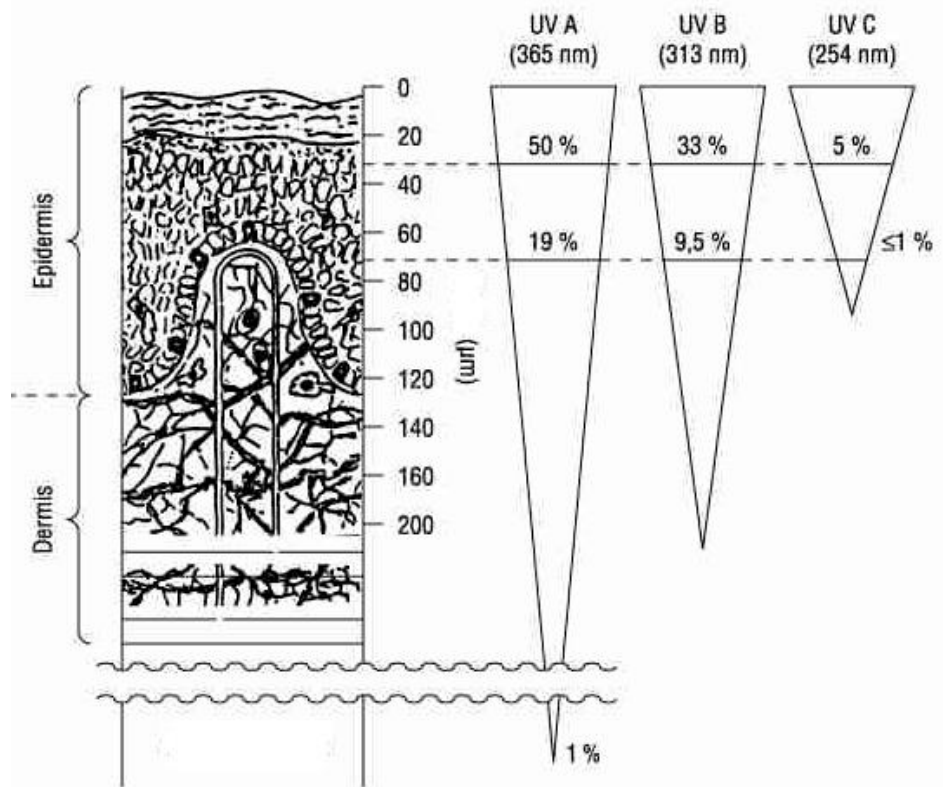
De huid bestaat uit drie verschillende lagen: de epidermis, de dermis en het subcutaan weefsel. De buitenste laag of epidermis varieert in dikte van 50 tot 600 micrometer. In de basale laag van die epidermis bevinden zich de melanocyten. Het zijn normaliter zeer traagdelende cellen, maar hun deling versnelt onder invloed van blootstelling aan UV-straling. De melanocyten vormen melanine, een pigment dat UV absorbeert en dat dus belangrijk is in de afscherming van de onderliggende weefsels door de epidermis. Een nog belangrijker factor in de afscherming van UV is de dikte van de huid.

B. Absorptie, reflectie en penetratie

UV-straling die op de huid terechtkomt kan geabsorbeerd, gereflecteerd en/of verstrooid worden. De blootstelling van de bovenste huidlaag zal dus verschillen van die in de daaronder gelegen lagen. 95 % van de straling wordt geabsorbeerd. De absorptie hangt af van de specifieke absorptiekenmerken van de aanwezige moleculen. Zo absorberen aromatische aminozuren sterk rond 275 nm, terwijl DNA rond 260 nm het meest absorbeert. Melanine absorbeert tot in het UVA en zichtbare stralingsgebied. De geabsorbeerde energie wordt omgezet in warmte of gebruikt voor fotochemische reacties.

5 % van de invallende straling wordt gereflecteerd. Reflectie vindt niet alleen aan de oppervlakte van de hoornlaag plaats, maar op alle niveaus.

De penetratiediepte is afhankelijk van de golflengte van de straling. Hoe langer de golflengte, hoe dieper de penetratie.



Penetratie van UVA-, UVB- en UVC-straling in de menselijke huid (Bron: Bruls et al., 1984)

Deze figuur toont dat dezelfde oppervlakkige blootstelling aan UVA en UVB op een bepaalde diepte resulteert in een hogere blootstelling aan UVA dan aan UVB. Terwijl slechts een kleine 1 % van de UVC-straling in de epidermis doordringt, baant ongeveer 1 % van de UVA zich een weg tot in het subcutane weefsel.

Distributie en grootte van de melaninepartikels in de huid spelen ook een belangrijke rol in de huidpenetratie.

C. Gevoeligheid van de huid.

De gevoeligheid van de huid (weerstand tegen acute en chronische beschadiging) hangt af van het huid of fototype.

Iemand met een fototype I huid heeft een bleke huid, die na zonbestraling alleen maar rood wordt en niet bruint, tenzij onder de vorm van zomersproeten. Dit fototype komt vooral voor bij personen van Keltische oorsprong, zoals Schotten en Ieren.

Fototype II individuen worden altijd rood, maar pigmenteren daarna toch.

Fototype III personen kunnen eerst rood worden, maar zullen nadien normaal pigmenteren. De meeste Belgen hebben een fototype II of III.

Met fototype IV duidt men mensen aan die nooit rood worden en altijd bruin, zoals de meeste zuiderlingen.

De fototype V groep omvat personen die van nature matig gepigmenteerd zijn, zoals Indianen en Aziaten.

Tot fototype VI behoren mensen die heel sterk gepigmenteerd zijn, zoals de zwarten.

D. Adaptatie van de huid

Een matige blootstelling aan UVB-straling zorgt voor een betere weerstand tegen latere UV-blootstellingen. De melanocyten zullen gestimuleerd worden om melanine te produceren (melanogenese). UVB brengt ook een verdikking van de huid teweeg en een verbetering van de reflectiekenmerken van de epidermis. Dit fenomeen wordt niet veroorzaakt door UVA.

E. Vitamine D3-synthese

UVB blootstelling van de huid zorgt voor de synthese van het vitamine D3, dat noodzakelijk is voor de intestinale absorptie van calcium.

Na een volledige lichaamsblootstelling van 1 Minimale Erytheem Dosis (MED of de kleinste dosis straling die aanleiding geeft tot roodheid) stijgt de vitamine D3-concentratie in het bloed met een factor 10 binnen de 24 uur. Na een week zonder blootstelling valt die concentratie dan terug op het oorspronkelijke niveau.

Ultraviolette straling is een kritische factor voor het voldoen van de vitamine D3-behoefte van het lichaam. Toch hoeft men daarom niet constant in de zon te lopen : een dagelijkse blootstelling van aangezicht en handen gedurende 15 minuten of 55 MED's per jaar zou voldoende zijn om de vitamine D3-behoefte te voldoen.

Indien de huid onvoldoende UVB ontvangt kan een vitamine D3-tekort optreden, wat resulteert in een verzwakking van de beenderen. De belangrijkste risicogroepen in dit verband zijn donkerhuidige kinderen die in steden op hogere breedtegraad wonen en ouderen die het huis niet uitkomen.

F. Korte termijn gezondheidseffecten

Pigmentatie en bruining van de huid

Wanneer de huid blootgesteld is aan UV-straling treden twee verschillende bruiningsreacties op.

Direct na de blootstelling zal het reeds aanwezige melanine donkerder worden. Deze reactie vermindert al enkele uren na het beëindigen van de blootstelling. Vooral UVA veroorzaakt dit direct effect.

Melanogenese treedt pas na 3 dagen blootstelling op. Ze is maximaal na 4 tot 10 dagen en wordt vooral door UVB veroorzaakt. Melanogenese is een toename van het aantal, de grootte van en de pigmentatie van de melaninegranules in de huid. Dit effect is meer persistent.

Erytheem en zonnebrand

In zijn milde vorm bestaat zonnebrand uit roodheid van de huid, die optreedt binnen de 8 uur na de blootstelling, een maximum bereikt na 8 à 24 uur en langzaam verdwijnt in de volgende 3 dagen. De roodheid ontstaat als gevolg van capillaire vasodilatatie. Bij ernstigere vormen ontstaat inflammatie, blaasvorming en vervelling.

De mate van zonnebrand hangt vooral af van het huidtype, van de mate van pigmentatie en van de golflengtes waaraan men is blootgesteld. UVA, UVB en UVC kunnen alle drie erytheem veroorzaken, maar met verschillende effectiviteit. De meest erythemogene golflengtes liggen rond 250 tot 290 nm.

De kleinste dosis straling die roodheid veroorzaakt noemt men Minimale Erytheem Dosis (MED). Voor het blanke type bedraagt de MED ongeveer 200 J/m² voor golflengtes tussen 250 en 300 nm. Een gemiddeld huidtype, dat geruime tijd niet aan zonlicht is blootgesteld, kan normaal 20 minuten hevige zonbestraling verdragen.

Fotosensibilisering

Zowel het gebruik van geneesmiddelen als de plaatselijke applicatie van bepaalde producten kan leiden tot fotosensibiliteitsreacties op UVA, waardoor het individu zeer gevoelig wordt voor zon. Dit

uit zich dan door het optreden van huiduitslag, erytheem of andere effecten bij een blootstelling die op normale individuen geen enkel effect heeft.

Frequent fotosensibiliserende stoffen zijn:

- Sulfonamides
- Salicylanilides
- Koolteerderivaten: acridine, anthraceen, phenanthreen
- Kleurstoffen: anthraquinone, eosine, methyleenblauw, bengaals rood
- Psoralenen
- Cyclamaten
- Niet steröïdale anti inflammatoire farmaca
- Deodorants en bacteriostatische stoffen in zeep
- Fluorescerende stoffen voor cellulose, nylon of wolweefsels
- Phenothiazines
- Sulfonylureas
- Ingrediënten van zonneproducten: 6 acetoxy 2,4-dimethyl-m-dioxane, benzophenones, cinnamaten, oxybenzone, para aminobenzoic acid (PABA), PABA-esters
- Tetracyclines
- Tricyclische antidepressiva.

De reactie op fotosensibiliserende stoffen kan zowel fototoxisch als fotoallergisch zijn. Fototoxische contactdermatitis kan bij iedereen optreden. De meeste fototoxisch sensibiliserende stoffen hebben een actiespectrum van 280 tot 430 nm. Vensterglas dat UV onder 320 nm absorbeert beschermt bijgevolg tegen een aantal fotosensibiliserende substanties, maar niet tegen stoffen zoals teer en psoralenen, die effectief zijn bij langere golflengtes.

Fotoallergische reacties treden enkel op bij personen die een allergie ontwikkeld hebben. De concentratie aan geneesmiddelen die vereist is om een fotoallergische reactie te doen ontstaan, ligt veel lager dan deze die nodig is om een fototoxische respons op te wekken.

Wanneer de fotosensibilisatie veroorzaakt is door contact met planten spreekt men van fytofoto-dermatitis. Dit is een vaak voorkomende beroepsdermatose. Gewoonlijk is een zomblootstelling van meerdere uren nodig. Klinisch gaat het meestal om streepvormige letsels (erytheem of blaren) doordat het contact met de planten doorgaans streepvormig gebeurt. De blaren genezen dikwijls met respigmentatie. Omdat fytofoto-dermatitis letsels gewoonlijk pas 2 à 3 dagen na het contact met de plant en de zombestraling optreden, legt men niet altijd het verband. Deze fytofoto-dermatitis treft men onder andere aan bij groentekwekers en tuinders.

G. Lange termijn gezondheidseffecten

Huidveroudering

Vooraf bij blanke types veroorzaakt UV degeneratieve wijzigingen van de huid, zoals teleangiëctasiën, gele papels, miliumcolloïden, diffuus erytheem, diffuse pigmentatie, bruine vlekken, naevi, echymosen, rimpels, uitzakkingen en atrofie. Deze huidwijzigingen worden soms verzameld in syndromen zoals de cutis rhomboidalis nuchae (dikke gelige gerimpelde huid in de nek), die vooral voorkomt bij personen die vroeger veel buiten gewerkt hebben (b.v. landbouwers, vissers). De veroudering van de huid zou overigens meer te maken hebben met geaccumuleerde blootstelling aan UV dan met de leeftijd op zich.

Huidkanker

Epidemiologische evidentie over het verband tussen blootstelling aan UV-straling en het risico op huidkanker komt hoofdzakelijk van studies over blootstelling aan zonnestraling.

Argumenten voor een dergelijk verband zijn de volgende:

- er komt meer huidkanker voor bij personen die gevoelig zijn voor de zon;
- de huidkankers komen hoofdzakelijk voor op lichaamsdelen die aan de zon zijn blootgesteld;
- er komt meer huidkanker voor in streken met hoge zonneblootstelling;
- er komt meer huidkanker voor bij mensen met een grote blootstelling aan zonnestraling.

Er is vooral evidentie voor een verband met het spinocellulair carcinoma en in mindere mate voor basocellulair epithelioom en melanoom. In de epidemiologie werd tussen kunstmatige optische straling en basocellulair epithelioom geen verband gevonden.

Een basocellulair epithelioom komt bij voorkeur voor ter hoogte van het aangezicht en uit zich klinisch gewoonlijk onder de vorm van een nodulaire tumor met klassiek een parelmoeren glanzende zoom. Metastasering treedt enkel in zeldzame gevallen op.

Een spinocellulair epithelioom uit zich meestal onder de vorm van een slecht genezende ulceratie of een geulcereerde tumor ter hoogte van de oorschelpen, het gelaat, de lippen of de handruggen. Dit type epithelioom is niet alleen lokaal destructief, het kan ook metastaseren.

Waarschijnlijk is een zeer lange zonblootstelling nodig vooraleer huidkankers ontstaan. Tot nu toe is nog niet juist uitgemaakt hoeveel UVB iemand gedurende zijn leven maximaal mag krijgen opdat de kans op huidkanker niet zou beginnen toenemen. Wel is duidelijk dat de kans fors stijgt naarmate de blootstelling intenser en langduriger geweest is. Belangrijk is wel zich te realiseren dat huidkankers ook kunnen optreden bij mensen die nooit problemen hebben gehad met de zon.

Daar waar voor spinocellulair epithelium de totale cumulatieve dosis belangrijk is, zijn voor het basocellulair epithelium en maligne melanoom het vooral de acute overdoseringen tijdens de jeugd die een grote rol spelen. Meer en meer wordt aangenomen dat er een verband bestaat tussen ernstige verbrandingen en het later optreden van maligne melanoom. Een reden te meer dus om personen die buitenwerk verrichten te beschermen tegen verbrandingen.

Aan de basis van het carcinogene effect van UVB ligt enerzijds de beschadiging van het DNA, anderzijds de onderdrukking van de immuniteit.

Immunosuppressie

UV-straling kan de cellulaire immuniteit verzwakken. Dit effect is lokaal maar kan bij UVB-straling ook systemisch zijn. De in onderzoek gebruikte stralingsdosisen gaan van onvoldoende om zonnebrand te doen ontstaan tot voldoende voor een matige zonnebrand. Vanaf een halve MED zou er een effect zijn. De beschreven effecten treden ook op in zwarte huid.

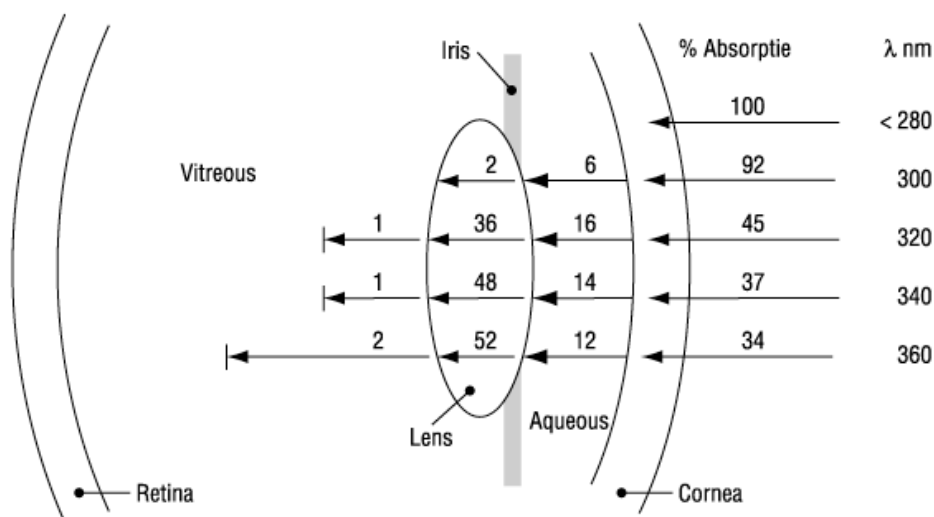
Via deze immunosuppressie zou UV-bestraling ook de activiteit van infectieuze agentia kunnen beïnvloeden. Er is evidentie dat UVB de vermenigvuldiging van het humaan immunodeficiëntievirus in menselijke T-cellen activeert. UV-bestraling kan ook latente infecties van het herpes virus reactiveren, zoals bij herpes simplex en zona (herpes zoster). Het exacte mechanisme hiervoor is nog ongekend.

4.1.2 Ter hoogte van de ogen

A. Penetratie en absorptie

De absorptie van UV in het menselijk oog is weergegeven in onderstaande figuur. De meeste UV-straling wordt geabsorbeerd in de traanlaag en de cornea. Ultraviolette stralen met golflengtes groter dan 295 nm penetreren tot in het voorste deel van het oog en de lens. Een zekere hoeveelheid UVA-straling kan doordringen tot in de retina. Wanneer de ogen gesloten zijn vormen de oogleden een extra afscherming, die de stralingsbelasting van het oog met een factor 20 verlaagt en ervoor zorgt dat er praktisch geen UV meer in de retina terechtkomt (reductie met factor 1 000).

Schematische voorstelling van de absorptie van UV in het oog. De getallen stellen het percentage voor van de invallende straling dat geabsorbeerd wordt in de betreffende laag.



Penetratie van UV-straling in het oog (Bron: ICNIRP)

B. Korte termijn gezondheidseffecten: fotokeratitis en fotoconjunctivitis

Het belangrijkste beroepsgebonden effect van UV-straling op het oog is een ontsteking van de opperste lagen (cornea en conjunctiva) van het gezichtsorgaan (fotokeratitis en fotoconjunctivitis). Deze aandoening treedt 2 tot 12 uur na de bestraling op en wordt gekenmerkt door lichtschuwheid, ooglidspasme, roodheid, branderigheid en soms erge pijn. De symptomen verdwijnen na 24 uur tot 5 dagen, meestal zonder blijvend letsel. In ernstige gevallen kan verzwering van de cornea optreden.

Lassers bestempelen deze aandoening als «lasogen», terwijl eenzelfde soort letsel, opgelopen bij verblijf op grote hoogte door zonnestraling en sterk reflecterende sneeuw, «sneeuwblindheid» genoemd wordt.

In tegenstelling tot de huid ontwikkelt het oog geen tolerantie voor UV-straling. Vooral de straling rond 280 nm veroorzaakt de hierboven genoemde effecten. De ernst ervan is afhankelijk van de hoeveelheid geabsorbeerde energie. De drempel voor het optreden ervan ligt rond 50 J/m² voor 270 nm straling.

C. Lange termijn gezondheidseffecten: cataract

Cataract of staar is de vertroebeling van de lens. Voor een verband tussen blootstelling aan UV-straling en het optreden van cataract pleit het feit dat het voorkomen van cataract in gebieden met lange en intense zonnestraling groter is.

In epidemiologische studies waarbij de blootstelling aan UVB gemeten werd, kon men een dosis/responsrelatie aantonen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat niet alle epidemiologische studies consistent zijn en dat de bepaling van de reële blootstelling en van storende variabelen in deze studies een ernstig probleem vormt. Niettemin is men ervan overtuigd dat UV op zijn minst een factor is in het ontstaansproces van cataract.

Overigens kon men in experimenteel onderzoek bij dieren duidelijk vaststellen dat UVB (maar niet UVA) opaciteiten induceert in de ogen van dieren. UV-straling rond 300 nm was hiervoor het effectiefst. Er lijkt een drempeldosis van 1 500 J/m² te zijn.

4.1.3 Indirecte schade

UV-straling met golflengtes korter dan 250 nm produceert ozon door een fotochemische reactie met de zuurstofmoleculen in de lucht. Deze ozon kan zich binden met stikstofmoleculen in de lucht, waardoor stikstofoxydes ontstaan. Zowel ozon als stikstofoxydes zijn schadelijk voor de gezondheid omdat ze het ademhalingsstelsel irriteren.

Indien UV-straling in contact komt met een atmosfeer waarin trichloorethyleen of tetrachloorethyleendampen voorkomen, kan door ontleding het zeer toxische fosgeengas vrijkomen.

4.2 Zichtbare straling

Het oog is zo gevormd dat het zichzelf beschermt tegen de optische straling in de natuurlijke omgeving. Door de afkeerreflex (ogen dichtknijpen, pupilvernauwing en het hoofd afwenden) wordt de blootstellingsduur aan zeer hel licht beperkt tot minder dan een kwart van een seconde. Deze reflex beschermt ons tegen het kijken in felle lichtbronnen zoals de zon, een lasboog of sterke lampen.

Interacties van zichtbare straling met weefsel zijn ofwel fotochemisch, ofwel thermisch:

- Thermische schade aan de retina door golflengtes van 380 tot 780 nm.
- Blauw licht fotochemische schade aan de retina door golflengtes van vooral 380 tot 550 nm.
- Thermische schade van de huid door golflengtes van 380 tot 780 nm.
- Fotosensitieve schade van de huid, die vooral door ultraviolet wordt veroorzaakt, kan soms optreden tot ongeveer 700 nm als een bijwerking van sommige medicaties.

Voor het fotochemisch effect is het de dosis (blootstellingsintensiteit x blootstellingsduur) die bepalend is voor schade. Huidkanker wordt in de afwezigheid van ultraviolet niet beschouwd als een risico.

De thermische schade is sterk afhankelijk van de thermische geleiding van het weefsel. Er is een zeer intense bestraling nodig om op enkele seconden weefselcoagulatie te veroorzaken. Wanneer de blootstelling minder intens is, zal de warmte door het omliggend weefsel afgevoerd worden van de blootgestelde oppervlakte. Normaal gezien is een temperatuur van 44,5 °C nodig om brandwonden te veroorzaken. Omdat kleine oppervlakken gemakkelijker afgekoeld worden dan grote oppervlakken zal bij kleine oppervlakken een grotere bestraling nodig zijn om hetzelfde effect te bekomen. Derhalve dienen zowel de blootstellingsduur als de blootgestelde oppervlakte in rekening gebracht worden bij het opmaken van blootstellingslimieten.

De belangrijkste schade veroorzaakt door kijken in fel licht is fotoretinitis. Dit kan bijvoorbeeld optreden door lang in de zon te kijken (zonneretinitis met bijkomende blinde vlek). Deze fotoretinitis wordt vooral veroorzaakt door de frequenties van violet en blauw licht (380 – 520 nm) en wordt daarom ook blauw licht retina-schade genoemd. De relatieve spectrale effectiviteit voor deze schade is vastgelegd in het fotoretinitis of blauwlicht actiespectrum.

Voor golflengtes langer dan 600 – 700 nm is de thermische schade het belangrijkste. Bij deze frequenties zijn meestal blootstellingstijden van meer dan 10 seconden nodig om voldoende opwarming te krijgen.

Thermische schade ter hoogte van de huid is zeldzaam bij niet-laser bronnen en is sterk afhankelijk van de initiële huidtemperatuur en de grootte van de bron. Zeer intense bestralingen zijn nodig om schade te veroorzaken vooraleer er pijn wordt waargenomen (de pijnreactietijd is kleiner dan 1 seconde). In werkomstandigheden zal de blootstelling zo snel mogelijk onderbroken worden waardoor de kans op effectieve schade gering is. Enkel bij zeer intense of gepulseerde bestraling is er een risico.

4.3 Infraroodstraling

Infraroodstraling (IR) zorgt enkel voor overdracht van warmte-energie (warmtestraling) ter hoogte van de huid en de ogen. IR heeft geen fotochemisch effect. Derhalve zal IR enkel lokale en eventueel algemene opwarming veroorzaken. Het speelt ook een rol in de klimaatomstandigheden op de werkplek.

4.3.1 Ter hoogte van de huid

A. Penetratie en absorptie

Infraroodstraling die op de huid terechtkomt zal deels gereflecteerd, deels geabsorbeerd worden.

De mate van reflectie is afhankelijk van de pigmentatie en doorbloeding van de huid en verschilt naargelang van de golflengte van de invallende IR-straling. De absorptie en penetratie van de infraroodstraling in de huid zijn niet alleen van huidpigmentatie en doorbloeding afhankelijk. Ook de structuur van de huid speelt hierin een rol. De maximum penetratie vindt plaats bij een golflengte van ongeveer 1,2 micrometer.

Ongeveer 50 % van de straling gaat tot 0,8 mm diep en kan dus interageren met zenuwuiteinden en bloedcapillairen.

De golflengte van de IR-straling moduleert eveneens het effect van de IR-blootstelling op de huid. IRA is potentieel gevaarlijker dan IRB en IRC omdat het dieper doordringt en zodoende meer schade kan aanrichten. IRB en IRC zullen enkel oppervlakteverwarming teweegbrengen, maar omwille van hun groter absorptievermogen kunnen deze stralingen dan weer problemen veroorzaken op het gebied van de regeling van de lichaamstemperatuur (opwarming).

B. Opwarming van de huid

Het is evident dat het gewaarworden van de warmte omgekeerd evenredig is met de indringdiepte van de elektromagnetische energie. De drempel van gewaarwording en van pijn zal dus bij infrarood lager zijn dan bij microgolven. Dit is het gevolg van het feit dat de gevoelszenuwen meer voorkomen in de huid dan eronder. Bij een geringe indringdiepte worden ze zwaarder belast. In beide gevallen kunnen kortstondig hoge waarden worden toegelaten. Toch zijn er limieten. De totale energie moet namelijk worden beperkt alsook de pieksterkte.

Bij beperkte blootstelling op de arm geldt voor infrarood:

20 mW/cm ²	gewaarwording
200 mW/cm ²	pijngrens
>1 mW/cm ²	verbranding

De symptomen bij excessieve blootstelling aan IR-straling hebben vooral te maken met de IRA-component. Het gaat om pijn, verwijding van de huidbloedvaten en brandwonden.

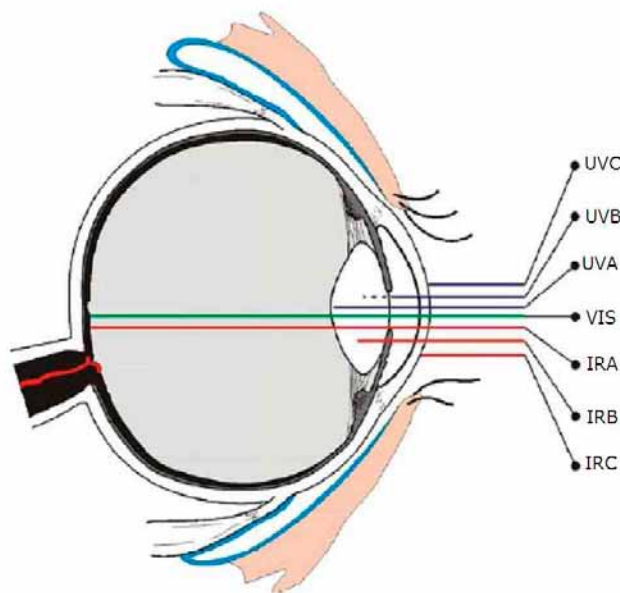
Pijn treedt op als de huidtemperatuur 44,5 °C (± 1,3 °C) bereikt. Fysiologisch is de pijndrempel enkel afhankelijk van de huidtemperatuur en niet van de snelheid van opwarming of van de temperatuursgradiënt onder de huid. De pijn zal toenemen met stijgende temperatuur. Als de temperatuur boven de 44 à 45 °C stijgt zal er ook erytheem optreden. Weefselbeschadiging (brandwonden) komt tot stand bij huidtemperaturen vanaf 46 à 47 °C. De graad van beschadiging is functie van de huidtemperatuur en van de duur van de hyperthermische periode. Als de huidtemperatuur de grens van 70 °C overschrijdt, zullen de meeste enzymesystemen vernietigd zijn.

Het spreekt vanzelf dat weefselbeschadiging slechts zelden zal optreden in een industriële omgeving; omwille van de daaraan voorafgaande pijn zal de blootstelling immers worden stopgezet. Bij chronische blootstelling ontstaat roodheid en toegenomen pigmentatie van de huid. Ook kan in die omstandigheden een chronische ontsteking van de ooglidranden optreden. Een erytheemachtig aangezicht bij glasblazers en metaalgieters kan beschouwd worden als een chronisch effect van IR-blootstelling.

4.3.2 Ter hoogte van de ogen

Aangezien IR-straling meestal samengaat met de zichtbare straling, zullen een aantal beschermingsmechanismen zoals oogknipperen (afsluiten en bevochtigen) en pupilreflex (pupilvernauwing) ervoor zorgen dat de IR-straling die in het oog dringt beperkt wordt.

In sommige industriële toepassingen kan er echter IR-straling zijn zonder zichtbare straling. Dan worden deze reflexmechanismen niet geactiveerd.



Penetratie van optische straling in het oog (Bron: Health Protection Agency)

A. Effect op het hoornvlies

Grote intensiteiten IRC-straling kunnen opwarming van het hoornvlies (de buitenste laag van het oog) veroorzaken, wat zich onmiddellijk vertaalt in pijn. In dergelijke omstandigheden sluit men reflexmatig de ogen en draait men het hoofd weg, zodat ernstigere effecten (b.v. verbranding) niet zullen optreden. Als dergelijke effecten zich toch voordoen, genezen ze meestal zonder blijvend letsel. Door de opwarming kan de verdamping van het traanvocht toenemen, zodat men het gevoel krijgt droge ogen te hebben. Eventueel kan er conjunctivitis ontstaan.

B. Effect op de lens

IRA-straling kan doordringen tot in de iris en de lens. De kortste golven penetreren zelfs tot in de retina. De effecten van IR-blootstelling doen zich hoofdzakelijk gelden ter hoogte van de lens.

Bij jarenlange blootstelling (b.v. glasblazers) kan cataract of staar optreden. Dit is een vertroebeling van de lens, waardoor het zicht versluierd en onduidelijk wordt. De cataract wordt veroorzaakt door de opwarming van de lens en de omliggende gebieden zoals de iris. De industriële hittecataract treedt meestal pas op na 20 (of meer) jaren blootstelling en is een erkende beroepsziekte.

4.4 Laserstraling

4.4.1 Biologische risico's

De biologische effecten van laserstralen zijn in essentie dezelfde als deze die veroorzaakt worden door ultraviolette, zichtbare of infrarode straling (afhankelijk van de frequentie). Het onderscheid berust hoofdzakelijk op de veel grotere intensiteit van de laserstraling. Deze is het gevolg van de enorme concentratie van energie op een kleine oppervlakte. Laserbundels hebben meestal maar een doorsnede van enkele millimeter. Hierdoor is de vermogens- en energiedensiteit per oppervlakte-eenheid erg groot.

Het effect van laserstraling op een weefsel wordt ook bepaald door de frequentie en het absorberend vermogen van het bestraalde weefsel. Het percentage van de geabsorbeerde energie vermindert bij grote golflengte, terwijl het weerkaatste deel ervan stijgt. Door het weefsel wordt minder warmte opgenomen bij infrarood dan bij ultraviolet. Dit wil niet zeggen dat de gevaren van infrarood lasers altijd kleiner zijn. Deze lasers ontwikkelen immers de grootste vermogens.

De cellulaire schade door laserstraling zal afhangen van de penetratiediepte van de straal en van de energieabsorptie van de verschillende bestanddelen van de cel. Een aantal schademechanismen zijn:

- De laserstraling wordt omgezet in warmte. Deze warmte kan denaturatie van proteïnen veroorzaken. Snelle en gelokaliseerde warmteopname kan het water in de cellen doen koken en deze doen uit elkaar spatten.
- Fotochemische reacties: activatie van moleculen door energiequanta te absorberen. Dit zou vrije radicalen kunnen geven die het celmembraan beschadigen.
- Ontstaan van een thermo-akoestische drukgolf die de weefsels uit elkaar kunnen rukken en die ook oppervlakkige weefsels onder een rookpluim in de omgeving kan brengen.

Deze fysische reacties worden gevolgd door biologische reacties van het weefsel. Een verschillende fysische inwerking kan éézelfde biologische reactie uitlokken. Zo kan men aan het soort biologische reactie niet zien wat de fysische oorzaak was.

4.4.2 Risico's voor de ogen

De risico's voor de ogen zijn afhankelijk van de golflengte, de blootstellingstijd, het vermogen of de energie, de diameter van de laserstraal en de pupildiameter.

A. Golflengte

Straling met een frequentie tussen 400 tot 1400 nanometer wordt op de retina gefocuseerd terwijl de rest van de golflengtes door andere structuren van het oog worden geabsorbeerd.

UVC en B (280 tot 315 nanometer) worden geabsorbeerd door het hoornvlies.

UVA (315 tot 400 nanometer) wordt vooral geabsorbeerd door de ooglenzen.

Zichtbare straling (400 tot 760 nanometer) wordt gefocaliseerd op het netvlies. Hier treedt de natuurlijke sluitingsreflex van de oogleden op waardoor de blootstellingstijd beperkt wordt tot 0,25 seconden.

IRA (760 tot 1400 nanometer) focaliseren ook op het netvlies. Hier treedt echter geen sluitingsreflex op (er is geen lichtverblinding) waardoor het oog slechts iets gewaar wordt als er reeds schade is.

IRB (1400 tot 3000 nanometer) wordt voornamelijk geabsorbeerd ter hoogte van de cornea: de rest ter hoogte van de oogbol en het netvlies.

IRC (3000 nanometer tot 1 millimeter) wordt volledig geabsorbeerd door de cornea.

Bij focalisatie op het netvlies wordt slechts vijf procent van de straling gebruikt om te zien. Het grootste deel wordt geabsorbeerd in het pigmentepitheel en het vaatvlies dat onder het netvlies loopt. De geabsorbeerde energie wordt omgezet in warmte. Door deze opwarming van het epitheel zullen ook de staafjes en de kegeltjes, die gebruikt worden om te zien, verbranden. Dit geeft een blinde vlek (scotoom) tot gevolg. Eerst ontstaat er een witte vlek die na enkele weken zwart wordt en nadien verdwijnt door aanpassing. Doorgaans leiden letsels tot een aantasting van het gezichtsvermogen indien ze gelegen zijn in de fovea centralis. Indien het gaat om perifere letsels worden ze slechts waargenomen indien ze voldoende groot zijn. Individuele factoren spelen ook een rol in de beschadiging (pupilmagnitude, pigmentatie van de retina). Amblyopie en myopie vormen een extra risico.

B. Blootstellingstijd

Bij een toenemende blootstellingstijd nemen zowel het risico als de ernst van het oogletsel toe. Bij zichtbare straling wordt de blootstellingstijd beperkt door de natuurlijke sluitingsreflex.

C. Vermogen, energie en diameter van de laserstraal

Deze factoren bepalen de bestralingssterkte of de hittebelasting van de laserstraal op het oog.

D. Pupildiameter

De diameter van de pupil kan van 2 mm (heldere omgeving) tot 7 mm (duistere omgeving) variëren. Het beeld dat gevormd wordt op het netvlies, bij een invallende evenwijdige straalbundel, is ongeveer constant in grootte en heeft een diameter van ongeveer 10 micrometer. Dit betekent dat, hoe groter de pupilopening is, hoe groter de kans is op een letsel bij invallende laserstraling. Om deze reden zal men bij een risicoanalyse steeds rekening houden met de maximale pupildiameter van 7 mm.

4.4.3 Risico's voor de huid

De absorptie van warmte in de huid zorgt voor een temperatuurstijging die kan leiden tot brandwonden. De effecten van de huidblootstelling hangen niet alleen af van de golflengte, de intensiteit en duur van de bestraling, maar ook van de pigmentatie van de huid, de bloeddorstrooming (op goed bevloede plaatsen wordt de warmte-energie snel weggevoerd) en het bestraalde oppervlak. Bij

kleinere oppervlakken zal de warmteafvoer toenemen en zal een grotere bestralingsintensiteit nodig zijn vooraleer brandwonden ontstaan.

Uit een studie waarbij stukjes huid van 2 vierkante centimeter gedurende een halve seconde werden blootgesteld aan straling werden volgende waarden bekomen

- Eerste graad brandwonden (oppervlakkig rood worden van de huid) vanaf 12 W/cm².
- Tweede graad brandwonden (blaarvorming): vanaf 24 W/cm².
- Derde graad brandwonden (vernietiging van de buitenste huidlaag): vanaf 34 W/cm².

4.4.4 Ongevallen met lasers

In de literatuur zijn diverse ongevallen beschreven.

Een studie behandelt 29 gevallen van oogschade door laserblootstelling. 28 van deze ongevallen gebeurden tijdens het uitlijnen en aanpassen van de laser. In 25 gevallen werd de macula beschadigd. Een andere studie beschrijft 3 gevallen van oogschade door een Yag-laser bij ingenieurs in een onderzoekslabo. Twee van hen ontwikkelden een definitief scotoom.

Nog een andere studie beschrijft 5 ongevallen in éénzelfde onderzoekslabo. In drie gevallen traden er bloedingen op, zowel in de retina, het vaatvlies als het corpus vitreum. Twee van hen ontwikkelden scotomen die recupereerden na enkele weken. Eén van hen had een definitieve daling van de visus. Eénmaal trad er een brandwonde op aan de vinger. Een ander ongeval had geen gevolgen. Ook bij het gebruik van lasers in de geneeskunde zijn ongevallen beschreven. Een studie beschrijft 13 ongevallen bij gebruik van lasers in de chirurgie. Tweemaal had men brandwonden (tweede en derde graads), éénmaal brandde de kledij van de chirurg en éénmaal werd er een gat gebrand in de endotracheale tube van de patiënt.

5. Wet over kunstmatige optische straling

De bepalingen van de koninklijk besluit van 22 april 2010 zijn grotendeels overgenomen uit de Europese 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) en op bepaalde plaatsen nog aangevuld.

5.1 Afdeling I: toepassingsgebied en definities

Optische straling: alle elektromagnetische straling waarvan de golflengte ligt tussen 100 nanometer [nm] en 1.000.000 nm (of 1 millimeter [mm]), en onderverdeeld als volgt:

Ultraviolette straling: UVC: $\lambda=100$ nm tot 280 nm
UVB: $\lambda=280$ nm tot 315 nm
UVA: $\lambda=315$ nm tot 400 nm

Zichtbare straling: $\lambda=380$ nm tot 780 nm¹

Blauwlicht: $\lambda=400$ nm tot 490 nm

Blauwlicht-risico: het risico verbonden aan de straling van $\lambda=300$ nm tot 700 nm. Dit gebied omvat delen van het UVB, alle UVA en de meeste van de zichtbare straling en het beschouwde spectrum is dan ook ruimer dan het blauwlicht.

Infrarode straling: IRA: $\lambda=780$ nm tot 1400 nm
IRB: $\lambda=1400$ nm tot 3000 nm
IRC: $\lambda=3000$ nm tot 1 mm

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.

Niet-coherente straling: optische straling die geen laserstraling is.

Grenswaarden voor blootstelling (GWB): grenzen voor de blootstelling aan optische straling, die direct gebaseerd zijn op bewezen gezondheidseffecten en biologische overwegingen.

Bestralingssterkte (vermogensdichtheid) E [W/m^2]: invallend vermogen aan straling per eenheid van oppervlakte.

Bestralingsdosis H [J/m^2]: tijdsintegraal van de bestralingssterkte.

Radiantie (stralingsstroom) L [$W/(m^2.sr)$]: vermogen aan straling per eenheid van oppervlakte en per eenheid van ruimtehoek.

Niveau: combinatie van E, H en L waaraan een werknemer is blootgesteld.

Golflengte van de straling: λ

1. Ultraviolette en zichtbare straling overlappen in het gebied van $\lambda=380$ nm tot 400 nm.

2. IEC: Internationale Elektrotechnische Commissie.

3. CIE: Internationale Commissie voor Verlichtingskunde.

4. CEN: Europese Commissie voor Normalisatie.

5.2 Afdeling II: grenswaarden voor blootstelling

De grenswaarden voor blootstelling aan niet-coherente straling worden vastgelegd in een bijlage I, die voor coherente straling (laserstraling) in een bijlage II van het K.B. (zie verder).

5.3 Afdeling III: risicoanalyse

Zoals in het K.B. van 27 maart 1998 betreffende het beleid inzake het welzijn van de werknemers is bepaald, dienen de algemene preventiemaatregelen worden in acht genomen en de nodige risicoanalyse worden uitgevoerd.

De werkgever moet de niveaus van optische straling waaraan de werknemers waarschijnlijk zullen worden blootgesteld, beoordelen en indien nodig berekenen en/of meten. De methodiek hiervoor moet de normen volgen van de IEC² voor laserstraling, en de aanbevelingen van de CIE³ en CEN⁴ met betrekking tot niet-coherente straling. In geval dat voornoemde normen en aanbevelingen de blootstellingsituaties niet bestrijken, moeten de berekeningen en metingen, totdat de passende EU-normen en -aanbevelingen beschikbaar zijn, worden uitgevoerd aan de hand van de beschikbare nationale of internationale richtlijnen. Bij de beoordeling mag rekening worden gehouden met door de producent van de arbeidsmiddelen opgegeven informatie.

De beoordeling, berekening en/of meting dient met een passende frequentie te worden gepland en uitgevoerd door de interne of externe dienst voor preventie en bescherming op het werk en dient te worden bewaard om latere raadpleging mogelijk te maken. Het comité voor preventie en bescherming geeft hierover voorafgaandelijk advies.

Indien de deskundigheid niet aanwezig is bij de interne of externe dienst voor preventie en bescherming op het werk doet de werkgever beroep op, een op het vlak van kunstmatige optische straling, erkend laboratorium.

Bij de risicoanalyse moet aandacht worden besteed aan:

- het niveau, de golflengtegebieden en de duur van de blootstelling;
- de grenswaarden voor blootstelling;
- de mogelijke gevolgen voor de gezondheid en de veiligheid van bijzondere risicogroepen van werknemers;
- de mogelijke gevolgen voor de gezondheid en de veiligheid van interactie tussen straling en fotosensibiliserende chemicaliën;
- mogelijke indirecte effecten zoals tijdelijke blindheid, ontploffing of brand;
- het bestaan van vervangende arbeidsmiddelen, ontworpen om de niveaus van blootstelling te verminderen;
- de via het gezondheidstoezicht verkregen informatie en gepubliceerde informatie;
- de mogelijke blootstelling aan verschillende bronnen;
- de classificatie van lasers en kunstmatige bronnen die hetzelfde soort schade kunnen toebrengen als lasers van de klasse 3B en 4;
- de door de producent van de bronnen van optische straling opgegeven informatie, volgens het K.B. van 12 augustus 2008 betreffende het op de markt brengen van machines.

Zoals bij andere arbeidsmiddelen, moet de werkgever in het bezit zijn van een, volgens noodzaak, regelmatig bijgewerkte risicoanalyse die de maatregelen vermeldt die moeten worden getroffen overeenkomstig dit K.B.

Indien een uitvoerige risicoanalyse niet wordt uitgevoerd, dient de werkgever een schriftelijke verantwoording te geven waarin wordt aangetoond dat de risico's komend van het soort straling en het niveau ervan, een risicoanalyse overbodig maken.

De werkgever stemt de maatregelen af op de vereisten voor werknemers die tot een bijzondere gevoelige risicogroep behoren.

5.4 Afdeling IV: maatregelen ter voorkoming of vermindering van de risico's

De risico's moeten worden geëlimineerd en tot een minimum beperkt, rekening houdend met de technische vooruitgang en met de mogelijkheid om maatregelen te nemen ter beheersing van deze risico's aan de bron. De vermindering van deze specifieke risico's moet, zoals bij andere risico's, geschieden volgens de algemene preventieprincipes⁵.

Indien uit de uitgevoerde risicoanalyse blijkt dat het enigszins mogelijk is dat de blootstellingsgrenswaarden worden overschreden, moet de werkgever een actieplan opstellen en uitvoeren, dat technische en/of organisatorische maatregelen omvat om dit te voorkomen, rekening houdend met:

- alternatieve werkmethoden;
- de keuze van andere arbeidsmiddelen;
- technische maatregelen om emissie te beperken, door gebruik van vergrendeling, afscherming of soortgelijke mechanismen;
- passende onderhoudsprogramma's voor de arbeidsmiddelen, arbeidsplaats en de werkpost;
- het ontwerp en de indeling van de arbeidsplaatsen en de werkposten;
- de beperking van de duur en het niveau van de blootstelling;
- de beschikbaarheid van passende persoonlijke beschermingsmiddelen;
- de aanwijzingen van de fabrikant van de arbeidsmiddelen volgens het K.B. van 12 augustus 2008 betreffende het op de markt brengen van machines.

Werkplekken waar werknemers zouden kunnen worden blootgesteld aan niveaus die de blootstellingsgrenswaarde overschrijden, moeten worden aangegeven door middel van passende signalering⁶. De zones moeten worden afgebakend en indien technisch mogelijk de toegang ertoe beperkt.

Werknemers mogen niet worden blootgesteld aan straling boven de blootstellingsgrenswaarden. Mochten die, ondanks de genomen maatregelen, toch worden overschreden, dan moet de werkgever onmiddellijk:

- maatregelen nemen om de blootstelling terug te brengen tot onder de grenswaarden;
- nagaan waarom de grenswaarden zijn overschreden;
- de beschermings- en preventie maatregelen aanpassen zodat de grenswaarden niet opnieuw worden overschreden.

5. Algemene preventieprincipes zoals in Richtlijn 89/391/EEG, omgezet in Belgische wetgeving per K.B. van 27 maart 1998 betreffende het beleid inzake het welzijn.

6. Overeenkomstig het K.B. van 17 juni 1997 betreffende de veiligheids- en gezondheidssignalering op het werk.

5.5 Afdeling V: voorlichting en opleiding van werknemers

De werkgever zorgt dat de betreffende werknemers en het comité voor preventie en bescherming alle noodzakelijke voorlichting en opleiding ontvangen, in het bijzonder betreffende:

- de maatregelen die in uitvoering van het besluit zijn genomen;
- de grenswaarden voor blootstelling en de gerelateerde potentiële gevaren;
- de resultaten van de uitgevoerde beoordeling, berekening en/of meting van blootstellingsniveaus, samen met een toelichting bij de betekenis en potentiële gevaren;
- de wijze waarop schadelijke effecten van blootstelling voor de gezondheid moeten worden opgespoord en gemeld;
- de omstandigheden waarin de werknemers recht hebben op gezondheidstoezicht;
- veilige werkmethoden om de risico's te beperken;
- goed gebruik van passende persoonlijke beschermingsmiddelen.

5.6 Afdeling VI: raadpleging en participatie van de werknemers

Raadpleging en participatie van de werknemers gebeurt op basis van het K.B. van 3 mei 1999 betreffende de opdrachten en de werking van de comités voor preventie en bescherming op het werk.

5.7 Afdeling VII: gezondheidstoezicht

Werknemers die blootgesteld worden aan optische straling, dienen een passend gezondheidstoezicht te ondergaan, met als doel schadelijke gevolgen voor de gezondheid te voorkomen en tijdig op te sporen alsook gezondheidsrisico's op lange termijn en chronische ziekten te voorkomen.

Indien uit de risicoanalyse zou blijken dat de werknemers geen gezondheidsrisico lopen, dient geen gezondheidstoezicht te worden uitgevoerd betreffende optische straling.

Het gezondheidstoezicht is passend als aan volgende voorwaarden is voldaan:

- een verband kan worden gelegd tussen die blootstelling en een aantoonbare ziekte of schadelijke gevolgen voor de gezondheid;
- het waarschijnlijk is dat de ziekte of de gevolgen zich in de specifieke werkomstandigheden zullen voordoen;
- beproefde technieken bestaan om de ziekte of de schadelijke gevolgen voor de gezondheid op te sporen.

Het gezondheidstoezicht wordt uitgevoerd volgens het K.B. van 28 mei 2003 betreffende het gezondheidstoezicht op de werknemers. Ook de bepalingen volgens dit K.B. inzake het individueel medisch dossier van de werknemer blijven geldig.

In geval van een blootstelling boven de grenswaarden moet de betrokken werknemer worden onderworpen aan een medisch onderzoek. Deze bepaling gaat verder dan de Europese Richtlijn. Die stelt enkel dat de werknemer moet worden in staat gesteld een medisch onderzoek te ondergaan.

Dit onderzoek wordt ook gedaan als blijkt dat de werknemer ofwel lijdt aan een herkenbare ziekte ofwel schadelijke effecten voor zijn/haar gezondheid ondervindt, die door de preventieadviseur-arbeidsgeneesheer wordt beoordeeld als resultaat van blootstelling. In beide gevallen:

- wordt de werknemer door de preventieadviseur-arbeidsgeneesheer geïnformeerd over het resultaat; de werknemer ontvangt informatie en advies over het gezondheidstoezicht waaraan hij zich dient te onderwerpen na einde van de blootstelling;
- wordt de werkgever geïnformeerd over significante bevindingen van het gezondheidstoezicht, rekening houdend met het vertrouwelijke karakter van de medische gegevens;
- dient de werkgever
 - o de risicoanalyse opnieuw te herzien;
 - o de maatregelen om risico's te elimineren of te verminderen, te herzien;
 - o het advies van de preventieadviseur-arbeidsgeneesheer of een ander ter zake voldoende gekwalificeerd persoon of de met het toezicht belaste ambtenaar in rekening te brengen;
 - o te voorzien in voorgezet gezondheidstoezicht van die werknemer en de gezondheidstoestand van alle andere werknemers te evalueren. In dergelijke gevallen kunnen de preventieadviseur-arbeidsgeneesheer en de met het toezicht belaste ambtenaar voorstellen de andere blootgestelde werknemers aan een medisch onderzoek te onderwerpen.

5.8 Afdeling VIII: slotbepalingen

In het Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming wordt in bijlage II bij Titel II, hoofdstuk III, afdeling I, onderafdeling II “Medisch toezicht over de werknemers die blootgesteld zijn aan het risico voor beroepsziekten”, onder groep II “Lijst van fysische agentia die beroepsziekten kunnen veroorzaken”, punt 2.9 “Lasergolven”, opgeheven.

5.9 Bijlage I: niet-coherente optische straling

De biofysische relevante waarden voor blootstelling aan optische straling kunnen aan de hand van verschillende formules worden bepaald. De formule die dient te worden gebruikt hangt af van het door de bron uitgezonden stralingsspectrum. De resultaten dienen te worden vergeleken met de desbetreffende grenswaarden voor blootstelling in tabel 1.1. van het K.B. Pas in deze tabel wordt de blootstellingstijd in rekening gebracht. Omdat een stralingsbron een ruim spectrum kan uitzenden, kan dus meer dan één blootstellingswaarde met bijbehorende grenswaarde gelden.

Zeven formules gelden in verschillende, maar soms overlappende golflengtegebieden en die geven een van volgende parameters die te vergelijken zijn met de grenswaarden van tabel 1.1:

H: bestralingsdosis [J/m^2] voor UVA, (effectieve dosis of huiddosis)

L: effectieve radiantie [$W/(m^2.sr)$] voor blauwlicht

E: bestralingssterkte, vermogensdichtheid [W/m^2] voor blauwlicht of infrarode straling

De formules zijn niet meer dan de integraal van de vermogensdichtheid E of de effectieve radiantie L van de straling over het beschouwde golflengtegebied en beschouwen daarenboven de spectrale weging van de straling. Deze spectrale weging is een dimensieloos getal dat rekening houdt met de golflengteafhankelijkheid van de gezondheidseffecten.

Afhankelijk van het type straling is de spectrale weging (als functie van λ):

S(λ): gezondheidseffect van ultraviolette straling op ogen en huid, met een maximale waarde van 1 bij $\lambda=270$ nm en een waarde dicht bij nul aan de einden van het **ultraviolette spectrum** ($\lambda=180$ nm en 400 nm) met een verloop zoals in tabel 1.2 van het K.B. wordt geïllustreerd.

B(λ): het door de bestraling met **blauwlicht** aan het oog toegebracht fotochemisch letsel, met een maximale waarde van 1 bij $437,50$ nm en een waarde dicht bij nul aan de ondergrens ($\lambda=380$ nm) en bij golflengtes hoger dan $\lambda=700$ nm en een verloop zoals in tabel 1.3 van het K.B. wordt aangegeven.

R(λ): de door **zichtbare en IRA-straling** aan het oog toegebrachte thermische schade (hitteliesel), met een waarde van 10 keer die van B(λ) in het gebied van 380 nm tot 500 nm. Boven die golflengte daalt de waarde tot $0,02$ bij $\lambda=1400$ nm. Het verloop wordt in tabel 1.3 van het K.B. beschreven. De grenswaarde wordt dus 10 keer sneller bereikt voor de zichtbare en IRA-straling dan deze voor blauwlicht.

5.10 Bijlage II: coherente optische straling

De biofysische relevante waarden voor blootstelling aan optische straling kunnen aan de hand van verschillende formules worden bepaald. De formule die dient te worden gebruikt, hangt af van de golflengte λ en de blootstellingsduur van de door de bron uitgezonden straling. De resultaten dienen te worden vergeleken met de desbetreffende grenswaarden voor blootstelling in de tabel 2.2 tot en met 2.4 van het K.B. Omdat een stralingsbron een ruim spectrum kan uitzenden, kan dus meer dan één blootstellingswaarde met bijbehorende grenswaarde gelden.

Volgende parameters worden berekend en dienen te worden vergeleken met de waarden uit tabel 2.2 tot en met 2.4:

E: bestralingssterkte [W/m^2]

H: bestralingsdosis [J/m^2]: de tijdsintegraal van E

De tabellen geven de grenswaarde in functie van de golflengte en de tijd voor blootstelling

- van het oog voor korte blootstellingsduur (<10 s)
- van het oog voor lange blootstellingsduur (>10 s)
- van de huid

Hierbij moet worden opgemerkt dat:

- behalve voor λ tussen 400 nm en 1400 nm dezelfde grenswaarden gelden voor blootstelling van de huid en ogen;
- indien voor de golflengte of een andere parameter van de laser twee grenswaarden gelden, wordt de meest beperkende toegepast.

Correctie voor herhaalde blootstelling (pulsen of scanning) wordt in een tabel 2.6 gegeven.⁷

Hierbij geldt dat:

- elke afzonderlijke puls de blootstellingsgrenswaarde niet mag overschrijden;
- een groep pulsen gedurende een zekere tijd de blootstellingsgrenswaarde voor die tijd niet mag overschrijden;
- ter bescherming tegen thermische beschadiging elke puls binnen een groep van N pulsen moet liggen beneden de blootstellingsgrenswaarde voor een enkele puls vermenigvuldigd met de cumulatieve thermische correctiefactor $N^{-0,25}$.

7. Tabel 2.5 van het K.B. waarop hier niet dieper wordt ingegaan, is een tabel met toegepaste correctiefactoren en andere parameters.

6. Risico-evaluatie

6.1 Risicobeoordeling

De werkgever moet een risicobepaling en -beoordeling uitvoeren. De beoordeling houdt rekening met het niveau, de golflengtegebieden en de duur van de blootstelling. Verder moet worden gelet op de gevolgen voor de veiligheid en de gezondheid van de werknemers in het algemeen en deze welke tot een bijzondere gevoelige risicogroep behoren. De risicoanalyse moet eveneens op de mogelijke indirecte effecten zoals tijdelijke blindheid, brand of ontploffing letten. Het is daarenboven van groot belang te beseffen dat werknemers aan verschillende (soorten van) bronnen (tegelijkertijd of opeenvolgend) kunnen worden blootgesteld.

De informatie die uit het gezondheidstoezicht wordt verkregen, is een belangrijke bron om de risicoanalyse bij te stellen.

Maatregelen moeten, als nodig blijkt uit de analyse, worden genomen om de blootstelling te beperken tot de vastgelegde grenzen.

De beoordelingen, metingen en berekeningen moeten worden uitgevoerd door deskundigen en de gegevens dienen te worden bewaard om latere raadpleging mogelijk te maken.

Zoals de algemene preventiemaatregelen stellen, moet ook hier het principe van brongerichte aanpak worden toegepast en wel in deze volgorde:

1. elimineren van de blootstelling;
2. indien eliminering niet mogelijk is, dient de blootstelling te worden geminimaliseerd;
3. daarenboven moeten herhaalde blootstellingen worden vermeden.

Blijkt echter dat de grenswaarden voor blootstelling worden overschreden, dan moet de werkgever een actieplan opstellen dat technische en organisatorische maatregelen omvat. Het actieplan kan volgende punten inhouden:

- alternatieve werkmethodes die het risico verminderen;
- anders inrichten van de werkplaats;
- keuze van andere arbeidsmiddelen die minder straling uitzenden;
- technische maatregelen die de emissie beperken (afscherming, vergrendeling, ...);
- beperking van de duur en het niveau van de straling;
- voorzien in persoonlijke beschermingsmiddelen.

Passende signalering dient te worden aangebracht op de plaatsen waar de werknemers zouden kunnen worden blootgesteld aan straling boven de grenswaarden. De zones dienen te worden afgebakend en de toegang tot die zones moet worden beperkt.

Het is heel belangrijk op te merken dat de grenswaarden, waaraan de risicobeoordeling moet worden getoetst, zijn gebaseerd op tijdelijke effecten van de blootstelling. De chronische en secundaire effecten, blootstelling van fotosensitieve individuen en blootstelling in de vrije tijd zijn hierbij niet in beschouwing genomen.

De 'grenswaarden voor blootstelling' (GWB) zijn grenzen van de blootstelling aan straling, die direct zijn gebaseerd op bewezen gezondheidseffecten en biologische gegevens.

Inachtneming van deze grenzen waarborgt dat aan straling blootgestelde werknemers worden beschermd tegen alle bekende negatieve gevolgen voor de gezondheid.

De 'actiewaarden' zijn de limieten die rechtstreeks meetbare parameters zijn, uitgedrukt als bestralingssterkte (E), bestralingsdosis (H) en vermogensdichtheid (S). Naleving van deze waarden waarborgt dat de toepasselijke grenswaarden voor blootstelling niet worden overschreden. De actiewaarden liggen dan ook steeds lager dan de grenswaarden.

De werkgever moet de niveaus van optische straling waaraan de werknemers waarschijnlijk zullen worden blootgesteld, beoordelen en indien nodig meten en/of berekenen.

Indien de actiewaarden zijn overschreden, bepaalt en, indien nodig, berekent de werkgever, op basis van de beoordeling van het niveau van de straling, of ook de grenswaarden voor blootstelling worden overschreden.

Het K.B. Kunstmatige optische straling voorziet echter geen actiewoorden!

De beoordeling, meting en/of berekening worden op een deskundige wijze gepland en met passende frequentie uitgevoerd door deskundige bevoegde diensten of personen.

De werkgever besteedt bij de risicobeoordeling aandacht aan:

- a) het niveau, het frequentiespectrum, de duur en de aard van de blootstelling;
- b) de grenswaarden voor de blootstelling en de actiewaarden;

- c) de mogelijke gevolgen voor de gezondheid en veiligheid van werknemers die een bijzonder risico lopen;
- d) indirecte effecten zoals
 - i) interferentie met andere elektronische apparatuur en hulpmiddelen;
 - ii) de activering van elektrische ontstekingsmiddelen (detonatoren);
 - iii) branden en explosies ingevolge de ontbranding van ontvlambaar materiaal door de straling;
- e) het bestaan van vervangende arbeidsmiddelen die ontworpen zijn om de niveaus van blootstelling aan straling te verminderen;
- f) via het gezondheidstoezicht verkregen relevante informatie, met inbegrip van gepubliceerde informatie, voor zover dat mogelijk is;
- g) blootstelling aan verscheidene bronnen met dezelfde straling;
- h) gelijktijdige blootstelling aan verschillende soorten straling.

De risicobeoordeling wordt regelmatig bijgewerkt, en zeker indien ingrijpende veranderingen hebben plaatsgevonden waardoor deze is achterhaald, of wanneer uit de resultaten van het medische toezicht blijkt dat aanpassing nodig is.

Een inventaris van de arbeidsmiddelen dient te worden opgesteld en naast de standaard gegevens als naam, merk, bouwjaar, plaats van gebruik, ... dient eveneens het vermogen, het frequentiespectrum (of golflengtespectrum), de duur van de blootstelling, ... en indien het om een laser gaat, de klasse ervan te worden vermeld. Op basis hiervan worden de risico's opgesteld. De inventaris moet actueel worden gehouden.

Een stapsgewijze benadering voor de risicobeoordeling kan als volgt worden uitgevoerd:

- Stap 1: identificatie van de gevaren en de blootgestelde werknemers;
- Stap 2: evaluatie en rangschikking van de risico's;
- Stap 3: preventieve acties voorstellen;
- Stap 4: acties uitvoeren;
- Stap 5: observatie en aanpassen van de acties.

Stap 1

De identificatie van de gevaren en blootgestelde werknemers moet worden gedaan voor de gehele levensduur van een arbeidsmiddel. Een levenscyclus van een arbeidsmiddel ziet er typisch als volgt uit: plannen en ontwerpen, vervaardiging, bestellen, indienststelling, testen, normaal gebruik, optreden van fouten, dagelijks nazicht, routine onderhoud, herstelling na defect, aanpassingen en buitendienststelling.

Concreet moeten alle mogelijke bronnen van optische straling worden opgesteld en alle werknemers die eventueel kunnen worden blootgesteld in beschouwing worden genomen.

Stap 2

Vele stralingsbronnen op de werkplaats zijn onbeduidend. Er bestaan verschillende lijsten van stralingsbronnen waaruit kan worden opgemaakt in hoeverre een stralingsbron schadelijk kan zijn. Voor één enkele bron is blootstelling aan 20% van de GWB voor een hele werkdag als onbeduidend te beschouwen. Maar als tien dergelijke stralingsbronnen aanwezig zijn, zal de blootstelling minder dan 2% dienen te zijn om als onbeduidend te kunnen worden beschouwd.

Het is belangrijk te benadrukken dat de risico's moeten worden geëlimineerd of verminderd. Dit wil echter niet zeggen dat de straling tot een minimum dient te worden herleid. Alle verlichting uitschakelen tijdens het werk zal andere risico's geven dan de stralingsrisico's...

Concreet dient volgende werkwijze te worden gehanteerd:

- 1) Beslissen welke stralingsbronnen onbeduidend zijn. Deze beslissing wordt best genoteerd;
- 2) Beslissen welke blootstellingsscenario's verder onderzoek vereisen;
- 3) Vergelijken van de blootstelling ten opzichte van de GWB;
- 4) In acht nemen van blootstelling aan verschillende stralingsbronnen;
- 5) Als de GWB mogelijk wordt overschreden, dienen de nodige acties te worden ondernomen. Een lijst van prioritaire maatregelen dient voor deze bronnen te worden opgesteld;
- 6) Beschouwen van de werknemers die mogelijk fotosensitief zijn;
- 7) Noteren van de significante besluiten.

Het blootstellingsrisico bepalen is niet eenvoudig. Een gevaarlijke laserstraal kan in de werkplaats aanwezig zijn, maar het risico op blootstelling kan klein zijn. Anderzijds kan optische straling van niet-coherente bronnen groot zijn, maar de gevolgen van de blootstelling klein. Kwantificeren van deze risico's is niet te rechtvaardigen. Een etiket 'hoog', 'medium' of 'klein' is beter gepast.

Het is vanzelfsprekend dat niet moet worden gewerkt naar een dagelijkse blootstelling van de werknemer net onder de grenswaarde, maar dat de blootstelling zo laag als mogelijk moet worden gebracht.

Stap 3

Collectieve beschermingsmaatregelen hebben voorrang op de persoonlijke. Dit principe dient te worden gehanteerd om maatregelen te nemen en deze beslissing dient te worden geneoteerd.

Stap 4

Preventieve actie is steeds prioritair. Als blijkt dat de blootstellingswaarde hoog is, zal de beslissing moeten worden genomen of het werk door kan gaan of dat eerst de nodige preventiemaatregelen worden genomen.

Concreet moet worden beslist of het werk kan worden verdergezet met de kennis van het niveau van blootstelling. De nodige preventiemaatregelen dienen te worden genomen en de werknemers dienen te worden ingelicht over de reden waarom deze maatregelen worden ingevoerd.

Stap 5

Het is belangrijk na te gaan of de risicoanalyse effectief was en de preventiemaatregelen adequaat blijken. De risicoanalyse dient te worden herzien indien de stralingsbronnen veranderen of de werkmethode of opstellingen wijzigen.

Werknemers weten soms niet dat ze gevoelig zijn voor optische bronnen of deze gevoeligheid ontwikkelen nadat de stralingsbronnen zijn ingevoerd. Gezondheidstoezicht dient deze gevoeligheden te noteren.

Concreet kan een periode worden vastgelegd om de risicoanalyse te herzien (bijvoorbeeld elke 12 maanden).

6.2 Checklist

De bedoeling van deze checklist is om op een eenvoudige maar gestructureerde manier de risico's verbonden aan de kunstmatige stralingsbronnen te kunnen oplijsten. De checklist begint met de identificatie van de soort straling en de bron ervan. Daarna worden een aantal vragen gesteld. De checklist is zo opgesteld dat in een ideale situatie elke vraag een positief antwoord zou moeten genereren. Een negatief antwoord impliceert dus dat risico's bestaan en dat de in de checklist voorgestelde of andere maatregelen moeten worden genomen om hetzelfde veiligheidsniveau te verkrijgen.

Kennis van de eigenschappen van de straling is noodzakelijk om te kunnen besluiten of en welke maatregelen dienen te worden genomen. Zo is het gevaar groter bij grotere vermogens, bij hogere laserklassen, bij langere blootstellingstijden...

Wat is de golflengte (of frequentie) van de kunstmatige optische straling?
UVA, UVB, UVC, zichtbaar of IRA, IRB, IRC.

Wat is de bron van de kunstmatige optische straling?
Lamp, laser, elektriciteit, lasapparatuur, oven, open vlam, andere (hitte)bron...

Wat is het vermogen of de energie van de bron van de kunstmatige optische straling?
Uitgedrukt in Watt voor continue straling, in Joule voor pulserende straling

Volgende zaken dienen te worden nagegaan:

- Is duidelijk aangegeven dat gevaar van de straling bestaat?
- Zijn waarschuwingsborden aangebracht op het toestel en in de werkruimte of indien van toepassing op de deur naar de werkruimte waar het toestel staat?
- Is de werkruimte een afgesloten ruimte?
- Zijn de opschriften en waarschuwingen duidelijk?
- Is een constant bewustzijn van het gevaar aanwezig bij de werknemer bij het werken met stralingsbronnen?
- Zijn de (voor de gebruikte golflengte en vermogensdichtheid) correcte collectieve en persoonlijke beschermingsmiddelen voorzien?
- Worden de collectieve en persoonlijke beschermingsmiddelen effectief gebruikt?
- Zijn de bedieningsinstructies aanwezig?
- Worden de bedieningsinstructies gevolgd?
- Is de handleiding aanwezig in de buurt van het toestel?
- Is de ruimte reflecterend?
- Is een werkende noodstop aanwezig?
- Is een visuele signalisatie aanwezig dat aangeeft of het toestel aan/uit staat?
- Bedient enkel bevoegd personeel de apparatuur?
- Wordt er rekening mee gehouden dat verschillende toestellen op het zelfde moment straling kunnen uitzenden?
- Is de ruimte gecompartmenteerd bij gebruik van verschillende toestellen?

- Wordt de preventieadviseur betrokken bij de aankoop van de stralingsbronnen?
- Hebben de werknemers die met de toestellen werken een voorafgaandelijk en nadien periodiek oogonderzoek ondergaan?
- Krijgen de werknemers voorafgaandelijk schriftelijke gebruiksinstructies?
- Is een meldingssysteem aanwezig om de slechte werking van de toestellen door te geven?
- Is er nog nooit een incident of ongeval gebeurd met het toestel?

Daarboven dient voor lasers te worden nagegaan:

- Is elke laser correct geclassificeerd?
- Is op elke laser een etiket aangebracht met daarop het soort laser, de klasse en het bundelvermogen?
- Zijn de laserklassen door de werknemers gekend?
- Kan de laser alleen met een sleutelschakelaar worden aangezet?
- Is de laser zo geconstrueerd, dat na uitvallen, door welke oorzaak dan ook, deze alleen met de sleutelschakelaar weer in werking kan worden gezet?
- Is de laser uitgerust met een indicatielampje dat brandt, als in de laser een bundel wordt opgewekt?
- Kan de laserstraal nooit naar een persoon worden gericht?
- Is de straal zichtbaar?
- Kan nooit in de straal worden gekeken?
- Kan nooit in een gereflecteerde, gefocusseerde,...straal worden gekeken?
- Hebben de werknemers geen objecten in of aan de handen (juwelen, uurwerk...) die de straal kunnen reflecteren?
- Kan de laserstraal de opstelling nooit verlaten, behalve gecontroleerd?
- Is de straal altijd parallel met de tafel van de opstelling?
- Is de straal altijd beneden het oogniveau (staand of zittend)?
- Doen werknemers de ogen dicht om iets van de grond op te rapen?
- Zijn de lichten in de ruimten aan tijdens het werken met de laser? (De pupillen zijn kleiner in een goed verlichte ruimte en zijn minder toegankelijk voor laserstraling)
- Is een hoogspanningswaarschuwbord aangebracht?

Bij de meeste toestellen is de handleiding al een eerste aanzet voor het verzamelen van gegevens. Verdere informatie kan indien nodig bij de constructeur worden ingewonnen. Ook algemene literatuur kan helpen. Terugvinden van de handleiding kan soms een probleem zijn.

De limieten moeten worden bepaald aan de hand van de gegevens die de constructeur bij de kunstmatige optische stralingsbron levert. De constructeur heeft de verplichting de nodige informatie mee te delen. Bij toestellen die gezien hun ouderdom deze gegevens niet hebben meegekregen of die zijn verloren gegaan, dient opnieuw een evaluatie van de straling te worden uitgevoerd.

Toch kan gepubliceerde data onvoldoende zijn. Dan moeten berekeningen worden gemaakt. Voor laserbronnen is de data gemakkelijker beschikbaar dan voor de incoherente stralingsbronnen.

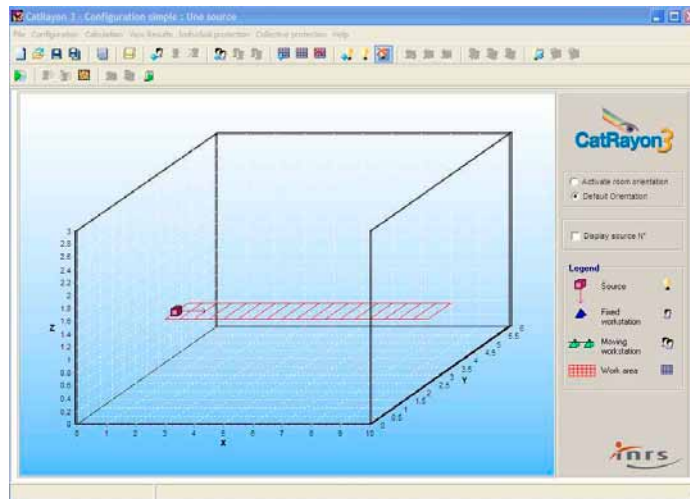
6.3 Berekeningen

Er bestaan verschillende computerprogramma's om zonder metingen maar met berekeningen een goed idee te hebben van de waarden van de straling en de risico's die ermee verbonden zijn. Een dergelijk programma is CatRayon3: 'Hazard Assessment and Protective Measures for Occupational Exposure to Optical Radiation'. Met dit programma kan een simulatie worden gemaakt van de bestaande of nog te bouwen werkplaats of -post. De databank van het programma bezit een groot aantal mogelijke bronnen waarvan de gegevens volgens fabrikant en type zijn opgelijst. Ook het belangrijk aspect van meerdere stralingsbronnen kan hiermee worden gesimuleerd.

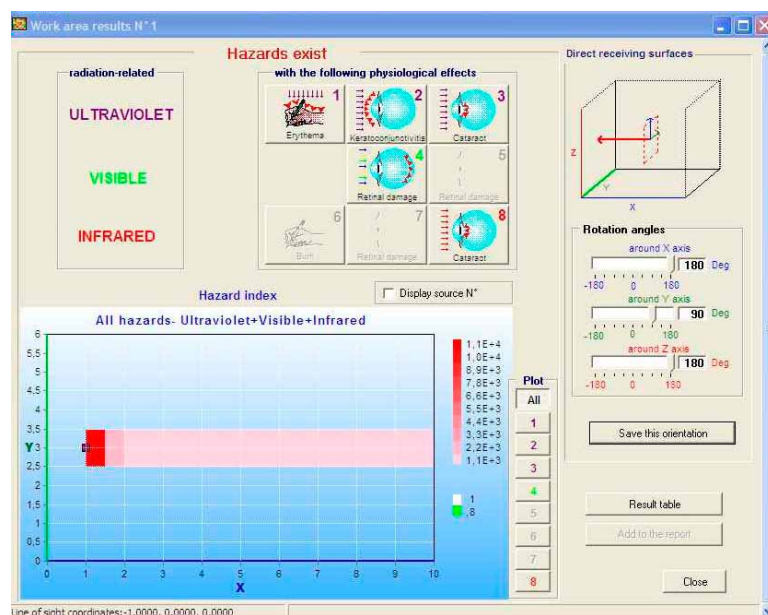
Dit soort programma's ondersteunt de risicoanalyse en kan door simulatie aangeven wat de best mogelijke (onderlinge) opstelling van de werkposten is. Door gebruik van de databank kan ook het verschil in straling tussen verschillende types arbeidsmiddelen worden bekeken.

Als een gezondheidsrisico bestaat, geeft het programma ook aan welk risico de werknemer exact loopt.

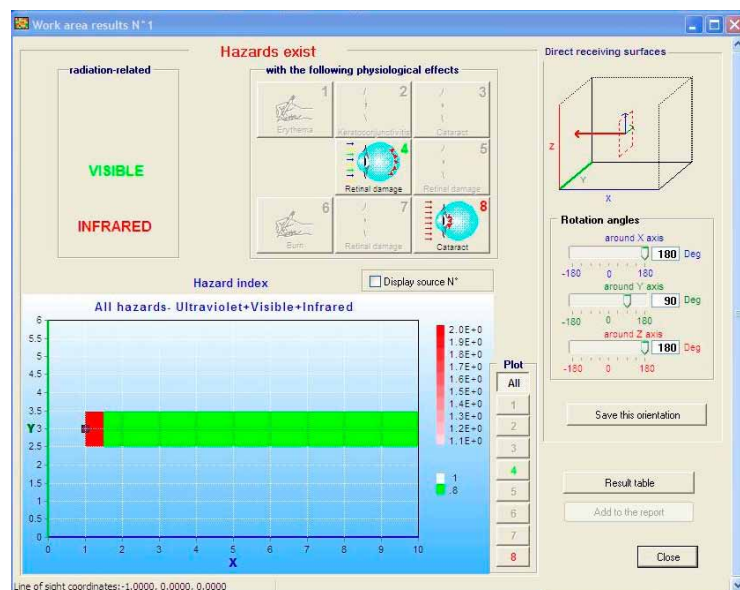
Ten slotte kan uit een databank van CBM's en PBM's worden gezocht welke de meest adequate bescherming voor de werknemers is.



Voorbeeld van een simulatie van een laspost in een werkruimte (Bron: CatRayon3 / INRS)



Resultaat van de stralingsanalyse van de laspost zonder beschermingsmaatregelen (Bron: CatRayon3 / INRS)



Resultaat van de stralingsanalyse van de laspost met collectieve beschermingsmaatregelen (lasgordijnen) maar nog zonder persoonlijke beschermingsmiddelen (Bron: CatRayon3 / INRS)

6.4 Voorbeelden

Overall berekeningen of metingen uitvoeren heeft geen zin daar de meeste situaties onder de actiewaarde blijven. Een methode of systeem van (kwalitatieve) risico-evaluatie die een snelle en correcte inschatting maakt van de blootstelling in verhouding tot de actiewaarden en grenswaarden is dan ook nodig.

6.4.1 Zonnecentra

In zonnecentra komt ultraviolette straling soms via de openingen onderaan en bovenaan de privécabines in de gemeenschappelijke ruimte. De fabrikant van de zonnebanken dient in de handleiding te specificeren welke de eventuele beschermingsmaatregelen zijn. Werknemers van die zonnecentra staan bloot aan diffuse ultraviolette straling. Zolang niet rechtstreeks in de UV-bronnen wordt gekeken, kan uit de verstrekte gegevens worden verondersteld dat de blootstelling van de werknemers onder de grenswaarde ligt.

6.4.2 Metaalbewerking

Hierbij wordt geen ultraviolette straling gebruikt maar komt dit soort straling vrij. In het algemeen komt bij metalen die op hoge temperaturen worden bewerkt ultraviolette straling vrij: bij metaalbewerking, laswerkzaamheden, plasma-, autogeen- en lasersnijden, thermisch spuiten, smeltprocessen...

Bij het bewerken of snijden van metalen door plasma-, autogeen- en lasersnijden met krachtige lasers (bijvoorbeeld YAG- of CO₂-laser met golflengtes in het infrarode gebied) zal een oranje gloed van plasma vlak boven het werkstuk ontstaan. Zichtbare blauwe straling wordt daarbij uitgezonden samen met ultraviolette straling.

Niettegenstaande met een laser met golflengtes in het infrarode gebied wordt gewerkt, zullen de beschermingsmaatregelen deze voor ultraviolette straling moeten zijn. De blootstelling aan deze ultraviolette straling kan een tijdelijk of chronisch effect hebben voor de ogen en de huid. Automatische lasersnijmachines, zijn bijna altijd in een beschermkast geplaatst en zijn intrinsiek veilig.

Bij laswerkzaamheden worden werknemers blootgesteld aan ultraviolette straling. Het type lassen (elektrisch (punt)lassen, acetyleenlassen...) en het soort metaal waarop wordt gelast kan andere bestralingssterkten geven. 'Lasogen' is de meest voorkomende aandoening bij lassers. Zelfs heel kort (in de orde van een tiental seconden) geen aangepast gelaatsscherm dragen geeft, gezien de bestralingsdosis heel hoog is, al aanleiding tot overschrijding van de grenswaarde.

Collectieve en persoonlijke beschermingsmiddelen zijn noodzakelijk. Door consequent gebruik ervan kunnen de gekende risico's echter perfect worden ondervangen.

6.4.3 Ontsmetten

Voor het grondig steriel maken en het doden van kiemen op onderzoekstafels, in trekkasten of volledige ruimten wordt veel gebruik gemaakt van UV-lampen. Tussentijdse desinfecteringen gebeuren dan weer eerder met chemische producten.

Tijdens het desinfecteren van een volledige ruimte mogen er geen werknemers aanwezig zijn. De toegang tot de ruimten dient dan ook te worden afgesloten. Tijdens de proefnemingen en als personen kunnen worden blootgesteld, mag deze techniek niet worden gebruikt.

Bij het ontsmetten van bijvoorbeeld een trekkast in een laboratorium moet de kast volledig dicht zijn. Deze zijn meestal vooraan uitgevoerd met doorzichtig polycarbonaat en deze materie laat geen UVC door. Voor een reeks proefnemingen van start gaan, wordt een UVC-lamp met piek op 254 nm gedurende 30 tot 60 minuten geactiveerd. Veiligheidsschakelaars dienen aanwezig te zijn op de trekkast om accidentele blootstelling door het openen van het scherm te vermijden.

6.4.4 Drogen en uitharden

Inkten en verven kunnen versneld worden gedroogd en uitgehard onder invloed van UV- en IR-straling. Ook kunststoffen krijgen hun gewenste hardheid onder invloed van fotochemische processen onder invloed van sterke UV-straling. Bij printtoepassingen wordt gebruik gemaakt van UV-gevoelige inkten die onder invloed van UV-bestraling snel drogen zonder dat hierbij de ondergrond hoeft te worden opgewarmd. Huidcontact met deze inkten kunnen aanleiding geven tot irritatie en allergie na blootstelling aan UV-straling of zonlicht.

Het gebruik van infrarode straling vraagt meer energie en wordt gebruikt om de materialen op een bepaalde temperatuur te brengen en uit te drogen. Water vertoont een specifieke absorptie voor IRB en IRC waardoor het kan verdampen.

Dit procedé kan worden gebruikt in verfspruitcabines. Personen mogen zich tijdens het gebruik van deze straling niet in de cabine bevinden.

6.4.5 Ovens

Ovens op hoge temperaturen (dus niet huishoudelijke of culinaire ovens) kunnen dermate hoge infrarode stralingswaarden hebben dat ze wel degelijk een gevaar kunnen vormen voor de werknemers. Deze ovens worden gebruikt voor verbranding (van bijvoorbeeld huisvuil) of smelten van metalen.

Oogbescherming is noodzakelijk. Langdurige blootstelling van de onbeschermden ogen zou aanleiding kunnen geven tot 'staar'. Afhankelijk van de afstand tot de bron kan beschermkledij eveneens noodzakelijk zijn.

6.4.6 Verlichting

Verlichting wordt gebruikt om een ruimte te verlichten maar kan ook bijvoorbeeld als contrastlicht worden toegepast. Standaard verlichting voor normaal gebruik is geen probleem. Lampen die naast zichtbare straling ook andere straling uitzenden kunnen een gevaar vormen. Ongekennde UV-straling kan blootstelling boven de grenswaarden geven zonder dat de persoon zich er direct van bewust is. Het is van belang de karakteristieken van de straling uitgezonden door de lamp te kennen en indien nodig maatregelen tegen blootstelling te nemen.

Verlichting met UVA-kwiklampen op 365 nm (in bijvoorbeeld discotheken) is niet veilig en werknemers kunnen bij langdurige blootstelling de grenswaarde overschrijden.

6.4.7 Lasertoepassingen

Hier worden de andere toepassingen besproken die niet onder het deel 'metaalbewerking' vallen. Lasers komen heel veel voor en de meeste zijn intrinsiek veilig: barcodescanners, laserprinters, cd- en dvd-spelers,... Zolang de toestellen niet worden opengemaakt, geven ze geen risico's.

6.4.8 Medische toepassingen

In de medische wereld wordt veel gebruik gemaakt van lasers en apparatuur met infrarode en ultraviolette straling. Deze kunnen dan misschien wel therapeutisch zijn voor de patiënt maar het verplegend personeel loopt blootstellingsrisico's. Collectieve en persoonlijke beschermingsmiddelen zijn noodzakelijk.

6.4.9 Branden

Deze ietwat speciale categorie, waarbij niet met arbeidsmiddelen wordt gewerkt die straling afgeven, moet toch worden beschouwd. Brandweerlieden die worden blootgesteld aan infrarode straling tijdens de uitoefening van hun werk lopen een groot risico. Persoonlijke beschermingsmaatregelen zijn dan ook vanzelfsprekend.

6.5 Categorieën werkomgevingen

Volgens de norm EN 12198 (verbonden aan de EU-machinerichtlijn) worden de bronnen van kunstmatige optische straling in volgende categorieën ingedeeld:

Categorie 0

Er is geen noodzaak voor speciale beschermingsmaatregelen.

Categorie 1

In overeenstemming met het technisch fabrikantendossier van de machine en informatie aangaande de emissieniveaus van reststraling rondom het arbeidsmiddel, dient de fabrikant in de gebruikershandleiding te specificeren welke beschermingsmaatregelen dienen te worden genomen.

Categorie 2

Beschermingsmiddelen zijn noodzakelijk. Welke beschermingsmaatregelen nodig zijn, hangt af van het emissieniveau, hoe het arbeidsmiddel wordt gebruikt en overige factoren. Informatie over gevaren, risico's en secundaire effecten dient te worden verschaft. Training kan nodig zijn.

Wieringa F.P., Teirlinck C.J.P.M en Alferdinck J.W.A.M. delen categorie 2 verder in.

Categorie 2A

Beschermingsmiddelen zijn noodzakelijk, maar blootstellingen tijdens werkzaamheden zijn voorspelbaar en zo in te richten dat de werknemer (naast deze beschermingsmiddelen) voldoende heeft aan specifieke voorlichting en onderricht over de gevaren, risico's en secundaire effecten in zijn/haar situatie om veilig te kunnen werken.

In deze categorie is sprake van hoge emissieniveaus, de nadruk ligt echter op een zodanige voorspelbaarheid dat de risico's kunnen worden ondervangen door goed vakmanschap.

Categorie 2B

Beschermingsmiddelen zijn noodzakelijk, maar omdat de blootstellingen tijdens werkzaamheden onvoorspelbaar (en hoog) kunnen zijn dient de werknemer zodanig getraind te zijn dat deze de keuze van beschermingsmiddelen zelf kan bepalen aan de hand van voldoende algemene kennis over de gevaren, risico's en secundaire effecten van optische straling om veilig te kunnen werken. In deze categorie is sprake van hoge emissieniveaus en is de voorspelbaarheid van risico's te beperkt om zonder specifieke kennis over optische straling te kunnen werken.

In volgende tabel van Wieringa F.P., Teirlinck C.J.P.M. en Alferdinck J.W.A.M. worden arbeidsplaatsen beschreven met verschillende types kunstmatige optische straling. Telkens wordt de categorie weergegeven bij normaal gebruik en bij onderhoud. Een asterisk betekent dat geen eenduidige categorie kan worden toegekend.

arbeidsplaats	normaal gebruik	onderhoud
laser klasse 1	0	2B
laser klasse 2	1	2B
laser klasse 3	2B	2B
laser klasse 4	2B	2B
laserprinter	0	2A
barcodescanner	0	1
afstandsbediening	0	0
amusementssector: laser	*	2B
amusementssector: blacklight	1	2A
communicatielaser: gesloten systeem	0	2A
communicatielaser: open systeem	1	2A
laser in de gezondheidszorg	2A	2B
laser in laboratoria: open opstelling (klasse 1)	0	0
laser in laboratoria: gesloten opstelling	0	*
laserbewerkingen	1	2B
laserbewerkingen met secundaire emissie	2A	2B
meet-en richtlasers	1	1
laserprojectie	*	2B
desinfecteren van lucht en oppervlakken (UVC)		
losse verplaatsbare lampen	2B	2B
gesloten systemen met interlock	0	2B
open systeem luchtdesinfectie	0	2A
gesloten systeem luchtdesinfectie (inbouw)	0	2B
desinfecteren van water		
droogprocessen met IR	1	2A
droogprocessen met UV	1	2B
displays en schermen	*	*
fluorescentie-onderzoek	*	2B
forensisch onderzoek UVA fluorescentie	*	*
forensisch onderzoek IRA-bron en camera	0	0

grafische processen	*	2B
hygiënische toepassingen	*	*
IR-therapie	0	1
lassen	2A	2A
elektrisch puntlassen	0	0
materiaalonderzoek	*	*
reinigen van oppervlakken met UV/ozon	1	2B
reinigen van oppervlakken met laser	2B	2B
sauna	0	1
smelt-, giet- en walsprocessen (metaal/glas)	2A	2B
snijden door verhitting	2A	2A
spuiten onder verhitting	2A	2A
spuiterijen met interlock	0	2A
UV-therapie	1	2B
vals geld-detectie (UVA)	1	1
vals geld-detectie (UVC)	0	2B
verlichting (normaal)	0	0
verlichting (sterke bronnen)	0	1
verlichting (sterke bronnen, experimenteel)	1	2A
warm houden voedsel met IR	0	1
zonnebank	1	*

Waarschuwbord

Als het risico van blootstelling aan niet-ioniserende straling bestaat, dient het waarschuwbord te worden aangebracht op het toestel of aan de ingang van de ruimte waar de straling kan optreden.



Waarschuwbord 'niet-ioniserende straling', K.B. 17 juni 1997, veiligheids- en gezondheidssignalering op het werk.

De norm EN 12198 vermeldt volgend waarschuwbord UV-straling.



6.6 Laserstraling

De risico's van de laser in verband met zijn vermogen, elektrische spanning en andere worden hier niet besproken, niettegenstaande vooral deze risico's dodelijke gevolgen kunnen hebben. Hier wordt enkel het stralingsrisico voor huid en ogen in aanmerking genomen. In het algemeen, op hoge vermogenslasers van klasse 4 na, is deze straling niet dodelijk.

De norm die hierbij wordt gehanteerd, is de EN 60825 uitgegeven door het Europees normalisatie-instituut CENELEC.

De klassen waarin de lasers volgens de norm worden ingedeeld, houden enkel rekening met de risico's van de straling en niet met andere risico's zoals vermogen, elektrische aspecten, warmte- of kouderisico's,...

De indeling in klassen geeft een eerste ruw beeld van de mogelijke risico's. Pas na een grondige risicoanalyse kunnen de nodige maatregelen optimaal worden geïmplementeerd.

In laboratoria komen veel zelfgebouwde of omgebouwde lasers voor, waardoor de oorspronkelijke indeling in een klasse (als die al bestond) moet worden geherevalueerd.

De klasse houdt rekening met de dosis laserstraling waaraan een werknemer bij een normale operatie of gedurende een routine onderhoud kan worden blootgesteld. Een toestel kan dus intrinsiek van de hoogste (gevaarlijkste) klasse zijn, maar bij normaal gebruik toch in de laagste (veiligste) klasse vallen.

De klasse is op het toestel aangebracht in zwarte letters op een gele achtergrond, geplaatst in een rechthoek met zwarte rand.



Op een toestel aangebrachte vermelding van de klasse, conform EN 60825.

Het voorgeschreven waarschuwbord zoals weergegeven in volgende figuur moet eveneens op het toestel zijn aangebracht:



Waarschuwbord 'laserstraal', K.B. 17 juni 1997, veiligheids- en gezondheidssignalering op het werk.

De twee bovenstaande waarschuwborden dienen dus altijd samen op het toestel voor te komen. Vermeldingen van het maximale vermogen in de stralingsbundel, pulsduur, golflengte en norm waarop de classificatie is gebaseerd, moeten eveneens op een duidelijk zichtbare plaats zijn aangebracht.

Andere waarschuwborden komen voor maar zijn conform de Amerikaanse standaard FDA regulation 21 CFR 1040.10, laser notice 50. Deze zijn dus niet voldoende om conform te zijn met het K.B. van 22 april 2010 betreffende optische straling. Volgende figuur toont een voorbeeld van een dergelijk waarschuwbord.



Waarschuwbord volgens de Amerikaanse FDA-standaard.

Lasers kunnen ofwel continue stralen ofwel gepulseerd werken. Bij continue lasers wordt het vermogen in Watt uitgedrukt, bij gepulste lasers in J/cm^2 .

Voor roterende continue lasers is de GWB hoger dan voor vaste continue lasers omdat de belasting voor het oog bij roterende lasers nu eenmaal lager is. Maar indien de roterende lasers niet zijn uitgerust met een veiligheidsinrichting die de laserstraal onderbreekt bij het wegvallen van de rotatie worden deze toestellen beschouwd als toestellen met een continue straal. Dan gelden ook de lagere GWB's.

8. IEC 825 Radiation safety of laser products, equipment classification, requirements and user's guide (International Electrotechnical Commission), ANSI Z 136.1 (American National Standard Institute).

Vroeger werden lasers ingedeeld volgens IEC 825⁸. Later werd dit de norm IEC 60825-1 + EN 60825. De herziening in 2002 van deze norm heeft een nieuwe klasse-indeling van de lasers. De classificaties volgens de oorspronkelijke en de huidige versie worden aangetroffen.

Herziene versie (gebruikt op toestellen geproduceerd vanaf 2002):

Klasse 1

De irradiantie van de toegankelijke laserstraling ligt lager dan de blootstellingsgrenswaarde. Dit type komt heel courant voor. Maar bij toestellen van deze klasse moet goed worden gelet of ze inwendig geen lasersysteem hebben van een hogere klasse. Door adequate preventiemaatregelen bij de opbouw is weliswaar gezorgd dat toegang tot de eigenlijke straal heel onwaarschijnlijk is. Maar een dergelijk klasse-1-toestel dat wordt ontmanteld, vormt een potentieel risico voor blootstelling aan een gevaarlijke laserstraal.

Klasse 1M

Het zijn toestellen die ofwel een sterk divergente straal ofwel een bundel met grote diameter uitzenden. Daardoor kan slechts een klein deel van de bundel het oog binnendringen. Maar indien gebruik wordt gemaakt van vergrotende of focuserende optische instrumenten kan deze soort laser toch schadelijk zijn voor het oog. Het toestel dient dan in een hogere klasse te worden gecatalogeerd.

Klasse 2

Het maximale uitgezonden vermogen is beperkt tot 1mW en heeft een golflengte van 400 nm tot 700 nm en is dus zichtbare straling. Blootstelling aan straling van een toestel van deze klasse veroorzaakt geen schade omdat de oogreflex voldoende is om te zorgen voor een reactie van knipperen of wegstaren. Herhaalde of opzettelijk blootstelling is wel gevaarlijk. Deze straling is ongevaarlijk voor huid.

Klasse 2M

Deze lasers zijn gelijkaardig als deze van klasse 2 maar hebben daarenboven een sterk divergente straal of een grote bundeldiameter. Daardoor kan maar een klein deel van de bundel het oog binnendringen. Maar indien gebruik wordt gemaakt van vergrotende of focuserende optische instrumenten kan dit soort laser toch schadelijk zijn voor het oog.

Klasse 3R

Deze continue stralende lasers hebben een hoger vermogen dan de lagere klassen maar toch slechts een maximaal vermogen van 5mW. Dit is 5 keer de toegelaten emissielimiet voor lasers van klasse 2. Klasse-3R-lasers zijn ongevaarlijk voor de huid maar gevaarlijk voor de ogen. Het risico is toch nog laag. Het potentieel gevaar schuilt erin dat deze lasers een vermogen hebben groter dan de maximale toelaatbare blootstelling en bij een tijd van 0,25s (oogreflex) bij zichtbare straling of 100s bij niet-zichtbaar straling schade aan de ogen aanrichten.

Klasse 3B

Het uitgezonden vermogen kan oplopen tot 500mW voor continue lasers of 10 J/cm^2 voor pulserende lasers. Dit is voldoende om oogbeschadiging te veroorzaken, zowel van de directe als de gereflecteerde bundel. Diffuse straling is niet gevaarlijk. Hoe groter het vermogen, hoe groter het

gevaar op verwonding. De graad van verwonding hangt af van verschillende factoren, zoals de duur van de blootstelling en het vermogen van de straling.

Klasse 4

Het uitgezonden vermogen is hoger dan 500mW voor continue lasers of 10 J/cm² voor pulserende lasers. Deze lasers kunnen blijvende schade aanrichten aan de ogen en de huid. Daarenboven hebben ze voldoende vermogen om rookontwikkeling, brand en explosies te veroorzaken.

Voorbeelden van toepassingen van toestellen uit verschillende klassen worden weergegeven in de tabel.

Klasse 1	laserprinters, cd-spelers, dvd-spelers,...
Klasse 1M	optische vezels voor communicatie,....
Klasse 2	laseraanwijzers, barcodescanners,...
Klasse 2M	nivellerings- en oriëntatie-instrumenten,...
Klasse 3R	roterende lasers, topografische lasers,...
Klasse 3B	in onderzoekslaboratoria, fysiotherapie,...
Klasse 4	chirurgie, graveringen, snijden van metalen,...

Toepassingen van lasertoestellen.

7. Metingen

Metingen kunnen als onderdeel van de risicoanalyse worden uitgevoerd. Zoals bepaald in het K.B. moet de werkgever de graad van straling, waaraan de werknemers kunnen worden blootgesteld, evalueren, en indien nodig berekenen en/of meten. Metingen zijn in vele gevallen niet zinvol en moeten pas na evaluatie van gegevens van de fabrikant en berekeningen worden uitgevoerd. Metingen zijn niet de eerste stap in een risicoanalyse.

Het K.B. laat dus toe om de blootstellingniveaus te bepalen met andere manieren dan metingen, bijvoorbeeld door berekeningen met behulp van de gegevens die door de fabrikant van het arbeidsmiddel zijn verschaft. Als het mogelijk is de nodige adequate gegevens te bekomen om de risicoanalyse te maken, dan zijn metingen niet nodig. Deze situatie geniet de voorkeur. Metingen uitvoeren op de werkplaats is een complexe zaak. Meetapparatuur is meestal duur en kan enkel correct worden gebruikt door een competent persoon. Metingen uitgevoerd door een onervaren persoon kunnen aanleiding geven tot onjuiste gegevens.

Indien de werkgever niet bereid is om meetapparatuur te kopen voor de optische straling of niet de expertise heeft om deze te gebruiken, zal hulp van buitenaf nodig zijn. De vereiste meetapparatuur kan worden gevonden (samen met de expertise om het te gebruiken) bij:

- gespecialiseerde afdelingen van externe diensten voor preventie en bescherming op het werk;
- gespecialiseerde afdelingen van de externe diensten voor technische controle;
- onderzoeksinstituten (zoals universiteiten met een optica-afdeling);
- fabrikanten van optische meetapparatuur.

Bovenvermelde instanties moeten kunnen aantonen dat zij:

- kennis hebben van de grenswaarden voor blootstelling;
- apparatuur bezitten die de golflengte kan meten van alle golflengtegebieden die van belang zijn;
- ervaring hebben in het gebruik van de apparatuur;
- een methode hanteren voor het kalibreren van de apparatuur;
- de onzekerheid op de metingen kunnen ramen.

Tenzij aan bovenstaande criteria kan worden voldaan, is het mogelijk dat de daaruit voortvloeiende risicobeoordeling foutief kan zijn als gevolg van:

- het niet correct gebruiken van de grenswaarden;
- tekort aan meetresultaten die kunnen worden vergeleken met de van toepassing zijnde limieten;
- grote fouten in de numerieke waarden van de meetresultaten;
- meetresultaten die niet kunnen worden vergeleken met de grenswaarden.

Met behulp van een spectrometer, dat een **optisch** instrument is dat wordt gebruikt om de eigenschappen van straling te meten in een specifiek gebied van het **elektromagnetisch spectrum**, worden de grootheden als stralingsintensiteit en de golflengte gemeten.

Elk specifiek instrument werkt echter slechts over een klein gedeelte van het stralingsbereik, aangezien verschillende technieken worden gebruikt om verschillende delen van het spectrum te meten.

De traditionele manier om straling in het zichtbare gebied te meten maakt gebruik van lichtmeters ('fotometers'). Deze meten de verlichtingssterkte [lux], de lichtsterkte [cd], de luminantie [cd/m^2] en de flux [lux m]. De spectrale gevoeligheid van de detector moet overeen komen met de gevoeligheid van het menselijk oog om de invloed op de mens te kunnen inschatten. Deze parameters zijn van belang om de verlichting van de werkplaats te controleren, maar zijn nutteloos om de risico's van blootstelling aan kunstmatige optische stralingen te evalueren.

Optometers gaan verder en meten de golflengtes en de verdeling ervan in het zichtbare gebied. Ze meten de flux, de intensiteit, radiantie, illuminantie, irradiantie, het vermogen van een laser, het laser-zwerflicht en zelfs fotosynthetische actieve straling. Deze toestellen zijn draagbaar, compact en gemakkelijk te bedienen.



Optometer (foto gebruikt met toestemming van het bedrijf Gigahertz Optik).

Voor andere straling wordt de vermogensdichtheid [W/m^2], het vermogen [W], de effectieve radiantie [$W/(m^2 \cdot sr)$] en aanverwante gemeten. Deze toestellen werken in bepaalde spectrale gebieden zoals UVA, IRA en ook in het zichtbare gebied.

Voor elk golflengtegebied zijn specifieke meettoestellen beschikbaar. Een toestel voor zowel ultraviolette, zichtbare en infrarode straling bestaat niet. De straling in elk van de gebieden wordt namelijk op een andere manier gemeten.

Er bestaan toestellen voor het VIS-IRA-gebied en voor het UVA- of het UVB- of het UVC-gebied. Zeldzamer zijn de toestellen die een groter bereik hebben. Een breedbandtoestel meet bijvoorbeeld van 250 nm tot 400 nm (UVA, UVB en deel UVC). Ook toestellen die een heel specifieke golflengte hebben (zoals 254 nm voor een kwikstralingsbron) komen voor.



*Toestel 'UV-340' dat ultraviolette straling meet tussen golflengtes
290 nm - 390 nm (UVA/UVB)*

(foto gebruikt met toestemming van het bedrijf Lutron).

Indien geen contact kan worden gemaakt met een voorwerp waarvan de temperatuur moet worden gemeten of indien een zekere afstand moet worden bewaard met het voorwerp, dan wordt gebruik gemaakt van een infrarode stralingsthermometer. Dergelijke thermometers kunnen waarden tussen $-30^{\circ}C$ en $1200^{\circ}C$ meten. Door de correlatie tussen de golflengte, vermogensdichtheid en temperatuur kan deze laatste eenvoudig worden bepaald.

8. Preventiemaatregelen

Collectieve preventiemaatregelen hebben voorrang op persoonlijke beschermingsmiddelen. Deze laatste worden pas gebruikt als de collectieve niet volstaan (Koninklijk Besluit van 13 juni 2005 betreffende persoonlijke beschermingsmiddelen, artikel 4).

9. Wet van 4 augustus 1996 betreffende het welzijn van de werknemers bij de uitoefening van hun werk, hoofdstuk II: algemene beginselen.

De verkleining van risico's van blootstelling aan straling geschiedt met inachtneming van de algemene preventieprincipes.⁹ De risico's van blootstelling aan straling moeten worden geëlimineerd of tot een minimum worden herleid, waarbij rekening wordt gehouden met de technische vooruitgang en de mogelijkheid om maatregelen te nemen om het risico aan de bron te beheersen.

Elimineren van de bron van het gevaar is pas mogelijk als er volwaardige alternatieven zijn. Daarom is het van belang dat bij de keuze van de apparatuur de veiligheids- en gezondheidsaspecten in rekening worden gebracht. Er wordt vanuit gegaan dat de arbeidsmiddelen zodanig zijn ontworpen en beveiligd dat gedurende de normale werking de risico's goed zijn gekend.

Bij overschrijding van de grenswaarden, en op basis van de risicobeoordeling, gaat de werkgever over tot de opstelling en uitvoering van een actieplan dat technische en/of organisatorische maatregelen omvat om blootstelling aan straling die de grenswaarden voor blootstelling (GWB's) overschrijdt, te voorkomen. Dit laatste geldt niet als uit de beoordeling blijkt dat de grenswaarden niet zijn overschreden en dat veiligheidsrisico's kunnen worden uitgesloten.

De werkplekken waar werknemers kunnen worden blootgesteld aan straling die de grenswaarden overschrijdt, worden aangegeven door middel van passende signaleringen. De betrokken zones worden afgebakend en de toegang ertoe wordt beperkt indien dit technisch mogelijk is.

De beschermingsmaatregelen tegen kunstmatige optische straling zijn beperkt tot de ogen en de huid.

Werknemers mogen in geen geval worden blootgesteld aan straling boven de GWB's. Worden die grenswaarden toch overschreden, dan neemt de werkgever onmiddellijk maatregelen om de blootstelling terug te brengen tot onder de grenswaarden. Hij gaat bovendien na waarom de grenswaarden zijn overschreden en past de beschermings- en preventiemaatregelen dienovereenkomstig aan om te voorkomen dat overschrijding opnieuw plaatsvindt.

De werkgever stemt de maatregelen af op de vereisten voor werknemers die een bijzonder risico lopen.

De werkgever zorgt er tevens voor dat de werknemers die aan risico's verbonden aan straling werden blootgesteld en/of hun vertegenwoordigers, alle noodzakelijke voorlichting en opleiding ontvangen in verband met het resultaat van de risicobeoordeling.

8.1 Collectieve beschermingsmaatregelen

De beschermingsmaatregelen moeten in volgende volgorde worden toegepast:

1. Het risico aan de bron zoveel mogelijk verminderen;
2. Met behulp van een afscherming een veiliger (al dan niet afgesloten) omgeving creëren;
3. Een veiligheidsafstand opleggen tussen de werknemer en het toestel dat de straling uitzendt;
4. De blootstellingstijd beperken;
5. P.B.M.'s gebruiken.

Voor kunstmatige ultraviolette straling is een goede voorlichting en instructie van de werknemers noodzakelijk en kunnen volgende materiële maatregelen worden genomen:

- o keuze van de minst gevaarlijke bron, optimale dimensionering en behuizing van de bronnen;
- o tegengaan van reflectie;
- o compartimenteren van werkruimten, waartoe alleen betrokken werknemers toegang hebben. De compartimentering verhindert dat andere werknemers, dan diegene die zich in de ruimte bevinden, worden blootgesteld aan de directe straling. Ter bescherming tegen de meeste types straling kunnen vensters met folies of gecoatete ramen aangewend worden. Deze worden omheen de installatie, of op de glazen afscherming geplaatst. Zo kan veilig van buitenaf worden gevolgd hoe het toestel werkt.

Om de ogen te beschermen tegen de straling komende van warmtestralers die naast de bedoelde warmte (infrarode straling) ook licht geven worden de lampen voorzien van een rood glas. Omgekeerd worden soms ook filters gebruikt die de zichtbare straling volledig onderdrukken zodat alleen het infrarood wordt uitgezonden.

De eerste collectieve beschermingsmaatregel bij lasers is de keuze voor de laser met de minste risico's. Straling in het zichtbare gebied geniet de voorkeur. Enerzijds omdat de werknemer de laserstraal van op afstand kan waarnemen, anderzijds omdat de oogreflex in het zichtbare gebied

een belangrijk gegeven is. Sterke verlichting van de ruimte zorgt voor een kleine pupildiameter en verkleint de kans op netvliesbeschadiging. In een opstelling wordt de laserstraal best ruim boven of onder de ooghoogte geplaatst.

Zowel een noodstop als een visuele signalisatie dat het apparaat aan of uit staat kan noodzakelijk zijn. Indien de laser deel uitmaakt van een vaste opstelling is een omkasting een effectieve manier om risico's te beheersen. De beste omkasting is deze waarin de bundel zelf volledig ingesloten is. Daarenboven is de omgeving waarin het toestel staat van belang. Om laserreflecties te vermijden mag deze ruimte niet reflecterend zijn.

De laser wordt het best gebruikt in een afgesloten ruimte die gemerkt is met een waarschuwingsbord en enkel toegankelijk is voor bevoegde personen. Enkel bevoegde operatoren mogen de laser bedienen. De herstelling en afregeling mag enkel door specialisten gebeuren.

De norm IEC 60825-1 + EN 60825-1 vereist dat lasertoestellen bepaalde ingebouwde veiligheden bevatten en dit afhankelijk van de klasse waartoe ze behoren.

- Elk lasertoestel vereist een beschermende behuizing zodat, als deze behuizing op haar plaats staat, de laserstraling deze van klasse 1 niet overstijgt. Een uitzondering op deze regel wordt gemaakt indien voor het functioneren van het toestel menselijke toegang nodig is. Voor het onderhoud van deze toestellen dient de behuizing op een dergelijke manier te zijn bevestigd dat deze niet kan worden verwijderd zonder het gebruik van gereedschap;
- Elke ruimte, deur of opening naar die ruimte waarin een laser van klasse 3B en 4 staat, moet een vergrendeling hebben die verhindert dat er straling hoger dan klasse 1M of 2M uit de ruimte komt op het moment dat straling van klasse 3B of 4 wordt geproduceerd. Deze vergrendeling mag tijdelijk buitendienst worden gesteld om toe te laten om andere bevoegde personen in de ruimte toe te laten. Op dat moment mag echter geen enkel stralingsrisico zijn;
- De hoofdschakelaar van elke laser van klasse 3B en 4 moet met een sleutel worden bediend. Deze sleutel moet verwijderbaar zijn en de laserstraling mag niet vrijkomen zonder deze sleutel. Indien de laser niet werkt moet de sleutel ook effectief worden verwijderd om inschakeling door onbevoegden te voorkomen. Onder 'sleutel' worden ook andere gelijkaardige systemen verstaan zoals bijvoorbeeld een magnetische kaart;
- Elke laser van klasse 3R met golflengtes lager dan 400 nm en hoger dan 700 nm en elke laser van klasse 3B en 4 geven een auditieve of visuele waarschuwing wanneer het toestel aan staat of als de condensatoren van gepulste lasers worden opgeladen of niet helemaal zijn ontladen. Het waarschuwingsapparaat moet redundant of fail-safe zijn uitgevoerd. De visuele waarschuwing moet zichtbaar zijn doorheen de laserbeschermingsbril. Ook laseropeningen die meer dan twee meter zijn verwijderd van een waarschuwingsapparaat zullen elk op zich moeten worden voorzien van een eigen waarschuwingstoestel. Als meerdere openingen aanwezig zijn waardoor de laserstraal uit het toestel kan treden, dient het waarschuwingsapparaat duidelijk te maken uit welke opening de straling effectief treedt;
- Een veiligheidsschakelaar moet worden aangebracht op de toegangspanelen van de beschermende behuizing indien deze is bestemd voor de toegang tijdens het onderhoud en als verwijdering ervan blootstelling aan laserstraling geeft van het type zoals aangeduid met een X in onderstaande tabel.

Klasse	Toegelaten emissie tijdens of na verwijdering van het toegangspaneel				
	1, 1M	2, 2M	3R	3B	4
1, 1M			X	X	X
2, 2M			X	X	X
3R				X	X
3B				X	X
4				X	X

Veiligheidsschakelaar op het toegangspaneel is noodzakelijk, aangeduid met een X, als tijdens of na de verwijdering van het toegangspaneel van een toestel met een laserklasse uit de kolom straling van de klasse uit de rij vrijkomt (IEC 60825-1 + EN 60825-1).

Een laser die bijvoorbeeld door constructie behoort tot klasse 2M (in de kolom vermeld), zal een veiligheidsschakelaar op het toegangspaneel moeten hebben indien de straling waaraan een persoon kan worden blootgesteld van klasse 3R, 3B of 4 (in de rij vermeld) zou zijn op het moment dat dit toegangspaneel wordt geopend. De veiligheidsschakelaar dient zo te zijn gebouwd dat deze de verwijdering of opening van het paneel verhindert zolang de straling boven de hierboven gestelde limiet is;

- Naast de voedingsschakelaar moeten één of meerdere laserstraalverzwakkers of 'stops' worden voorzien op elke laser van klasse 3B en 4;
- De bedieningsknoppen dienen zo te worden geplaatst dat bij de regeling ervan geen blootstelling aan laserstraling van klasse 3R, 3B of 4 wordt geïnduceerd;
- Bij het gebruik van optische instrumentatie moet worden voorzien in voldoende verzwakking van de laserstraling zodat deze niet hoger is dan deze van klasse 1M;

- Als de beschermende behuizing dergelijke grote afmetingen heeft dat een persoon deze kan binnengaan, dan moet worden voorzien in een toestel zodat deze persoon van binnenin de behuizing de activering van de laserstraling kan verhinderen. Daarenboven zal er automatisch een adequate waarschuwing dienen te worden gegeven, die door de persoon in de behuizing kan worden waargenomen, indien laserstraling aanwezig is van klasse 3R lager dan 400 nm of hoger dan 700 nm of van klasse 3B of 4.

Het is de verantwoordelijkheid van de fabrikant om de lasertoestellen correct te classificeren en de klasse te vermelden op de toestellen. Het is echter de verantwoordelijkheid van de werkgever/koper (met het advies van de preventieadviseur) om bij bestelling, levering en indienststelling na te gaan of aan de bovenstaande bepalingen is voldaan.

8.2 Persoonlijke beschermingsmaatregelen

Indien met collectieve beschermingsmaatregelen de vereiste graad van veiligheid niet wordt bereikt, moeten bijkomende persoonlijke beschermingsmaatregelen worden genomen.

Het K.B. stelt dat de nodige P.B.M.'s dienen te worden aangewend bij alle kunstmatige optische straling die een gevaar kan zijn. Zo moet voor infrarode straling hittebestendige kledij worden gedragen en voor ultraviolette straling dient te worden geëvalueerd of naast de gebruikelijke veiligheidsbril ook een gelaatsscherm nodig kan zijn indien de huid zou kunnen worden blootgesteld.

Elke soort straling vereist een andere bril. Brillen zwakken de straling af tot een aanvaardbaar niveau beneden de GWB. Uit tabellen (uit de normen) of berekening kan met kennis van de golflengte(gebieden) en het vermogen van de straling de noodzakelijke bril worden bepaald.

Onderscheid wordt gemaakt tussen continue blootstelling en accidentele waarbij de blootstellingsduur beperkt is.

De golflengte(gebieden) en het rangnummer (die de verzwakking met een bepaalde factor bepaalt) moeten op duurzame wijze zijn gemerkt op de beschermingsfilters en -brillen. Verder moet het identificatiemerk van de fabrikant en het nationaal controlemerk zijn aangebracht. In de praktijk worden op de brillen het rangnummer en/of de optische dichtheid aangeduid.

Rangnummer	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
Verzwakking met factor	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰
Optische dichtheid	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

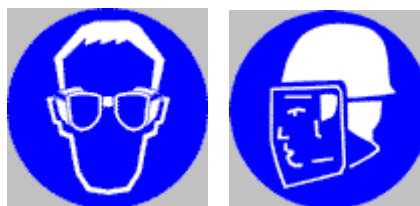
Rangnummer en optische dichtheid als functie van de verzwakking van de straling

In de norm NBN S06-005 wordt in tabelvorm weergegeven wat het vereiste rangnummer is in functie van het golflengtegebied, van de vermogensdensiteit (of maximale energiedensiteit) en het laser-type. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen accidentele blootstelling (waarbij wordt verondersteld dat de blootstellingsduur beperkt is), en continue blootstelling.

Daarenboven moeten de brillen voldoen aan andere criteria zoals hittebestendigheid, mechanische sterkte, comforteisen, onbrandbaarheid, doorlatingsfactor in het zichtbare gebied, stabiliteit, optische toleranties, gezichtsveld,

Veiligheidsbrillen gaan in ideale omstandigheden 6 maanden mee. Afwijkingen hierop staan vermeld in de specifieke instructienota's van de fabrikant. Deze nota's geven eveneens weer of de slagvastheid van de bril minimaal of verhoogd is, of de slagvastheid geldt bij lage, matige of hoge energie. De symbolen voor de toepassingsgebieden zijn ook in de nota en op de bril opgenomen. Indien geen code is vermeld, zijn de brillen toepasbaar voor basisdoeleinden zoals 'onbepaalde mechanische risico's en risico's veroorzaakt door ultraviolette, zichtbare, infrarode en zonnestrallen'.

De nodige signaleringsborden dienen te worden aangebracht op de deuren die toegang geven tot de ruimten waar straling een gevaar kan zijn, en op de toestellen zelf. Het gebodsbord 'oogbescherming verplicht' of 'gelaatsbescherming verplicht' moet worden aangebracht bij de toegang tot de ruimten of de werkposten zelf waar deze verplichting geldt.



Gebodsborden 'oogbescherming verplicht' en 'gelaatsbescherming verplicht', K.B. 17 juni 1997, veiligheids- en gezondheidssignalering op het werk.

De instructienota's zijn onder andere opgesteld volgens de normen:

- EN 166: specificaties voor persoonlijke oogbescherming: basiseisen voor alle oog- en gelaatsbeschermingsmiddelen uitgezonderd laser-, nucleaire-, röntgen- en lage temperatuur infrarode straling;
- EN 169: persoonlijke oogbescherming met filters voor lassen en aanverwante technieken
- EN 170: ultraviolette filters;
- EN 171: infrarode filters;
- EN 172: specificaties voor zonlichtfilters tegen verblinding door heel fel licht gebruikt in persoonlijke oogbeschermers voor industriële toepassingen.

De meeste brillen zijn uit polycarbonaat gemaakt. Ook verhard glas en CR 39 (allyl diglycol carbonaat) worden gebruikt. Maar glas laat UVA-straling door. Polycarbonaat stopt bijna alle ultraviolette straling.

Bij lassen dient een lasbril te worden gebruikt. Deze is speciaal hiervoor ontworpen en bestaat uit dydimium. Ook gelaatsbeschermers worden aangewend bij elektrisch lassen. De meer recente schermen hebben een sensor die een signaal geeft naar de filter in het gelaatscherm om de doorlaatbaarheid ervan tijdens het lassen sterk en onmiddellijk te beperken.

Om infrarode straling tegen te houden zijn brillen of gelaatsmaskers en eventueel kledij nodig die specifiek daarvoor zijn gemaakt. De gelaatsmaskers voor werkzaamheden met blootstelling aan infrarode straling zijn uit een metalen gaas vervaardigd. In plaats van een metalen gaas kan ook een gelaatsscherm met een gecoate goudfolie worden gebruikt. In gelaatsbeschermers tegen infrarode straling worden ook met cobalt geïmpregneerde blauwe glazen gebruikt. Deze houden bijzonder veel straling tegen maar vertekenen de natuurlijke kleuren.

Voor laserstraling van klasse 3B en 4 is gepaste oogbescherming nodig. De normen voor deze oogbescherming zijn:

- EN 207, filters en oogbeschermers tegen laserstralingen;
- EN 208, beschermingsbrillen voor bijstelwerk op lasers en op laserstelsels;
- EN 60825-1, vereiste optische bescherming.

Deze laserbrillen zwakken de invallende straling af tot beneden de maximale toegelaten blootstelling. Ze moeten echter een zo normaal mogelijk zicht toelaten met een minimale vervorming van de kleuren. Voor de verschillende golflengtegebieden zijn andere types veiligheidsbrillen beschikbaar. De keuze van een bril is eenvoudig voor een laser met een straling met vaste frequentie. Indien verschillende lasers worden gebruikt of een laser met variabele frequenties wordt het moeilijker. Soms worden de veiligheidsbrillen gerelateerd aan het type laser. In feite zijn de brillen gefabriceerd voor een welbepaalde golflengte of golflengtegebied en niet specifiek voor een bepaald lasertoestel. In tabellen wordt de geschikte laserbril gevonden, uitgaande van de gegevens van het type laser en de bijbehorende golflengte. Het type bril, de doorlaatbaarheid van de filter en de zichtbaarheid door de bril volgen hieruit.

Extreme opletendheid dient in acht genomen te worden voor brillen die als 'laserbrillen' worden verkocht. Er zijn namelijk laserbrillen die beschermen tegen laserstralen en dus inderdaad veiligheidsbrillen zijn. Maar ook brillen, die helpen in het (beter) zichtbaar maken van de laserstraal door verhoogd contrast, worden laserbrillen genoemd. Deze laatste bieden geen bescherming.

Beschermkledij en handschoenen zijn noodzakelijk bij het gebruik van hoge vermogenslasers. De kledij moet onbrandbaar zijn en enige tijd kunnen weerstaan aan de laserstraal.

Als uitgangspunt voor het nemen van preventiemaatregelen tegen kunstmatig optische straling in het ultraviolette gebied kan de bescherming tegen de ultraviolette (natuurlijke) zonnestraling worden beschouwd. De beste manier om de huid te beschermen tegen de blootstelling aan ultraviolette straling van de zon is het dragen van beschermende kledij. Zo is losse kledij met een strak geweven stof aangewezen. Het hoofd en de nek kunnen het best worden beschermd met een hoed met brede rand. Wanneer de huid onbedekt blijft, moet een zonnebrandolie met minstens een beschermende factor 15 regelmatig en overvloedig worden aangebracht. Om de ogen te beschermen is een beschermende bril met zijranden noodzakelijk. Een bril die de ogen volledig rondom afsluit is de enige mogelijkheid om perifere straling te vermijden.

Aangepaste ademhalingsbescherming moet worden gedragen indien rook of damp vrijkomt bij het gebruik van de laser. Dit komt veel voor in de chirurgie.

9. Informatie en vorming

De werkgever zorgt er voor dat de werknemers alle noodzakelijke informatie en vorming ontvangen, in het bijzonder betreffende:

- De grenswaarden voor blootstelling en de gerelateerde potentiële gevaren;
- De resultaten van de uitgevoerde beoordeling, meting en/of berekening van blootstellingsniveaus, samen met een toelichting bij de betekenis en potentiële gevaren;
- De maatregelen die zijn genomen om de risico's te beperken;
- De wijze waarop schadelijke effecten van blootstelling voor de gezondheid moeten worden opgespoord en gemeld;
- De omstandigheden waarin de werknemers recht hebben op gezondheidstoezicht;
- Veilige werkmethoden om de risico's te beperken;
- Het ter beschikking stellen van de correcte persoonlijke beschermingsmiddelen;
- Het goed gebruik van passende persoonlijke beschermingsmiddelen.

De werknemers moeten een opleiding krijgen om de toestellen veilig in normale omstandigheden te kunnen gebruiken, te weten wat de risico's zijn en de collectieve en persoonlijke beschermingsmaatregelen te kennen en te kunnen toepassen. (K.B. van 13 juni 2005 betreffende het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen).

Toezicht van de hiërarchische lijn is een belangrijk onderdeel van de ketting tot het bekomen van een veilige werkomgeving.

In geval van abnormale werking of onderhoud moeten de werknemers weten wat te doen om de veiligheid van zichzelf en de anderen te kunnen garanderen. De eventueel bijkomende beschermingsmaatregelen moeten worden toegepast. Schriftelijke instructies dienen ook hiervoor te bestaan. (K.B. van 12 augustus 1993 betreffende de arbeidsmiddelen).

De werknemers moeten de opschriften en waarschuwingsborden begrijpen en opvolgen.

Het periodiek herhalen van deze opleiding en instructies is noodzakelijk. Zowel omdat nieuwe werknemers de gevaren moeten kennen maar ook omdat ervaren werknemers na een zekere tijd nonchalant zouden kunnen omgaan met de gevaren omdat tot dat ogenblik nog geen incidenten zijn voorgekomen.

10. Gezondheidstoezicht en beroepsziekten

Werknemers die een gezondheidsrisico lopen ten gevolge van blootstelling aan kunstmatige optische straling zijn verplicht onderworpen aan gezondheidstoezicht door de arbeidsgeneesheer. In praktijk wil dit zeggen dat werknemers die activiteiten uitvoeren waarbij de grenswaarde kan overschreden worden hier onder vallen. Het doel van dit gezondheidstoezicht is de preventie (geschiktheid nagaan) en vroegtijdige diagnose van iedere aandoening die het gevolg is van de blootstelling aan kunstmatige optische straling.

De arbeidsgeneesheer moet beproefde technieken toepassen om de gezondheidseffecten op te sporen. Aangezien er geen zinvolle screening is voor de langetermijn effecten zal het onderzoek vooral gefocust zijn op bevraging en vaststelling van klachten, incidenten en letsels en het opsporen van contra-indicaties.

Het onderzoek moet plaatsvinden bij aanwerving, jaarlijks en na 4 weken afwezigheid wegens ziekte of ongeval. Daarnaast moet de werknemer ook door de arbeidsgeneesheer onderzocht worden elke keer er een blootstelling boven de grenswaarde wordt vastgesteld. Wanneer bij een werknemer gezondheidseffecten veroorzaakt zijn door kunstmatige optische straling dienen zijn collega's ook op onderzoek te gaan bij de arbeidsgeneesheer.

Wanneer een arbeidsgeneesheer schadelijke effecten veroorzaakt door kunstmatige optische straling vaststelt bij een werknemer dienen volgende zaken gedaan te worden:

1. De arbeidsgeneesheer brengt de werknemer op de hoogte en geeft hem informatie en advies.
2. De arbeidsgeneesheer
 - brengt de werkgever op de hoogte dat er een probleem is met de blootstelling aan kunstmatige optische straling. Hij moet hierbij rekening houden met het beroepsgeheim;
 - geeft een advies in verband met de te nemen maatregelen;
 - geeft een advies over de noodzaak om andere blootgestelde personen aan een gezondheidstoezicht te onderwerpen.
3. De werkgever herziet de risicobeoordeling.
4. De werkgever herziet de maatregelen.
5. De werkgever houdt bij het nemen van de maatregelen rekening met het advies van de arbeidsgeneesheer of van een ander ter zake voldoende gekwalificeerde persoon.
6. Eventueel is er gezondheidstoezicht van andere werknemers door arbeidsgeneesheer.
7. Eventueel is er voortgezet onderzoek van het slachtoffer door de arbeidsgeneesheer.

Sommige werknemers zijn meer gevoelig voor kunstmatige optische straling. Het kan zijn dat deze personen niet geschikt zijn om bepaalde activiteiten met blootstelling uit te voeren. Het is de taak van de arbeidsgeneesheer na te gaan of de werknemers gezien hun gezondheidstoestand de risico's kunnen dragen. Volgende ziekten kunnen een probleem vormen en zijn dus mogelijke contra-indicaties voor blootstelling:

- Bestaande ziekten die verergeren door blootstelling aan UV (lupus ED, porfyrie, lentiginose, xeroderma pigmentosum, vroeger melanoom);
- Gebruik van stoffen die fotodermatosen veroorzaken;
- Organische en functionele oogafwijkingen (retinopathie, afakie, geen pupilreflex, geen oogsluitreflex, fotofobie, overgevoeligheid voor flinkerend licht);
- Migraine met lichtovergevoeligheid.

Het Fonds voor de Beroepsziekten erkent één beroepsziekte veroorzaakt door optische straling zijnde "staar veroorzaakt door warmtestralen" (code 1.602). In 2009 waren er 26 mannen en 1 vrouw bij wie de cataract erkend was als beroepsziekte met blijvende ongeschiktheid. Bij 19 personen was de graad van ongeschiktheid lager dan 30 %.

1	2	CHECKLIST KUNSTMATIGE OPTISCHE STRALING	3	4	5
		ALGEMEEN			
		Is duidelijk aangegeven dat het gevaar van de straling bestaat ?			
		Zijn waarschuwingsborden aangebracht op het toestel en in de werkruimte ?			
		Of, indien van toepassing, op de deur naar de werkruimte waar het toestel staat ?			
		Is de werkruimte een afgesloten ruimte ?			
		Zijn de opschriften en waarschuwingen duidelijk ?			
		Is er een constant bewustzijn van gevaar aanwezig bij het werken met stralingsbronnen?			
		Zijn de (voor de gebruikte golflengte en vermogensdichtheid) correcte collectieve en persoonlijke beschermingsmiddelen voorzien ?			
		Worden de collectieve en persoonlijke beschermingsmiddelen effectief gebruikt ?			
		Zijn de bedieningsinstructies aanwezig op of in de buurt van het toestel ?			
		Worden de bedieningsinstructies gevolgd ?			
		Is de handleiding aanwezig in de buurt van het toestel ?			
		Is de ruimte reflecterend ?			
		Is er een werkende noodstop aanwezig ?			
		Is er een visuele signalisatie aanwezig dat het toestel aan/uit staat ?			
		Bedient enkel bevoegd personeel de apparatuur ?			
		Houdt men er rekening mee dat verschillende apparaten op het zelfde moment straling kunnen uitzenden ?			
		Is de ruimte gecompartmenteerd bij gebruik van verschillende toestellen ?			
		Wordt de preventieadviseur betrokken bij de aankoop van de stralingsbronnen ?			
		Hebben de werknemers die met de toestellen werken een voorafgaandelijk en nadien periodiek oogonderzoek ondergaan ?			
		Krijgen de werknemers voorafgaandelijk schriftelijke gebruiksinstructies ?			
		Is er een meldingssysteem aanwezig om de slechte werking van toestellen door te geven ?			
		Zijn er al meldingen van incidenten/ongevallen met het toestel ?			
1	2	CHECKLIST KUNSTMATIGE OPTISCHE STRALING	3	4	5
		LASER			
		Is elke laser correct geclassificeerd ?			
		Is op elke laser een etiket aangebracht met daarop het soort laser, de klasse en het bundelvermogen ?			
		Zijn de laserklassen door de werknemers gekend ?			
		Kan de laser alleen met een sleutelschakelaar worden aangezet ?			
		Is de laser zo gebouwd, dat na uitvallen, door welke oorzaak dan ook, deze alleen met de sleutelschakelaar weer in werking kan worden gezet ?			
		Is de laser uitgerust met een indicatielampje als in de laser een bundel wordt opgewekt ?			
		Kan de laserstraal nooit naar een persoon worden gericht ?			
		Is de straal zichtbaar ?			
		Kan nooit in de straal worden gekeken ?			
		Kan nooit in een gereflecteerde, gefocusseerde,...straal worden gekeken ?			
		Hebben de werknemers geen objecten in of aan de handen (juwelen, uurwerk,...) die de straal kunnen reflecteren ?			
		Kan de laserstraal de opstelling nooit verlaten, behalve gecontroleerd ?			
		Is de straal altijd parallel met de tafel van de opstelling ?			
		Is de straal altijd beneden het oogniveau (staand of zittend) ?			
		Doen werknemers de ogen dicht om iets van de grond op te rapen ?			
		Zijn de lichten in de ruimtes aan tijdens het werken met de laser ?			
		Is er een hoogspanningswaarschuwingsbord aangebracht ?			

Bijlage 2: Normen

Artikel 7 van het koninklijk besluit van 22 april 2010 betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van kunstmatige optische straling op het werk zegt "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."

Hier vindt u de lijst van de normen die essentieel zijn voor de toepassing van dit artikel 7 en ook de normen die betrekking hebben op de persoonlijke en collectieve bescherming.

Europese normen

EN 169: 2002 Personal eye-protection - Filters for welding and related techniques - Transmittance requirements and recommended use

EN 170: 2002 Personal eye-protection - Ultraviolet filters - Transmittance requirements and recommended use

EN 171: 2002 Personal eye-protection - Infrared filters - Transmittance requirements and recommended use

EN 175: 1997 Personal protection - Equipment for eye and face protection during welding and allied processes

EN 207: 2009 Personal eye-protection equipment - Filters and eye-protectors against laser radiation (laser eye-protectors)

EN 208: 2009 Personal eye-protection - Eye-protectors for adjustment work on lasers and laser systems (laser adjustment eye-protectors)

EN 379: 2003 + A1: 2009 Personal eye-protection - Automatic welding filters

EN 1598: 1997 + A1:2001 Health and safety in welding and allied processes - Transparent welding curtains, strips and screens for arc welding processes

EN ISO 11145: 2008 Optics and photonics - Lasers and laser-related equipment - Vocabulary and symbols (ISO 11145: 2006)

EN ISO 11553-1: 2008 Safety of machinery - Laser processing machines - Part 1: General safety requirements (ISO 11553-1: 2005)

EN ISO 11553-2: 2008 Safety of machinery - Laser processing machines - Part 2: Safety requirements for hand-held laser processing devices (ISO 11553-2: 2007)

EN 12254: 2010 Screens for laser working places - Safety requirements and testing

EN 14255-1: 2005 Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation - Part 1: Ultraviolet radiation emitted by artificial sources in the workplace

EN 14255-2: 2005 Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation - Part 2: Visible and infrared radiation emitted by artificial sources in the workplace

EN 14255-4: 2006 Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation - Part 4: Terminology and quantities used in UV-, visible and IR-exposure measurements

EN 61040: 1993 Power and energy measuring detectors, instruments, and equipment for laser radiation

CLC/TR 50488: 2005 Guide to levels of competence required in laser safety

ISO, IEC en CIE

IEC 60825-1 (Ed. 2.0): 2007 Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements

IEC 60825-2 (Ed. 3.1): 2007 Safety of laser products - Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)

IEC/TR 60825-3 (Ed. 2.0): 2008 Safety of laser products - Part 3: Guidance for laser displays and shows

IEC 60825-4 (Ed. 2.0): 2006 + A1: 2008 Safety of laser products - Part 4: Laser guards

IEC/TR 60825-5 (Ed. 2.0): 2003 Safety of laser products - Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1

IEC/TR 60825-8: 2006 Safety of laser products - Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans

IEC 60825-12 (Ed. 1.0): 2004 Safety of laser products - Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information

IEC/TR 60825-13: 2006 Safety of laser products - Part 13: Measurements for classification of laser products

IEC/TR 60825-14: 2004 Safety of laser products - Part 14: A user's guide

IEC 62471: 2006 Photobiological safety of lamps and lamp systems

ISO 17166/CIE S 007/E: 1999: Joint ISO/CIE Standard: Erythema reference action spectrum and standard erythema dose

ISO 28077/CIE S 019/E: 2006: Joint ISO/CIE Standard: Photocarcinogenesis action spectrum (non-melanoma skin cancers)



Federale Overheidsdienst
Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg
Ernest Blerotstraat 1 - 1070 Brussel
www.werk.belgie.be
