

Beoordelen en beheersen van risico's in arbeidssituaties

Optische Straling

Wendel Post

Geregistreerd arbeidshygiënist

Paul Beumer

Senior Expert Veiligheidskunde/arbeidshygiëne

Christian Schumacher

Arbeidshygiënist

Steven Van Cauwenberghe

Stralingsdeskundige

© Arbo Unie B.V., mei 2011

Arbo Unie rapport

Aantal pagina's

Aantal bijlagen

Opdrachtgever

Arbo Unie Projectnaam

Arbo Unie Projectnummer

Brochure Optische Straling, mei 2011

51

2

Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid,

Directie Gezond en Veilig Werken

SZW - Brochure Optische Straling

SZW.600613.98521

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1.	Optische straling	4
1.2.	Scope van de brochure	4
2.	Wat is optische straling?	5
2.1.	Spectrum optische straling	5
2.2.	Coherente en niet-coherente straling	7
3.	Waar komt optische straling voor?	7
4.	Gezondheidsrisico's van optische straling	10
4.1.	Risico voor de ogen en de huid	10
4.2.	Verhoogde fotosensitiviteit	16
5.	De grenswaarden voor optische straling	18
5.1.	Arbobesluit	18
5.2.	Grenswaarden voor blootstelling aan niet-coherente straling	19
5.3.	Grenswaarden voor blootstelling aan coherente straling (laserstraling)	19
6.	Verplichtingen voor de werkgever	20
6.1.	Bepalen van de blootstelling en risicobeoordeling	20
6.2.	Nemen van maatregelen om risico's te voorkomen of te verminderen	21
6.3.	Voorlichting en opleiding van werknemers	21
6.4.	Rol van de werknemers(vertegenwoordiging)	22
6.5.	Gezondheidskundig onderzoek	22
7.	RI&E optische straling	24
7.1.	Inventarisatie optische stralingsbronnen	24
7.2.	Gegevens van de fabrikant of leverancier	24
7.3.	Vaststellen noodzaak nadere beoordeling	25
7.4.	Gedetailleerde risicobeoordeling	33
7.5.	Metingen	34
7.6.	Enkele praktijkvoorbeelden van de risicobeoordeling	34
8.	Beheersmaatregelen	37
8.1.	Arbeidshygiënische strategie	37
8.2.	Bronmaatregelen	38
8.3.	Collectieve maatregelen	38
8.4.	Individuele maatregelen	39
8.5.	Persoonlijke beschermingsmiddelen	41

9.	De rol van de Arbeidsinspectie	44
10.	Informatiebronnen	45
11.	Bijlagen	46

1. Inleiding

1.1. Optische straling

Alle werknemers worden blootgesteld aan een vorm van kunstmatige optische straling. Zowel binnen als buitenshuis is er een grote verscheidenheid aan kunstmatige optische stralingsbronnen. Dit zijn bijvoorbeeld lampen om de omgeving of de taak te verlichten, verlichte displays en indicatorlampjes. De meeste bronnen zijn essentieel voor het uitvoeren van de taak en het welzijn van de medewerker. Voldoende licht is noodzakelijk om goed te kunnen functioneren. Kunstmatige optische straling vraagt daarom om een andere aanpak dan andere gevaren in het werk. Een aanpak gericht op het minimaliseren van de kunstmatige optische straling kan leiden tot een hoger risico door andere gevaren op het werk. Denk maar aan wat er gebeurt als op de werkplek de verlichting uitgaat.

De overgrote meerderheid aan situaties waarbij werknemers worden blootgesteld aan kunstmatige bronnen van optische straling betreft normale algemene verlichting. Hierbij is een nadere beoordeling van de risico's overbodig. In sommige gevallen kunnen werknemers tijdens hun werk aan teveel optische straling blootstaan waardoor ogen en/of huid beschadigd kunnen raken. Dan kunnen bronnen van optische straling wel schadelijk zijn voor de gezondheid van de werknemers. In die gevallen moeten de risico's worden beoordeeld en zo nodig maatregelen worden getroffen om de risico's te beheersen.

Deze brochure helpt u te beoordelen of de genomen maatregelen in uw bedrijf voldoende zijn of dat u meer moet doen. Het uitgangspunt van de brochure is dat u de beoordeling richt op die bronnen waarbij een risico op een verhoogde blootstelling bestaat, zonder dat u daarbij alle andere bronnen moet beoordelen die, onder normale omstandigheden, geen gevaren voor de gezondheid vormen.

1.2. Scope van de brochure

Deze brochure is bestemd voor alle organisaties waar werknemers blootgesteld kunnen worden aan kunstmatige optische straling. Hetzij door de bewuste toepassing van optische straling, hetzij door vrijkomen van optische straling als bijproduct of bij mankementen of storingen. Deze brochure is vooral bedoeld als een praktische vertaling van de Europese Richtlijn over de

risico's van Kunstmatige Optische Straling voor de werkende mens, waarnaar het Arbobesluit verwijst (hoofdstuk 6, afdeling 4a, artikelen 6.12a-6.12g). De brochure handelt alleen over de stralingsrisico's van optische stralingsbronnen. Andere risico's, zoals elektrische gevaren, geluidsoverlast, gebruik van chemische stoffen, brandgevaar, vallen buiten de scope van de brochure.

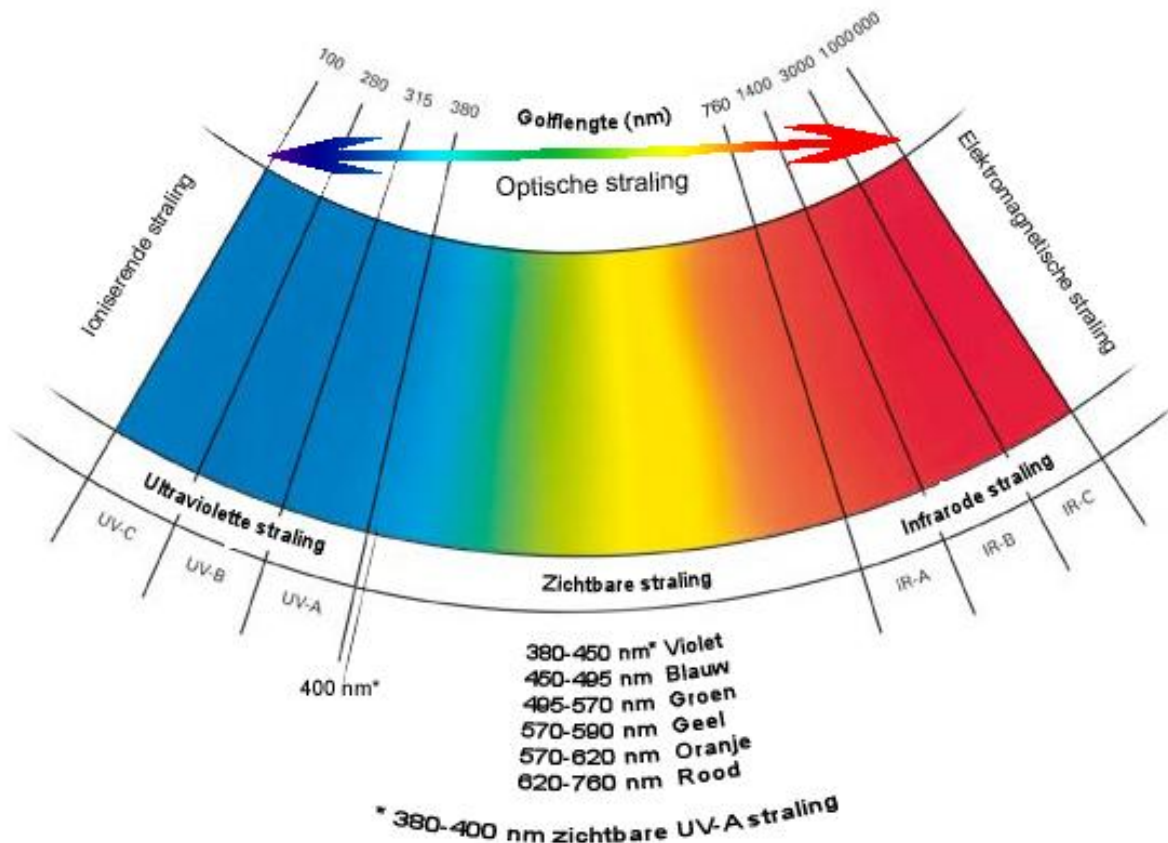
Natuurlijke optische straling, zoals straling van de zon en vulkanische uitbarstingen, vallen niet binnen de scope van de Europese richtlijn. Echter, straling van de zon vormt bij veel werk een belangrijk risico en valt wel onder de strekking van de Arbowet- en regelgeving.

2. Wat is optische straling?

2.1. Spectrum optische straling

Optische straling omvat een klein gedeelte van het gehele spectrum aan elektromagnetische golven. Het ligt tussen de golflengtes van 100 nanometer (nm) tot 1 millimeter (mm). Door deze golflengte valt optische straling onder niet-ioniserende straling. Niet-ioniserend wil zeggen dat de straling te weinig energie heeft om atomen elektrisch te laden.

Het spectrum van optische straling wordt onderverdeeld in een gebied van ultraviolette straling (UV), zichtbare straling (VIS) en infrarode straling (IR). Ultraviolette en infrarode straling worden verder onderverdeeld in UV-C, UV-B, UV-A en in IR-A, IR-B en IR-C. Figuur 1 geeft de grenzen aan van de soorten straling binnen het spectrum voor optische straling.



Figuur 1 - Overzicht spectrum optische straling (niet op schaal)

Het oog laat straling door met golflengtes van 380 tot 1.400 nm. Dit omvat dus het zichtbare gebied (380 tot 760 nm), het zichtbare deel van de UV-A straling (380 tot 400 nm) en alle IR-A straling. Dit zichtbare spectrum overlapt met het zogeheten blauwlichtrisico. Dit is het risico verbonden aan straling van 300 tot 700 nm, dus delen van het UV-B, alle UV-A en de meeste van de zichtbare straling.

De optische straling wordt geabsorbeerd door de bovenste lagen van de huid. Dieper gelegen weefsel heeft weinig kans te worden beschadigd omdat de inwendige organen niet worden bereikt door de straling. (Zie Figuur 3 - Indringing optische straling in oog en huid op pagina 10.)

2.2. Coherente en niet-coherente straling

Binnen optische straling wordt verschil gemaakt tussen niet-coherente en coherente straling. Figuur 2 geeft een visuele weergave van het verschil tussen niet-coherente en coherente straling.



Figuur 2 - Verschil niet-coherente en coherente (laser) straling

In de rechterafbeelding staat een afbeelding van coherente straling. Hier lopen de pieken en dalen van de stralingsgolven gelijk, zijn in fase. De straling is monochromatisch (van één golflengte – en in geval van zichtbare straling, van dezelfde kleur).

De straling van een laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) is coherente straling. Laserstraling is coherente straling met een hoog vermogen in een klein oppervlak: de bundel waaiert nauwelijks uit bij toenemende afstand.

De eenvoudigste definitie van niet-coherente straling is optische straling die geen laserstraling is. Schematisch is dit weergegeven in de linker afbeelding. Het is straling, zoals die van een gloeilamp, die zichtbare straling in vele golflengten (in geval van zichtbare straling: kleuren) en in alle richtingen uitstraalt (uitwaaiëren van de lichtbundel, ook wel divergeren genoemd).

Het onderscheid tussen coherente en niet-coherente straling is van belang, omdat er een belangrijk onderscheid is wat betreft risico's voor veiligheid en gezondheid. Daarom is er ook in de wetgeving en grenswaarden onderscheid gemaakt in coherente en niet-coherente straling.

3. Waar komt optische straling voor?

Het is vrijwel onmogelijk een beroep te vinden waar geen blootstelling aan kunstmatige optische straling voorkomt. Iedereen die binnenshuis werkt wordt blootgesteld aan optische straling. Bijvoorbeeld van verlichting, televisie- of computerschermen. Werknemers die buiten werken kunnen blootgesteld worden aan kunstlicht, wanneer de natuurlijke verlichting buiten niet toereikend is. Medewerkers die gedurende werktijd onderweg zijn worden zeer waarschijnlijk

blootgesteld aan kunstmatige optische straling, ook al is dat hoofdzakelijk ten gevolge van auto- en motorlampen.

Naast de altijd aanwezige bronnen kan optische straling bedoeld of onbedoeld bij bedrijfsprocessen geproduceerd worden. Bijvoorbeeld het gebruik van UV-straling bij de winning van drinkwater is een bedoelde toepassing van optische straling. Het ontstaan van UV-straling bij booglassen daarentegen is onbedoeld, maar onvermijdelijk.

Daarnaast is er de natuurlijke optische straling van de zon die in allerlei beroepen (vooral bij buitenwerk) een belangrijk risico voor de gezondheid kan betekenen.

Optische straling is dus in vrijwel elke werkomgeving aanwezig. Tabel 1 geeft een overzicht van branches en activiteiten waarbij optische straling vrijkomt. In de tabel wordt onderscheid gemaakt naar de toepassing van bedoelde optische straling en onbedoeld vrijkomende optische straling als bijproduct of bij gebreken, zoals ontbreken van filters. Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat onderstaande lijst niet uitputtend is.

Tabel 1. OVERZICHT VAN OPTISCHE STRALING BIJ VERSCHILLENDE BRANCHES EN ACTIVITEITEN

Branche	Activiteit	Doelbewust	Bijproduct
Algemeen	Omgevings- en taakverlichting	VIS	IR tot UV
	Bewakingsverlichting	IR-A	
	Projectie	VIS	UV
	Televisie en computerschermen	VIS	
	Fotokopiëren	VIS	
	Verhitten/drogen	IR	VIS
Consumenten	Bruiningsapparatuur	UV-B, UV-C	
	Cosmetische behandeling	UV	
	Verlichting van reptielenterraria (lamp met enige UV-B productie)	UV	UV-B
	IR-sauna's	IR	
	Display en mededelingborden	LED's	
	Straalkachels, halogeenkookplaten etc.	IR	
Detailhandel, groothandel, magazijnen	Veelal grote open ruimtes met sterke omgevingsverlichting	VIS	IR tot UV
	Fluorescentie (vals geld detectie)	UV-A	
	Barcode scanners	Laser, LED	
Gezondheidszorg	Fototherapie bij bepaalde huidziekten	UV	
	Diagnose m.b.v. fluorescentie	UV	
	Fluorescentie-microscopie aan micro-organismen	UV	
	Spotverlichting in de operatie- en behandelkamer	VIS	
	Blue-light therapie	VIS	
	Haar- en spatader verwijderen	VIS, IR-A	
	Verlichting van spierpijn etc. met IR-lamp	IR	

Branche	Activiteit	Doelbewust	Bijproduct
Industrie	Fysiotherapie en hyperthermiebehandelingen	IR	
	Fotochemisch uitharden van lijmen, lakken en drukinkten	UV-A	UV-B, UV-C
	Desinfectie van lucht en water	UV	
	Desinfectie van oppervlakten (ook van voedselproducten)	UV	
	Processtappen bij halfgeleider- en printplaat fabricage	UV	
	Lokken van insecten	UV-A, VIS	
	Het laten oplichten van fluorescerende stoffen, bv. bij niet-destructief onderzoek	UV	
	Lasprocessen		UV, VIS, IR
	Verdroomtunnels en verdroomcabines (bv autospuiterijen)	IR	
	Blazen van PET-flessen		IR
	Thermoplastisch vormen van plastics	IR	
	Halfgeleiderfabricage processtappen	IR	
	Verwarming en op temperatuur houden van voedsel	IR	
	Papierdroging in papierfabrieken	IR	
	Droging van lakken en drukinkten	IR	
	Voorverwarming van hout voor het lakken	IR	
	Hitte-sterilisatie	IR	
	Verzachten of smelten van plastics	IR	
	Broedmachines	IR	
	Hete processen, zoals glas- en metaalsmelterijen		IR
	Bacteriële sterilisatie	UV-C	UV-A, UV-B
Kunst- en amusementssector	Blacklight	UV	
	Spotlights, lichteffecten en flitslampen	VIS	
	Lasershow's	Laser	

Laserstraling kan het hele spectrum omvatten, van UV tot IR. Datzelfde geldt voor licht emitterende dioden (kortweg LED's). Typisch voor LED's is een redelijk monochrome en redelijke nauwe bundel. De bundel divergeert echter veel meer dan een laserbundel. LED's moeten daarom als niet-coherente stralingsbronnen worden beoordeeld. Voort de meeste LED's worden ingezet voor signaleringsdoeleinden. Bijvoorbeeld op apparatuur of elektronische borden voor mededelingen. Daarnaast zijn algemene verlichtingstoepassingen met witte LED's sterk in opkomst. IR-LED's worden veel toegepast in afstandsbedieningen. Bij dit soort toepassingen worden de LED's gepulst (hoger piekvermogen in korte pulsen), maar heeft de bundel een grote spreidingshoek zodat de gebruiker niet zo kritisch hoeft te richten. Deze toepassingen zijn zodanig ontworpen dat ze geen gevaar opleveren.

De verwachting is dat de ontwikkeling en toepassing van LED's de komende jaren een flinke vlucht gaan nemen. Bijvoorbeeld LED's in de glastuinbouw, kantoorverlichting, powerLED's in zaklampen etc.

4. Gezondheidsrisico's van optische straling

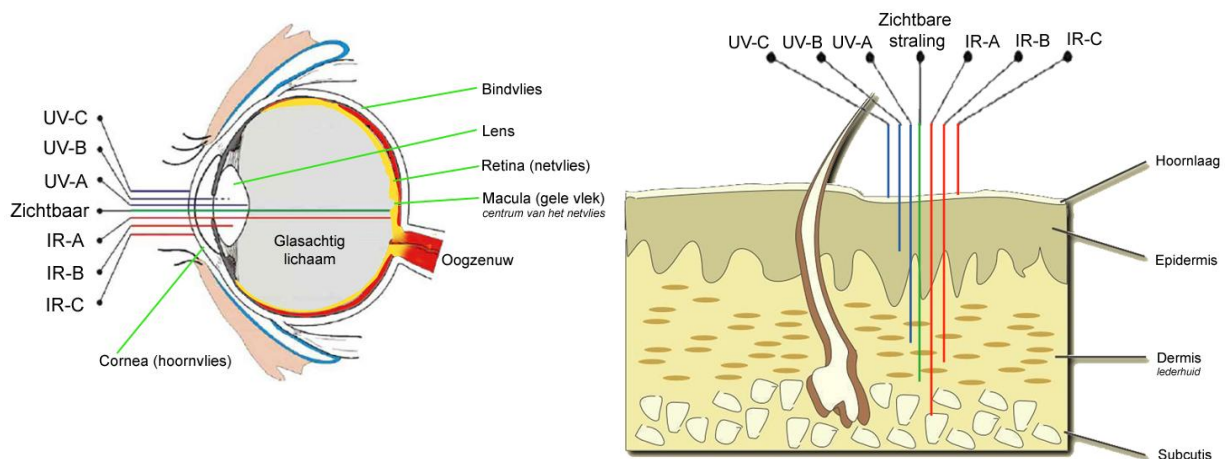
4.1. Risico voor de ogen en de huid

Optische straling wordt door de buitenste lagen van het lichaam geabsorbeerd. De biologische effecten van optische straling zijn daarom beperkt tot huid en ogen. De inwendige organen worden niet bereikt door de optische straling.

Bij de biologische effecten van optische straling wordt onderscheid gemaakt tussen acute effecten en chronische effecten. In het algemeen treden de acute effecten alleen op wanneer de blootstelling hoger is dan een bepaalde drempelwaarde. Die drempelwaarde verschilt per persoon. Een hogere blootstelling resulteert dus niet noodzakelijkerwijs in een acuut effect op ogen of huid. Wel neemt het risico op een acuut effect toe naarmate de blootstelling hoger is.

Chronische effecten treden op bij langdurige en/of herhaalde blootstelling over een lange periode. Hierbij is doorgaans geen drempelwaarde vast te stellen waarbij chronische effecten (niet) op zullen treden. Het risico op chronische effecten is niet naar nul te reduceren.

Verschillende golflengten geven verschillende effecten, afhankelijk van welk deel van de huid of oog de straling absorbeert en van het soort reactie die optreedt (zie Figuur 3).



Figuur 3 - Indringing optische straling in oog en huid

UV-C, UV-B, het grootste deel van IR-B en alle IR-C worden door het hoornvlies geabsorbeerd. UV-A en een klein deel IR-B worden door de ooglenzen opgenomen. Zichtbare straling wordt gefocuseerd op het netvlies, waarbij de natuurlijke sluitingsreflex de blootstellingstijd beperkt. IR-A en een klein deel van de IR-B worden eveneens gefocuseerd op het netvlies, maar deze straling is niet zichtbaar. Hier is dus geen sprake van een natuurlijke sluitingsreflex en wordt het effect pas opgemerkt als er al schade is opgetreden.

Optische straling dringt niet ver door in het lichaam, maar wordt door de huid geabsorbeerd. UV-C, UV-B, IR-B en IR-C straling komen niet verder dan de opperhuid (hoornlaag of epidermis). UV-A, zichtbaar licht en nabije infrarode straling kunnen doordringen tot de dermis (lederhuid) of subcutane (vet)weefsel. Dieper gelegen weefsel heeft weinig kans te worden beschadigd omdat de inwendige organen niet worden bereikt door de straling.

UV, zichtbare en IR-straling geven verschillende gezondheidseffecten op ogen en huid die in de volgende paragrafen worden toegelicht.

4.1.1. UV-straling

Acute effecten

Bij te hoge hoeveelheid ultraviolette straling wordt de huid rood en pijnlijk. De verbranding verdwijnt na enkele dagen. Het bekendste voorbeeld is verbranding van de huid door zonnestraling. Andere effecten zijn pigmentatie (dat wil zeggen vorming van huidvlekken en sproeten) en verdikking van de huid.

Bij een te hoge blootstelling van de ogen aan ultraviolette straling (UV-B en UV-C) kan een ontsteking optreden aan het hoornvlies (fotokeratitis) en aan het bindvlies van het oog. Dit effect treedt 3 tot 6 uur na blootstelling op en verdwijnt weer na een paar dagen. Bekende voorbeelden zijn lasogen en sneeuwblindheid.

Chronische effecten

Na vele jaren van blootstelling, zal de huid rimpelen en veel van haar soepelheid verliezen (huidveroudering). Ook kan ultraviolette straling leiden tot huidkanker. Er zijn aanwijzingen dat UV ook het immuunsysteem kan aantasten.

Bij langdurige blootstelling van het oog aan UV-straling kan vertroebeling van de ooglenzen ontstaan (staar of cataract). Die vertroebeling van de ooglenzen kan worden behandeld door het operatief vervangen van de ooglenzen. Daarna is extra bescherming tegen UV-straling nodig om volledige blindheid en beschadiging van het netvlies (retina) te voorkomen.

4.1.2. Zichtbare straling (licht)

Acute effecten

Zichtbare straling dringt door in het oog en stimuleert de fotoreceptoren van de oogzenuwen. Voor de zichtbare straling wordt het risico op schade door straling beperkt door oogknipperen (afschermen en bevochtigen), de pupilreflex (pupilvernauwing), de oogsluitreflex en afwendgedrag. Dat wil zeggen dat men min of meer vanzelf de ogen sluit en het hoofd afwendt bij hinderlijk veel straling.

Bronnen die zo geconcentreerd of intens zijn, dat ze schade kunnen toe brengen binnen de korte tijd tussen aanvang van de blootstelling en de pupil-, oogsluitreflex of afwendgedrag, kunnen oogletsel veroorzaken. Typische voorbeelden van dergelijke bronnen zijn hoogvermogen flitslampen, lasbogen en lasers en de zon.

Het eerste effect is verblinding, bij hogere blootstelling volgt beschadiging van het netvlies.

Chronische effecten

Chronische blootstelling aan hoge niveaus van zichtbare straling kan de cellen in het netvlies (retina) beschadigen, wat kan leiden tot verminderd kleurenzien en nachtblindheid.

4.1.3. IR-straling (warmtestraling)

Acute effecten

Infrarode straling is praktisch een oppervlakteverwarming, de indringdiepte van IR-straling is enkele micrometers. De acute risico's voor de huid zijn meestal beperkt, doordat de stralingswarmte uit IR-straling onmiddellijk gevoeld wordt en men daardoor hoge blootstelling zoveel mogelijk uit de weg gaat.

Acute gezondheidseffecten op de voorzijde van het oog en omringende weefsel zijn een branderig gevoel rond de ogen, ontsteking van de oogleden en van het hoornvlies. Ook het netvlies kan beschadigen met uitval van kleine stukken van het gezichtsveld (scotomen).

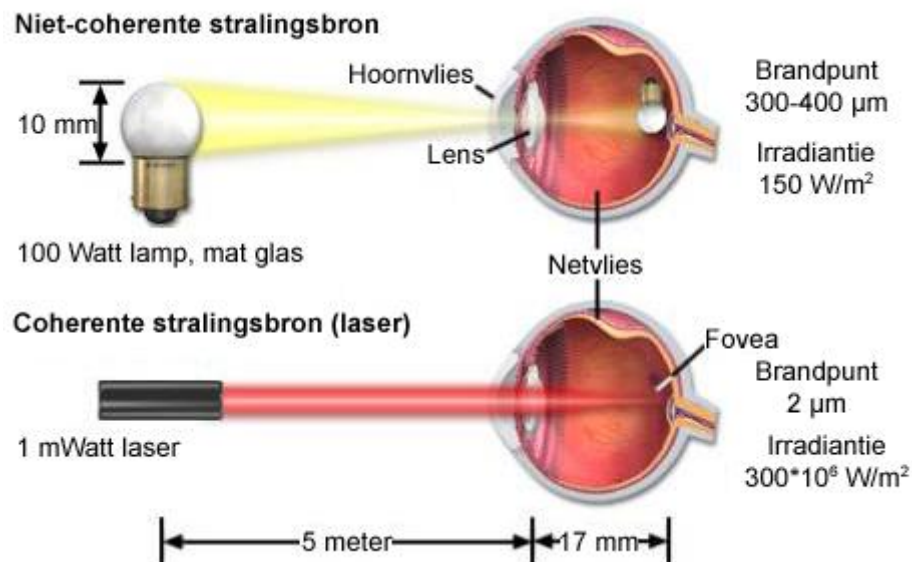
Chronische effecten

Het gevaar van IR-straling is het risico op chronische klachten. Door langdurige blootstelling aan IR-straling kan verbranding van de huid optreden. IR-straling die vrijkomt tijdens het lassen of werken met gloeiende metalen of glas boven 1500°C kan staar of cataract (een troebeling van de lens van het oog) veroorzaken. Dit ontstaat na langdurige blootstelling (15-20 jaar). Het gevaar hierbij is dat de blootstelling en dus het ontstaan van gezondheidsschade vaak ongemerkt optreden. IR-straling is niet zichtbaar, dus bestaat er geen natuurlijke afweerreflex tegen blootstelling aan IR-straling in het oog. Het effect wordt pas opgemerkt als er al schade is opgetreden.

4.1.4. Laserstraling

Het effect van laserstraling is in essentie hetzelfde als de effecten van UV-, zichtbare of IR-straling. Het grote onderscheid is de grotere intensiteit van laserbronnen en de smalle bundel wat tot ernstige effecten kan leiden. Dit is bijzonder gevaarlijk voor de ogen waar de lens de laserstraal kan focussen.

Figuur 4 geeft ter illustratie het effect van een lichtbron, zoals een normale 100 Watt lamp met mat glas, vergeleken met een laserstraal van 1 mWatt. Door het verschil in coherente en niet-coherente straling kan op het netvlies het vermogen van de laser een miljoen keer groter zijn dan de gloeilamp.



Figuur 4 - Effect op het netvlies van niet-coherente versus coherente straling

Door het focussen op het netvlies kan het effect van de laserstraling verbranding van het netvlies zijn. Complete verlies van het gezichtsvermogen kan het gevolg zijn.

Lasers worden ingedeeld in klassen (zie Tabel 2 en, voor meer informatie, bijlage II). De fabrikant is verplicht aan te geven onder welke klasse de laserbron c.q. het toestel valt.

Tabel 2. INDELING IN LASERKLASSEN (INDELING VAN TOESTELLEN UIT 2002 OF LATER)

Klasse	Voorbeelden	Beschrijving gevaar
1	Laserprinters, cd-spelers, dvd-spelers	Veilig onder normale omstandigheden
1M	Optische vezels voor communicatie	Veilig voor het oog, kan gevaarlijk zijn bij gebruik van lenzen
2	Laseraanwijzers, barcodescanners	Veilig bij korte blootstelling; oog bescherming door weggijk reflex
2M	Nivellerings- en oriëntatie-instrumenten	Veilig voor het oog bij korte blootstelling, kan gevaarlijk zijn bij gebruik van lenzen
3R	Roterende lasers, topografische lasers	Relatief laag risico op schade, maar kan gevaarlijk zijn bij verkeerd gebruik door ongetraind personeel
3B	In onderzoekslaboratoria, fysiotherapie	Direct kijken in de lichtbundel is gevaarlijk
4	Chirurgie, graveringen, snijden van metalen	Gevaarlijk voor huid en oog; brandgevaar

Bij de beoordeling van de gevaren van lasers, geeft de indeling in klassen een eerste beeld van de mogelijke risico's. De klasse houdt rekening met de dosis laserstraling waaraan een werknemer bij normaal gebruik of gedurende routine onderhoud kan worden blootgesteld. Normaal gebruik en routine onderhoud houdt in dat de afschermingen en beveiligingen intact worden gelaten. De klasse-indeling houdt rekening met deze afschermingen. Dit betekent dat de laserbron van een bepaalde klasse kan zijn, maar dat het toestel, waarin de laser zich bevindt, door de constructie zoals omkasting of afscherming in een lagere, relatief veilige klasse valt. Onder ander gebruiksomstandigheden, bijvoorbeeld het ontmantelen van een lasertoestel, moet goed worden opgelet of er inwendig geen lasersysteem is van een hogere klasse met een potentieel risico voor blootstelling aan een gevaarlijke laserstraal.

Beperkingen van de classificatie van laser veiligheidsklassen zijn:

- In 2002 heeft de herziening van norm EN 60825 geleid tot wijziging van de klassenindeling. Daarvoor werd een andere indeling gehanteerd. Er zijn nog steeds apparaten in gebruik die volgens de vroegere indeling zijn geclassificeerd.
- De classificatie heeft alleen betrekking op laserstraling, andere gevaren zoals elektriciteit, rook, geluid en dergelijke worden niet in beschouwing genomen.
- De classificatie heeft alleen betrekking op normaal gebruik van het product. Bij onderhoud en reparatie of wanneer het product onderdeel uitmaakt van een complexe installatie is de classificatie mogelijk niet van toepassing.
- De classificatie heeft alleen betrekking op een enkel product, een opgetelde blootstelling van meerdere bronnen wordt niet in beschouwing genomen.
- In laboratoria komen veel zelfgebouwde of omgebouwde lasers voor, waardoor de oorspronkelijke indeling in een klasse (als die al bestond) opnieuw moet worden vastgesteld.

4.1.5. LED's

Voor de huid zijn er geen risico's m.b.t. LED's.

Met UV-LED's moet men voorzichtig zijn. De fabrikant dient waarschuwingen te verstrekken bij LED's die gevaarlijk kunnen zijn voor de gezondheid en een advies te geven voor eventuele waarschuwingen op producten met zo'n LED. LED's met hoog vermogen in het gebied van blauw licht (rond 470 nm of kortgolfiger) kunnen eveneens een risico zijn voor het oog bij langdurige bestraling op korte afstand.

Veel fabrikanten hebben informatie over de fotobiologische veiligheid van de LED's, vastgesteld conform de Europese standaard IEC 62471:2006 (Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems). Uit deze informatie kan volgen dat de LED's geen risico vormen (exempt group), een laag risico (risicogroep 1), een gemiddeld risico (risicogroep 2) of hoog risico (risicogroep 3), met vermelding van de maximaal toegestane blootstellingstijd, waarbij de gebruiker in de lichtbundel kijkt.

4.1.6. Open bronnen

Wanneer een materiaal opgewarmd wordt vinden er energieomzettingen plaats in de moleculen en worden fotonen uitgestraald. De hoeveelheid uitgestraalde energie hangt af van de temperatuur. Boven 2.600°C kunnen open bronnen voor de gezondheid schadelijke hoeveelheden UV uitstralen.

Lasbogen en vlammen zijn 'open bronnen'. Zij kunnen bovendien door hun hoge temperatuur objecten verwarmen die dan zo warm worden dat ze zelf straling veroorzaken tot ver in het UV. Bij booglassen kan zichtbare straling ontstaan die zo fel is, dat het netvlies beschadigd raakt en gezichtsverlies optreedt. Zichtbare straling kan bij alle soorten lastechnieken vrijkomen. Ook kan bij alle soorten lastechnieken infrarode straling vrijkomen.

In situaties met open bronnen kunnen blootstellingslimieten na relatief korte blootstelling overschreden worden. Enkele voorbeelden van dergelijke situaties staan in Tabel 3.

Tabel 3. VOORBEELDEN VAN OVERSCHRIJDEN BLOOTSTELLINGSLIMIETEN BIJ OPEN BRONNEN

Voor de gebruiker onverwacht sterke UV-straling uit 'open vlam' processen. Bijvoorbeeld UV-blootstelling van handen, armen en gezichtshuid van werknemers die werken met open acetyleen/zuurstof vlammen (zoals autogeen lassen en hardsolderen) of met open aardgas/zuurstofvlammen (zoals glassmelten). Bij deze processen worden wel beschermingsmaatregelen tegen IR-straling genomen, maar wordt veelal geen rekening gehouden met het op kunnen treden van UV-straling. De limietwaarden voor de huid worden binnen 1 tot 3 uur blootstelling bereikt. De boogtijd is doorgaans korter, wat verklaart dat het risico van UV-straling bij deze lasprocessen minder aandacht krijgt.

Elektrische booglasprocessen of helpen met vasthouden van een werkstuk zonder laskap of beschermende kleding. Dit is een zeer vaak voorkomende situatie waarbij een helper vaak alleen het gezicht afwendt en hooguit handschoenen draagt tegen de hitte van het werkstuk. Booglassen zonder bescherming leidt meestal binnen een minuut tot overschrijding van de blootstellingslimieten.

Directe zichtlijn op zeer grote en/of zeer hete bronnen zonder beschermingsmiddelen. Bijvoorbeeld bij onbeschermd werken nabij hoogovens, in walsenrijen of bij smeltovens voor glas en metaal.

Een andere belangrijke blootstelling aan optische straling is laserlassen waarbij vooral infrarode laserstraling wordt gebruikt. Een laserbundel met een frequentie in het nabij-infrarode gebied (Nd:YAG-, fiber- of diode-laserlassen) kan het netvlies beschadigen. Hierdoor kan het gezichtsvermogen geheel of gedeeltelijke verloren gaan. Een laserbundel met een frequentie verder in het infrarode gebied (CO₂-laser) kan de buitenste laag van het oog (het hoornvlies) beschadigen of staar veroorzaken (een vertroebeling van de ooglens). Als een bundel laserstraling op de huid valt, kan verbranding of weefselschade optreden. Laserstraling komt alleen vrij bij laserlassen, niet bij boog- en autogeen lassen. Laserlasprocessen zijn vaak geautomatiseerd en goed afgeschermd, waardoor er bij normaal gebruik weinig risico is op te hoge blootstelling.

4.2. Verhoogde fotosensitiviteit

Er is sprake van verhoogde fotosensitiviteit (lichtovergevoeligheid) als de huid abnormaal reageert op een normale blootstelling aan zonnestraling of optische stralingsbronnen. Per persoon kan de gevoeligheid voor optische straling verschillen. Sommige personen zijn overgevoelig voor ultraviolette straling. De overgevoeligheid kan aangeboren zijn of pas op latere leeftijd optreden. Het kan voorkomen dat een werknemer niet weet dat hij/zij een verhoogde foto-gevoeligheid heeft of de verhoogde gevoeligheid ontwikkelt zich pas later. Zwangerschap kan de gevoeligheid verhogen.

Medewerkers met een oogafwijking, zoals een lui oog, bij bijziendheid of met een verminderde oogreflex, kunnen extra risico lopen.

4.2.1. Fotogevoeligheid versterkende stoffen

Er zijn fototoxische en fotoallergische reacties, die beide veroorzaakt worden door een combinatie van (ultraviolette) straling en een chemische stof. Fototoxische reacties komen aanmerkelijk vaker voor dan fotoallergische reacties.

Fototoxische reacties houden verband met het vermogen van de huid om straling van een bepaalde golflengte te absorberen. Hierdoor ontstaan in de huid een reeks fotochemische reacties, die leiden tot (huid)celbeschadigingen.

Fotoallergische reacties treden alleen op bij personen die een allergie ontwikkeld hebben. Bij fotoallergische reacties zijn stoffen betrokken die, alléén met behulp van stralingsenergie, contacteczeem kunnen veroorzaken. Onder invloed van straling vindt een koppeling plaats van die stof aan eiwitten in de huid, waarmee ze een allergie veroorzakende stof vormen. Sommige stoffen kunnen zowel een fototoxische als een fotoallergische reactie uitlokken.

Stoffen die de fotogevoeligheid kunnen verhogen kunnen door inslikken, inademen of rechtstreeks door de huid worden opgenomen. In Tabel 4 staat een overzicht van een aantal fotogevoeligheid versterkende stoffen in de werkomgeving.

Tabel 4. FOTOGEOVOELIGHEID VERSTERKENDE STOFFEN IN DE WERKOMGEVING

Kleurstoffen op antraquinon basis	Benzanthrone; Disperse Blue 35
Polycyclische koolwaterstoffen	Roet, koolteer, houtconserveringsmiddelen, anthraceen, fluorantheen
Drukinkt	Amyldimethylaminobenzoaat
Diervoersupplement	Quinoxaline-n-dioxide

Naast fotogevoeligheid versterkende stoffen in de werkomgeving kunnen het gebruik van cosmeticaproducten en medicijnen van belang zijn als er met bijvoorbeeld UV-bronnen wordt gewerkt.

Ruwweg zijn er drie soorten veelvoorkomende reacties op fotogevoeligheid versterkende stoffen in combinatie met optische straling.

- Prikkelend en brandend gevoel bij bijvoorbeeld koolteer, roet, een aantal polycyclische koolwaterstoffen en bepaalde medicijnen.
- Versterkte zonnebrand als bijwerking bij een aantal medicijnen, bijvoorbeeld antibiotica.
- Blaarvorming bij contact met het sap van bepaalde planten.

Een uitzonderlijk voorbeeld van de risico's van optische straling in combinatie met chemische stoffen is het risico van het gebruik van ontvettingsmiddelen die chloor bevatten in een laswerkplaats. Door de vrijkomende UV-straling bij het lassen, komt er een reactieproces op gang waarbij de trichloorethyleen of perchloorethyleen reageert met de UV-straling en fosgeengas wordt gevormd. Bij inademing van het fosgeengas ontstaat zoutzuur wat kan leiden tot perforatie van de luchtwegen. Het wordt ten zeerste afgeraden deze ontvettingsmiddelen in de buurt van het lassen of op de te lassen producten te gebruiken.

4.2.2. Risicogroepen

Risicoberoepen voor een verhoogde fotogevoeligheid zijn te vinden in:

- Beroepen met blootstelling aan UV-straling in combinatie met fotogevoeligheid verhogende stoffen, zoals in de grafische industrie en bij lassers.
- Productiemedewerkers van fotoallergenen en fotoallergische stoffen en producten, bijvoorbeeld de parfumindustrie in combinatie met zichtbare of UV-straling.
- Beroepen in de textielindustrie (bepaalde kleurstoffen in combinatie met zichtbare of UV-straling).
- Verpleegkundigen (dermatologie) en apothekers(assistenten) in combinatie met zichtbare of UV-straling.
- Horeca: barkeepers en koks, werkend met citrusvruchten in combinatie met zichtbare of UV-straling.
- Groentekwekers, tuinders en groenteboeren (selderij, wortels) in combinatie met (UV) straling in zonlicht.
- Beroepen met chemische belasting: asfaltwegbouwers, dakdekkers, schoorsteenvegers in combinatie met (UV) straling in zonlicht.

Bij de laatste twee risicogroepen is de verhoogde fotogevoeligheid het gevolg van de combinatie van fotogevoeligheidverhogende stoffen en zonnestraling. Strikt genomen valt dit dus buiten de scope van Europese richtlijn, maar wel binnen de kaders van de arbowed.

5. De grenswaarden voor optische straling

5.1. Arbobesluit

In het Arbobesluit is de Europese richtlijn (EU-richtlijn 2006/24/EG) over kunstmatige optische straling opgenomen (hierna aangeduid met de Europese Richtlijn). Deze grenswaarden zijn gebaseerd op de acute biologische effecten van optische straling op huid en ogen. De grenswaarden zijn afhankelijk van de stralingsenergie (golflengteafhankelijk), de intensiteit en de tijdsduur van de bestraling. Het resultaat is een complex stelsel van grenswaarden.

De grenswaarden uit de Europese richtlijn, waarnaar het Arbobesluit verwijst, zijn zo complex dat ze in redelijkheid alleen toepasbaar zijn door stralingsspecialisten. Om die reden is in hoofdstuk 7 een vereenvoudigde beoordelingsmethode opgenomen die ook voor niet-specialisten goed toepasbaar is. Alleen in uitzonderingsgevallen moet dan alsnog een

gedetailleerde beoordeling uitgevoerd worden om de blootstelling te toetsen aan de grenswaarden voor niet-coherente straling (§5.2) of coherente straling (§5.3).

Wellicht ten overvloede, blootstelling aan de zon, een natuurlijke stralingsbron, is niet in deze grenswaarden opgenomen. Uiteraard valt beperking van de blootstelling aan de zon wel onder de algemene beschermingsvoorschriften uit de arbowet- en regelgeving.

5.2. Grenswaarden voor blootstelling aan niet-coherente straling

Voor niet-coherente straling gelden zeven formules in verschillende, maar soms overlappende golflengtegebieden. Deze grenswaarden staan in tabel 1.1 in bijlage 1 van de Europese richtlijn, waarnaar wordt verwezen vanuit het Arbobesluit.

Omdat een niet-coherente stralingsbron een ruim spectrum kan uitzenden, gelden in bijna alle situaties meerdere grenswaarden waaraan de blootstellingswaarde moet worden getoetst. Geen van de grenswaarden die van toepassing zijn mogen worden overschreden.

5.3. Grenswaarden voor blootstelling aan coherente straling (laserstraling)

De grenswaarden voor laserstraling staan in bijlage 2 van de Europese richtlijn. De formule die moet worden gebruikt om de grenswaarde te bepalen hangt af van de golflengte en de blootstellingsduur aan de straling. De resultaten moeten vergeleken worden met de tabellen uit de richtlijn:

Tabel 2.2 voor korte blootstelling (<10 s) van de ogen

Tabel 2.3 voor blootstelling van de ogen gedurende 10 s of langer

Tabel 2.4 voor huidblootstelling

Tabel 2.6 voor herhaalde blootstelling

(In tabel 2.5 staan toegepaste correctiefactoren en andere parameters.)

Ook voor laserstraling geldt dat er meer dan één blootstellingswaarde met bijbehorende grenswaarde kan gelden. Als dat het geval is wordt de meest beperkende grenswaarde toegepast.

6. Verplichtingen voor de werkgever

Om de risico's van optische straling in de organisatie te beheersen gelden de volgende verplichtingen voor de werkgever:

1. Bepalen van de blootstelling en beoordelen van de risico's;
2. Nemen van maatregelen om risico's te voorkomen of te verminderen;
3. Voorlichting en opleiding van werknemers;
4. Overleggen met de werknemers(vertegenwoordiging).

6.1. Bepalen van de blootstelling en risicobeoordeling

De werkgever moet eerst vaststellen of de werknemers bij hun werk blootgesteld worden aan optische straling. Daarbij gaat het zowel om kunstmatige optische stralingsbronnen als het ontstaan van kunstmatige optische straling als bijproduct of bij mankementen.

Als er sprake is van blootstelling, moeten de risico's daarvan beoordeeld worden.

Bij de risicobeoordeling wordt aandacht besteed aan:

- Het niveau, de golflengtegebieden en de duur van de blootstelling;
- De classificatie van lasers en soortgelijke kunstmatige bronnen;
- De grenswaarde van de blootstelling;
- De mogelijke gevolgen voor de gezondheid en veiligheid van risicogroepen van werknemers. Hierbij moet specifiek naar de risico's tijdens onderhoud en reparatie worden gekeken. Ongeacht bedrijfstak of proces bestaat de meeste kans op problemen tijdens onderhoud en reparatie;
- De mogelijke gevolgen voor de gezondheid en de veiligheid door interactie tussen straling en fotosensibiliserende chemicaliën;
- Mogelijke indirecte effecten zoals tijdelijke blindheid. Een voorbeeld hiervan is het optreden van nabeelden veroorzaakt door klasse 2-, 2M- of zichtbare 3R-lasers. Vooral bij een laag verlichtingsniveau kunnen deze effecten optreden. Dit kan een indirect veiligheidsrisico inhouden door tijdelijke verstoring van zicht of schrikreacties. Vooral bij kritische taken zoals bedienen of besturen van arbeidsmiddelen, werken op hoogte of onder spanning. Ook naar indirecte effecten zoals ontploffing of brand moet gekeken worden, maar deze vallen buiten de scope van deze brochure;
- Blootstelling aan meerdere bronnen met dezelfde straling;
- Gelijktijdige blootstelling aan verschillende soorten straling;
- De informatie uit gezondheidskundig onderzoek.

Uiteraard omvat een risicobeoordeling meer dan alleen de risico's van optische straling. Andere risico's zoals elektrische gevaren, geluidsoverlast, gebruik van chemische stoffen, brandgevaar enzovoorts vallen buiten de scope van deze brochure. Uiteraard moeten ook die risico's, naast de risico's van optische straling, in een risico-inventarisatie en –evaluatie (RI&E) worden meegenomen.

6.2. Nemen van maatregelen om risico's te voorkomen of te verminderen

Als uit de beoordeling volgt dat er risico's voor de gezondheid bestaan dan moeten deze risico's worden geëlimineerd of tot een minimum beperkt conform de zogeheten arbeidshygiënische strategie en de stand der techniek. De arbeidshygiënische strategie ziet er als volgt uit:

- Bronmaatregelen – Een werkgevers moet eerst de oorzaak van het probleem wegnemen. Voorbeeld: optische stralingsbron vervangen door een veiliger alternatief.
- Collectieve maatregelen – Als bronmaatregelen niet mogelijk zijn, moet de werkgever collectieve maatregelen nemen om risico's te verminderen. Voorbeeld: het plaatsen van afscherming.
- Individuele maatregelen – Als collectieve maatregelen niet kunnen of ook (nog) geen afdoende oplossing bieden, moet de werkgever individuele maatregelen nemen. Voorbeeld: het werk zo organiseren dat werknemers minder risico lopen (bijvoorbeeld afstand vergroten, taakrotatie).
- Persoonlijke beschermingsmiddelen – Als de bovenste drie maatregelen geen effect hebben, moet de werkgever gratis persoonlijke beschermingsmiddelen verstrekken. Voorbeeld: laserbrillen.

Zie verder hoofdstuk 8.

6.3. Voorlichting en opleiding van werknemers

De werknemers ontvangen voorlichting en, zo nodig, opleiding. In de voorlichting wordt aandacht gegeven aan de maatregelen die genomen zijn, de grenswaarden, de blootstellingsniveaus op de werkplek met een toelichting bij de betekenis en potentiële gevaren, de wijze waarop het schadelijke effect van de blootstelling voor de gezondheid moet worden opgespoord en gemeld en de omstandigheden waarin de werknemers recht hebben op gezondheidskundig onderzoek, de risico's van medicijngebruik, huidcrèmes en andere cosmetica, veilige werkmethoden om de risico's te beperken en het goed gebruik van de juiste persoonlijke beschermingsmiddelen.

Het niveau van de training moet afgestemd zijn op het blootstellingsrisico dat de werknemer loopt. Als alle bronnen onbeduidend zijn volstaat het de werknemers(vertegenwoordiging) hierover te informeren en te wijzen op mogelijke risico's voor gevoelige groepen en de procedure om deze risico's te beheersen. Voorlichting en onderricht, afgestemd op het risico dan men loopt, is vereist als de blootstelling aan de optische straling (mogelijk) hoger is dan de blootstellingslimiet. De gebruikers moeten weten met wat voor kunstmatige stralingsbronnen ze omgaan; hoe ze veilig met deze bronnen om kunnen gaan. Zij hoeven echter niet te weten wat er 'onder de motorkap' zit als ze daar toch niet komen. Dat is anders voor de werkers áán kunstmatige optische stralingsbronnen. Deze groep moet een veel hoger kennisniveau hebben over de 'kale' stralingsbronnen en de bijbehorende veiligheidsaspecten. In situaties met hoge en onvoorspelbare blootstellingsniveau moeten zij naast veilig gebruiken en onderhouden van de apparatuur ook de situatie kunnen beoordelen of meten.

6.4. Rol van de werknemers(vertegenwoordiging)

Het Arbobesluit regelt de betrokkenheid van de ondernemingsraad, de personeelsvertegenwoordiging of de belanghebbende werknemers bij de risicobeoordeling van de optische straling en bij de maatregelen ter voorkoming of beperking van risico's. De regelgeving is vergelijkbaar met die voor de Risico-Inventarisatie en -Evaluatie. De werknemers(vertegenwoordiging) moeten door de werkgever in de gelegenheid worden gesteld een oordeel te geven over de wijze waarop de risico's door kunstmatige optische straling worden beoordeeld. De werknemers(vertegenwoordiging) ontvangt de resultaten van de beoordeling, voorzien van een toelichting en zij krijgen de gelegenheid hun oordeel te geven over de maatregelen die worden genomen om de risico's van blootstelling aan kunstmatige optische straling weg te nemen of tot een minimum te beperken.

6.5. Gezondheidskundig onderzoek

Dat de werknemer op het werk blootgesteld kan worden aan optische straling vormt onvoldoende grond voor een gezondheidskundig onderzoek, zoals aanstellingskeuring, periodiek arbeidsgezondheidskundig onderzoek. Met andere woorden (periodiek) aanbieden van huid- en oogonderzoek, simpelweg gebaseerd op het feit dat er optische stralingsbronnen zijn, is niet nodig.

Er zijn bepaalde situaties waarbij een medisch onderzoek zinvol kan zijn om risico's te beperken of schade op te sporen. Een voorbeeld is onderzoek gericht op thermische retina-effecten door zuivere IR-A stralers, die blijvende netvliesschade kunnen veroorzaken en gericht oogonderzoek bij werknemers die met klasse 3R-, 3B- of 4-lasers (gaan) werken. Bij blootstelling aan sterke laserstraling wordt geadviseerd voor de indiensttreding een gericht oogonderzoek te laten uitvoeren om referentiegegevens per werknemers te hebben. De frequentie waarmee de werknemers blootgesteld (kunnen) worden aan de laserstraling bepaalt de aard van het oogonderzoek. Onderzoek van de gezichtsscherpte volstaat indien alleen toevallige blootstelling aan laserstraling kan worden verwacht. Bij veelvuldig blootstelling wordt, afhankelijk van de golflengte, (periodiek) ook een test van de gezichtsscherpte, de maculaire functie en de contrastgevoeligheid uitgevoerd en wordt de oculaire voorgeschiedenis vastgelegd. Bij het beëindigen van de blootstelling aan laserstraling wordt een afsluitend oogonderzoek uitgevoerd. Zo worden de status van het oog en de eventuele schade eraan vastgelegd.

Wanneer een werknemer blootgesteld is aan optische straling boven de grenswaarden of schadelijke gevolgen voor de gezondheid worden vastgesteld wordt de werknemer in de gelegenheid gesteld om een arbeidsgezondheidskundig onderzoek te ondergaan. Werknemers worden geadviseerd naar de bedrijfsarts te gaan bij klachten zoals verlies van gezichtsvermogen, een gevoel van 'zand in de ogen', huiduitslag of huidverbranding. Als dit soort klachten normaal nooit optreden, maar zich opeens voordoen (ook al is dit tijdelijk) nadat een werknemer (andere) medicijnen is gaan gebruiken, moet de bedrijfsarts geraadpleegd worden.

De werknemer ontvangt van de bedrijfsarts informatie en advies over het resultaat van het onderzoek en over vervolgonderzoek of onderzoek na het einde van de blootstelling. Als de aandoening en blootstelling voldoen aan de criteria van de registratierichtlijn 'Niet Ioniserende Straling' van het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten (NCvB), dan meldt de bedrijfsarts dit als beroepsziekte bij het NCvB, werkgever en werknemer worden van de melding op de hoogte gesteld.

Van iedere werknemer die een arbeidsgezondheidskundig onderzoek heeft ondergaan, wordt een individueel medisch dossier opgesteld en bijgehouden. De medische dossiers bevatten een samenvatting van de resultaten van het uitgevoerde arbeidsgezondheidskundig onderzoek. De bedrijfsarts informeert de werkgever over significante bevindingen van het arbeidsgezondheidskundig onderzoek. Op grond van die informatie is het de taak van de werkgever de risicobeoordeling en genomen maatregelen te heroverwegen, waarbij het advies van de bedrijfsarts in beschouwing wordt genomen. De werkgever stelt de werknemer in de

gelegenheid de gezondheid te laten bewaken en biedt eventueel, op advies van de bedrijfsarts, de overige werknemers eveneens een gezondheidskundig onderzoek aan.

7. RI&E optische straling

7.1. Inventarisatie optische stralingsbronnen

Als eerste stap wordt een inventaris opgesteld van de arbeidsmiddelen en processen waarbij optische straling kan vrijkomen, hetzij bewust, hetzij als onbedoeld bijproduct. Van de relevante arbeidsmiddelen worden, naast de standaard gegevens als naam, merk, bouwjaar, plaats van gebruik enzovoorts, het vermogen, het frequentiespectrum (of golflengtespectrum), de duur van de blootstelling vastgelegd. Als het om een laser gaat wordt de klasse van de laser vermeld.

Van de processen wordt de duur van de blootstelling vastgelegd en voor zover bekend informatie over de aard van de blootstelling (bijvoorbeeld op grond van informatie van de leverancier en uit de literatuur).

De inventarisatie moet actueel worden gehouden.

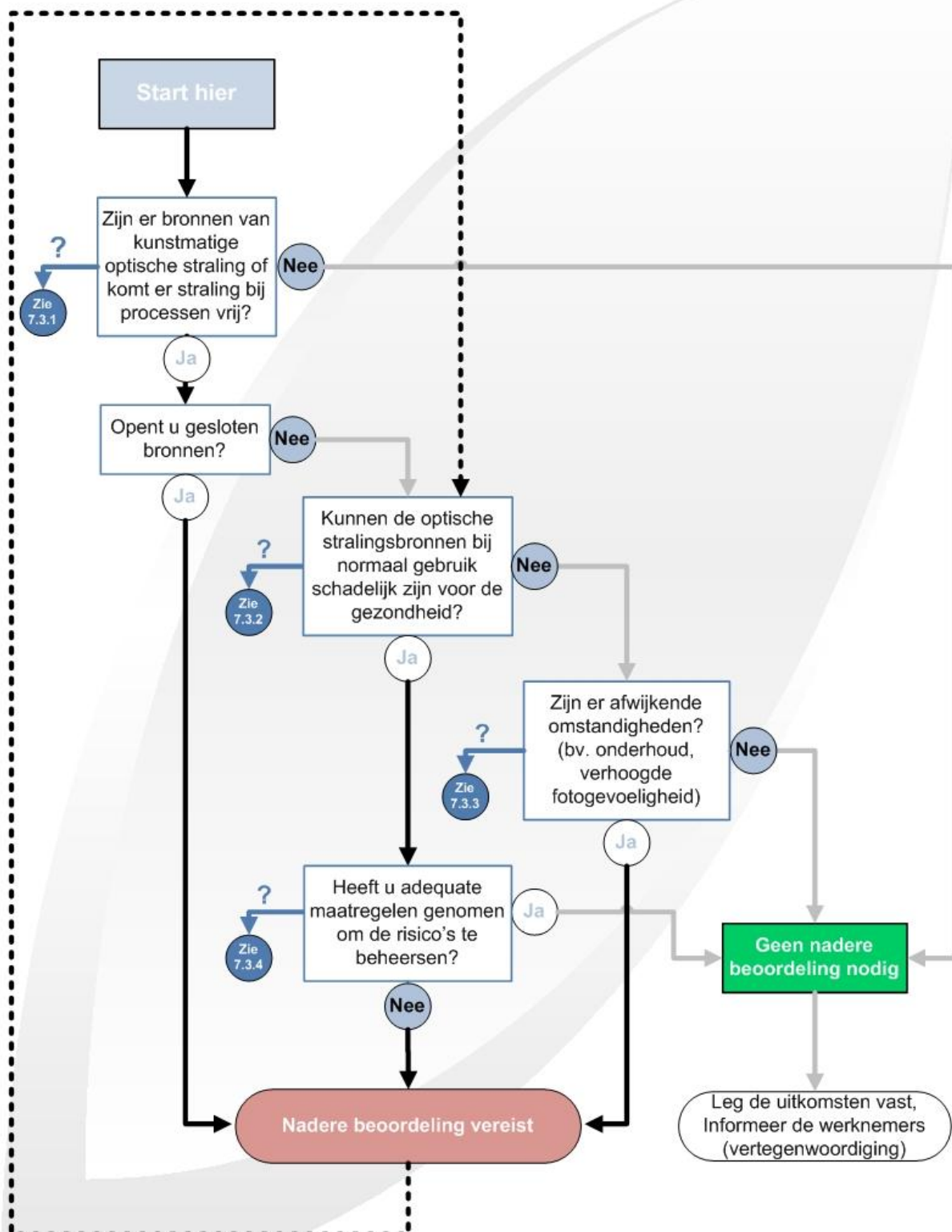
7.2. Gegevens van de fabrikant of leverancier

Van de fabrikanten en leveranciers mag verwacht worden dat zij de eventuele risico's van hun producten kennen. De fabrikant en leverancier moet op de hoogte zijn van de wetgeving en relevante normen en hebben de plicht om de gebruikers van de producten goed voor te lichten over een juiste en veilig toepassingswijze.

Deze verplichtingen worden opgelegd vanuit de Machinerichtlijn. Hierin staat informatie over het nemen van beheersmaatregelen door de fabrikant, het labelen van de producten en het informeren van de gebruikers over de risico's en de te nemen noodzakelijke maatregelen. De gegevens van de fabrikant van optische stralingsbronnen moeten de gebruikers ondersteunen bij het beoordelen van de risico's. Waar de gebruiker vooral op moet letten is of zijn gebruikssituatie overeenkomt met de situatie waarvoor de informatie van de fabrikant geldt. Als die situatie anders is moet de gebruiker nagaan wat de invloed daarvan is op de risico's door straling. Het makkelijkst is om daarvoor eerst navraag te doen bij de leverancier/fabrikant.

7.3. Vaststellen noodzaak nadere beoordeling

Overall berekeningen of metingen uitvoeren heeft geen zin, omdat de meeste situaties (ver) onder de grenswaarden blijven. Nadat alle bronnen van kunstmatige optische straling geïnteriseerd zijn, wordt beoordeeld welke optische stralingsbronnen/processen geen risico's kunnen opleveren en voor welke bronnen/processen een nadere beoordeling van de risico's moet worden uitgevoerd. Het vaststellen kan door de vragen uit het schema in Figuur 5 door te lopen en zo nodig de toelichtingen te raadplegen.



7.3.1. Zijn er bronnen van optische straling en/of komt optische straling vrij

Kunstmatige optische straling omvat al de straling die door kunstmatige bronnen wordt uitgestraald in alle vormen zoals UV, zichtbare straling, IR en laserstraling. Vrijwel alle werknemers staan bloot aan een vorm van optische straling, hetzij afkomstig van de algemene verlichting, van apparatuur of van een werkproces.

7.3.2. Kan de optische straling schadelijk zijn (onder normale omstandigheden)?

Het merendeel van de bronnen van optische straling is veilig. Er zijn drie informatiebronnen die gebruikt kunnen worden om te beoordelen of de bron of toepassing veilig is. De norm *EN-12198*, het TNO rapport *Optische straling in arbeidssituaties* en *A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC*. (Zie de literatuurverwijzingen aan het eind van deze brochure voor meer informatie.)

Bronnen van kunstmatige straling die volgens de norm *EN-12198* in categorie 0 en 1 worden ingedeeld zijn veilig. Categorie 0 bronnen zijn bronnen met een verwaarloosbare blootstelling, waarvoor geen speciale beschermingsmaatregelen nodig zijn. Categorie 1 bronnen zijn, die onder normale omstandigheden gebruikt worden, conform de veiligheidsvoorschriften van de producent, als veilig beschouwd mogen worden. Voor bronnen uit categorie 2 bestaat het risico op overschrijding van de blootstellingslimieten en zijn beschermende maatregelen noodzakelijk. Deze bronnen en bronnen waarvoor geen eenduidige categorie-indeling gemaakt kan worden mogen niet zonder meer als veilig worden beschouwd.

TNO deelde categorie 2 op in twee subcategorieën. Categorie 2A bronnen betreft werkomgevingen met hoge emissieniveaus maar waarbij de blootstellingen voorspelbaar zijn. Categorie 2B zijn werkomgevingen met hoge emissieniveaus maar waarbij de blootstellingen onvoorspelbaar zijn. Categorie 2A kan veilig zijn, mits de juiste beheersmaatregelen toegepast zijn (zie § 7.3.4), voor categorie 2B is een nadere beoordeling nodig.

Een indeling in categorieën van verschillende bronnen en activiteiten met verschillende types kunstmatige optische straling staat in Tabel 5. De door de non-binding guide aangegeven veilige situaties staan in Tabel 6.

Niet alle bronnen zijn eenvoudig in een categorie in te delen. Voor deze bronnen is een nadere beoordeling van het risico nodig.

Tabel 5. INDELING BRONNEN OF ACTIVITEITEN IN CATEGORIE 0, 1, 2A OF 2B

Bron of activiteit met optische straling	Normaal gebruik	Onderhoud
Afstandsbediening	0	0
Amusementssector: blacklight	1	2A
Amusementssector: laser	*	2B
Barcodescanner	0	1
Communicatielaser: gesloten systeem	0	2A
Communicatielaser: open systeem	1	2A
Desinfecteren van lucht/oppervlakken (UV-C): gesloten systeem (inbouw)	0	2B
Desinfecteren van lucht/oppervlakken (UV-C): losse verplaatsbare lampen	2B	2B
Desinfecteren van lucht/oppervlakken (UV-C): open systeem luchtdesinfectie	0	2A
Desinfecteren van lucht/oppervlakken (UV-C): gesloten systeem met interlock	0	2B
Desinfecteren van water	0	2B
Displays en schermen	*	*
Droogprocessen met IR	1	2A
Droogprocessen met UV	1	2B
Fluorescentie-onderzoek	*	2B
Forensisch onderzoek IRA-bron en camera	0	0
Forensisch onderzoek UV-A fluorescentie	*	*
Grafische processen	*	2B
Hygiënische toepassingen	*	*
IR-therapie	0	1
Laser in de gezondheidszorg	2A	2B
Lasers (laboratoria), gesloten opstelling	0	*
Lasers (laboratoria), open opstellingen: klasse 1	0	0
Lasers (laboratoria), open opstellingen: klasse 2	1	1
Lasers (laboratoria), open opstellingen: klasse 3 en hoger	2B	2B
Laserbewerkingen (incl. laserlassen)	1	2B
Laserbewerkingen met secundaire emissie ^{1,2}	2A	2B
Laserprinter	0	2A
Laserprojectie	*	2B
Lassen (behalve puntlassen en laserlassen) ¹	2A	2A
Materiaalonderzoek	*	*
Meet-en richtlasers	1	1
Puntlassen (elektrisch) ¹	0	0
Reinigen van oppervlakken met laser	2B	2B
Reinigen van oppervlakken met UV/ozon	1	2B
Sauna	0	1
Smelt-, giet- en walsprocessen (metaal/glas) ¹	2A	2B
Snijden door verhitting ¹	2A	*
Spuiten (onder verhitting) ¹	2A	2A
Spuitertijlen met interlock	0	2A

Bron of activiteit met optische straling	Normaal gebruik	Onderhoud
UV-therapie	1	2B
Vals geld-detectie (UV-A)	1	1
Vals geld-detectie (UV-C)	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	*

¹ Betekent dat de relevante straling een *bijproduct* van proces of bron is

² Vrijkomen UV-straling bij laserprocessen waarbij primaire golflengte niet in UV-gebied ligt, bijvoorbeeld metaalbewerking met infrarode lasers met zeer snelle en krachtig pulsen (enkele kW)

* Er kan geen eenduidige categorie worden toegekend

Tabel 6. VEILIGE BRONNEN/OMSTANDIGHEDEN CONFORM DE NON-BINDING GUIDE TO THE ARTIFICIAL OPTICAL RADIATION DIRECTIVE

Bronnen met verwaarloosbare blootstelling, die als 'veilig' beschouwd kunnen worden
Plafond TL-verlichting met diffusors op de lampen
Computer of een soortgelijke beeldschermapparatuur
Plafond compacte fluorescentielampen
Compacte TL-verlichting
UV-A-insectenvallen
Plafond halogeen algemene verlichting
Tungstenlamp voor taakverlichting
Plafond wolframlampen
Fotokopieerapparaten
Interactieve whiteboard presentatie-apparatuur
Indicator LED's
Personal digital assistants
Voertuig-indicator, rem-, achteruitrij- en mistlampen
Fotografische flitslampen
Gasgestookte straalkachels
Straatverlichting

Bronnen die waarschijnlijk geen gezondheidsrisico inhouden onder specifieke omstandigheden	
Bron	Veilige werkomstandigheden
Koplampen van een voertuig	Veilig mits verlengd in de straal kijken wordt vermeden
Alle "Exempt Group"-producten (volgens EN 62471)	Veilig mits niet in de straal wordt gekeken. Kan onveilig zijn als de bescherming wordt weggenomen
Klasse 1 laserapparatuur (60825-1)	Veilig mits bescherming niet wordt opengemaakt
Lage druk UV-A blacklight	Veilig mits niet in de straal wordt gekeken
Desktop projectoren (beamers)	Veilig mits niet in de straal wordt gekeken
Metal halide/hoge druk kwik schijnwerper	Veilig mits veiligheidsglas intact is en niet in gezichtsveld
Fluorescerende plafond verlichting zonder diffusoren	Veilig bij normalen verlichtingsniveaus (ca. 600 lux)

Voor het beoordelen van verschillende soorten lampen bestaat een aantal vuistregels die als hulpmiddel gebruik kunnen worden (zie Tabel 7).

Tabel 7. VUISTREGELS BEOORDELEN VAN LAMPEN

- Heeft de lamp één gloeidraad en geen verdere aansluitingen dan gaat het naar alle waarschijnlijkheid om een gloeilamp of halogeenlamp. In ieder geval zendt de lamp relatief veel IR-straling uit en (afhankelijk van de gloeidraadtemperatuur) ook zichtbare straling en (daarbovenop afhankelijk van de glassoort) mogelijk ook enige UV-straling (speelt alleen bij halogeen een mogelijke rol). Bij reflector halogeenlampen met een ingebouwd venster voor de lamp opening gaat het naar alle waarschijnlijkheid om algemene verlichting. Halogeenlamp-armaturen die bedoeld zijn voor algemene verlichting zijn voorzien van UV-filters.
- Heeft de lamp een heldere omhulling en twee gloeidraden, dan gaat het naar alle waarschijnlijkheid om een gasontladingslamp. Voorzichtigheid is geboden, raadpleeg de bijsluiter of informeer bij de leverancier (uitzonderingen daargelaten zoals een gewone traditionele autokoplamp met aparte gloeidraad voor dimlicht en grootlicht).
- Als er geen gloeidraad te zien is dan gaat het naar alle waarschijnlijkheid om een booglamp. Het spectrum bevat dan steile lijnen en dat kan risico's opleveren. Voorzichtigheid is geboden, raadpleeg de bijsluiter of informeer bij de leverancier.
- Ligt er een kwikdruppeltje in de lamp dan is het een kwiklamp en moet u ervan uitgaan dat de lamp aanzienlijke hoeveelheden UV-straling uitzendt.
- Een TL-buis of PL-lamp met een glasheldere omhulling is naar alle waarschijnlijkheid een UV-C-lamp en moet dus zondermeer als gevaarlijk worden beschouwd (ook als er geen waarschuwingssymbool op staat).
- Een TL-buis of PL-lamp die wel een fosforcoating heeft maar slechts een flets blauwig licht geeft (en veel minder dan bij een normale buis van eenzelfde vermogen) is naar alle waarschijnlijkheid een UV-A- en/of UV-B-lamp. Voorzichtigheid is geboden, raadpleeg de bijsluiter of informeer bij de leverancier.
- Een lamp met een zeer donkere paarsachtig gekleurde glasballon of glasbuis is naar alle waarschijnlijkheid een UV-A-lamp. Voorzichtigheid is geboden, raadpleeg de bijsluiter of informeer bij de leverancier.
- Een lamp met een geheel spiegellend of dof metalig glanzend (de metaallaag kan zich aan de binnenkant van een glasachtige omhulling bevinden) of donkerrood oppervlak is waarschijnlijk een IR-lamp.

7.3.3. *Zijn er afwijkende omstandigheden?*

Om vast te stellen dat *alle* werknemers voldoende beschermd zijn tegen de risico's van optische straling zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- Zijn er werknemers met een verhoogd risico, bijvoorbeeld werknemers met een verhoogde fotongevoeligheid? Dit kan door erfelijke aanleg of ziekte, maar ook door zwangerschap of medicijngebruik.
- Worden er stoffen op de werkplek toegepast die de fotongevoeligheid kunnen verhogen of gebruiken werknemers stoffen (bijvoorbeeld huidcrèmes) die de gezondheidseffecten van de straling kunnen versterken?
- Worden werknemers aan meerdere bronnen tegelijkertijd blootgesteld?
- Kan de optische straling tot indirecte effecten leiden waardoor gevaarlijke situaties kunnen ontstaan? Bijvoorbeeld tijdelijke verblinding door felle lichtbronnen.

Indien uit stap 7.3.1 en stap 7.3.2 volgt dat bij normaal gebruik de bron veilig is voor alle werknemers is een verdere risicobeoordeling niet nodig. De risicobeoordeling stopt hier.

7.3.4. *Zijn er adequate beheersmaatregelen genomen?*

In verschillende werkomgevingen zijn hoge emissieniveaus maar zijn de blootstellingen voorspelbaar en kunnen de risico's dus goed worden ondervangen (categorie 2A bronnen). Hier treedt een overschrijding van de blootstellingslimieten op als de voor het vakgebied gebruikelijke maatregelen niet getroffen worden. In deze situaties is het duidelijk hoe men zich afdoende kan beschermen. Naast de noodzakelijke beschermingsmiddelen heeft de werknemer voldoende aan specifieke voorlichting en onderricht over de gevaren, risico's en secundaire effecten om veilig te kunnen werken. Voorbeelden van te treffen maatregelen voor een aantal industrieën en toepassingen staan in Tabel 8.

Tabel 8. VOORBEELDEN BEHEERSMAATREGELEN BIJ EEN AANTAL INDUSTRIEËN EN ACTIVITEITEN

Metaalbewerking: Autogene en elektrische las- en snij- en soldeerprocessen
• Afscherming omgeving d.m.v. schermen/lasgordijnen of beperkte toegang • Voorgeschreven signaleringen met waarschuwingen bij toegangsdeuren • Voorlichting en onderricht • Toezicht houden op gebruiken van beheersmaatregelen • Autogene technieken: autogene bril, werkkleding (bij inschakelduur langer dan 1 uur ook huidbescherming) • Elektrisch booglassen: oog- en gelaatsbescherming (bv. lashelm), werkkleding, handschoenen

Farmaceutische industrie: UV sterilisatie; fluorescentie
• Afscherming omgeving d.m.v. schermen/gordijnen of beperkte toegang • Voorgeschreven signaleringen met waarschuwingen bij toegangsdeuren • Voorlichting en onderricht • Toezicht houden op gebruiken van beheersmaatregelen • Oogbescherming en zo nodig huidbescherming (labjas/handschoenen)
'Hete' industrie: Nabijheid van ovens, branders en heet metaal/glas
• Technische maatregelen: afstandsbediening, onderbrekingsschakelaar, klemmen • Maximale werktijd afdwingen – routinematige afwisseling van taken • Afscherming omgeving d.m.v. schermen/gordijnen of beperkte toegang • Voorgeschreven signaleringen met waarschuwingen bij toegangsdeuren • Voorlichting en onderricht • Toezicht houden op gebruiken van beheersmaatregelen • Gezichtsbescherming, brillen of andere oogbescherming, werkkleding, handschoenen
Automobilindustrie: UV uitharden van inkt, lakken, lijm en kunststof
• Technische maatregelen: screening, automatisering, afstandsbediening • Afscherming omgeving d.m.v. schermen/gordijnen of beperkte toegang • Voorgeschreven signaleringen met waarschuwingen bij toegangsdeuren • Voorlichting en onderricht • Toezicht houden op gebruiken van beheersmaatregelen • Gezichtsbescherming, brillen of andere oogbescherming, zo nodig huidbescherming (werkkleding, handschoenen)
Medische of cosmetische behandeling: 3B/4 laser chirurgie, UV en blauwlicht therapie, Intens Pulsed Light (IPL)
• Raadplegen specialist kan noodzakelijk zijn voor lasertherapie • Speciale behandelruimtes met beperkte toegang • Gordijnen rondom apparatuur, afscherming vensters en kijkglazen • Werknemers op enige afstand van patiënten die blootgesteld worden • Voorgeschreven signaleringen met waarschuwingen bij toegangsdeuren • Voorlichting en onderricht • Kennis laserveiligheid is essentieel, laserveiligheidsfunctionaris aan wijzen • Werkprotocollen, aanvullend op gebruikersvoorschriften • Toezicht houden op gebruiken van beheersmaatregelen • Gezichtsbescherming, brillen of andere oogbescherming en werkkleding • Zo nodig handschoenen (dunne latex handschoenen geven geen bescherming tegen verbranding door lasers)

Industrie, onderzoek en onderwijs: Klasse 3B en 4 lasers

- Raadplegen specialist kan noodzakelijk zijn
- Technische maatregelen: omsloten ruimte, toegangscontrole, onderbrekingsschakelaar, afstandsbediening, screening, klemmen
- Afscherming vensters en kijkglazen: een laserstraal dient de ruimte van toepassing niet onverwachts te kunnen verlaten
- Speciale laboratoria met beperkte toegang
- Voorlichting en onderricht
- Kennis laserveiligheid is essentieel, laserveiligheidsfunctionaris aan wijzen
- Werkprotocollen, aanvullend op gebruikersvoorschriften
- Voorgeschreven signaleringen met waarschuwingen bij toegangsdeuren
- Toezicht houden op gebruiken van beheersmaatregelen
- Gezichtsbescherming, brillen of andere oogbescherming en werkkleding
- Zo nodig handschoenen (dunne latex handschoenen geven geen bescherming tegen verbranding door lasers)

Zijn de noodzakelijke beheersmaatregelen genomen dan stopt de risicobeoordeling kunstmatige optische straling voor deze situatie hier. De werkgever dient te kunnen aantonen dat de risico's door de werknemers gekend zijn, dat de nodige instructies aan de werknemers zijn gegeven en door hen zijn begrepen en dat hij toezicht op naleving houdt.

7.4. Gedetailleerde risicobeoordeling

Vermoedt u na deze eerste beoordeling dat uw werknemers een gezondheidsrisico kunnen lopen ten gevolge van optische straling, dan is een meer gedetailleerde risicobeoordeling nodig. Dit geldt in elk geval voor werkomgevingen met hoge emissieniveaus waarbij de blootstellingen onvoorspelbaar zijn (categorie 2B in Tabel 50). Ook voor situaties waarbij geen eenduidige categorie kan worden toegekend of situaties die niet in Tabel 5 staan, maar waarbij wel optische stralingsbronnen worden toegepast dan wel optische straling vrijkomt, is een nadere beoordeling van de stralingsrisico's vereist.

Een meer gedetailleerde risicobeoordeling omvat berekeningen of metingen. Dit zal in een enkel geval noodzakelijk zijn. Heeft u geen ervaring met het uitvoeren van deze gedetailleerde risicobeoordeling, schakel dan een deskundige in. Stop de werkzaamheden totdat u er zeker van bent dat de risico's tot een aanvaardbaar niveau verlaagd zijn.

7.5. Metingen

Is er genoeg informatie voor een kwantitatieve blootstellingsschatting of berekening, dan zijn metingen op de werkplek overbodig. Beoordeling zonder metingen heeft de voorkeur. Het doen van metingen is gecompliceerd; de apparatuur is relatief duur en kan alleen door een gekwalificeerd persoon worden toegepast. Fouten, bijvoorbeeld door onervarenheid, leiden tot zeer onnauwkeurige meetgegevens. De NEN-EN 14255 normenreeks beschrijft waaraan de meting, beoordeling en rapportage minimaal moeten voldoen. In de norm EN-IEC 60825-1 staan meetmethoden voor bepaling van laservermogen, gericht op de bepaling van de laserveiligheidsklasse.

7.6. Enkele praktijkvoorbeelden van de risicobeoordeling

7.6.1. *Barcodescanner*

Volgens de norm EN 12198 en de hiervan gebruik makende indeling van TNO is een barcodescanner bij normaal gebruik in te delen in categorie 0. Op grond hiervan mag de werkgever aannemen dat een risicobeoordeling niet nodig is voor normaal gebruik. Voor reparatie- en onderhoudswerkzaamheden is de categorie 1. Dit houdt in dat de fabrikant in de gebruikershandleiding de beschermingsmaatregelen bij onderhoudswerkzaamheden moet specificeren.

De werkgever van het onderhoudspersoneel moet vervolgens vastleggen welke maatregelen voor reparatie- en onderhoudswerkzaamheden worden genomen en hij moet de werknemers instrueren over de maatregelen voor onderhoud en reparatie. De getroffen maatregelen en gegeven instructies moeten aantoonbaar zijn c.q. kunnen worden voorgelegd.

7.6.2. *Beamer*

Volgens de niet-bindende gids 'A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC' is een beamer veilig als niet rechtstreeks in de bundel wordt gekeken (zie Tabel 6). De werkgever zorgt er daarom bij voorkeur voor dat de projector zo opgesteld wordt dat deze buiten het zichtveld van de presentator staat, bijvoorbeeld door de beamer aan het plafond te bevestigen.

De risicobeoordeling stopt hier.

7.6.3. *Handmatig MIG/MAG-lassen*

Volgens de norm EN 12198 en de hiervan gebruik makende indeling van TNO is een laswerkplek zowel bij normaal gebruik als bij onderhoud in te delen in categorie 2A (zie Tabel 5).

De blootstelling tijdens de werkzaamheden is voorspelbaar en de laswerkplek is zo in te richten dat de werknemer, naast 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. Vereiste collectieve beschermingsmiddelen zijn omgevingsafscherming, bijvoorbeeld lasgordijnen. Vereiste persoonlijke beschermingsmiddelen voor bescherming van ogen, gelaat, nek, hals, handen en armen zijn een goed op de borst aansluitende lashelm, werkkledij met lange mouwen en handschoenen.

De werkgever moet vastleggen welke beschermingsmaatregelen genomen worden voor lasser, lashulp en omgeving en hij moet kunnen aantonen dat de risico's door de werknemers gekend zijn, dat de nodige instructies aan de werknemers zijn gegeven en door hen zijn begrepen. Hij dient verder na te gaan dat de werknemers de werkinstructies en de beschermingsmiddelen toepassen.

7.6.4. *Metaalsnijder met laser van klasse 4*

Volgens de norm EN 12198 en de hiervan afgeleide indeling van het TNO, is deze werkzaamheid, zowel bij normaal gebruik als bij onderhoud in te delen in categorie 2B (zie Tabel 5). Verdere risicobeoordeling is dus absoluut noodzakelijk. Uit de klasse-indeling van lasers (zie bijlage II) blijkt dat lasers van klasse 4 gevaarlijk zijn voor huid en ogen. Uit de informatie van de fabrikant die het arbeidsmiddel heeft gebouwd blijkt dat het geheel tot klasse 1 wordt gereduceerd als de collectieve beschermingsmiddelen op hun plaats blijven. Een speciaal aandachtspunt is eventuele indirecte blootstelling, door reflecties van de laserbundel tegen wanden, werkstukken en plafonds. Om die reden moet afgewogen worden of bijvoorbeeld speciale verf op wanden en plafond nodig is om die reflecties te beperken. Verdere risicobeoordeling kan hier stoppen, mits de werknemers kennis hebben van de laserklasse en weten dat de collectieve beschermingsmaatregelen niet mogen worden verwijderd.

In de risicobeoordeling is een berekening of meting dus niet aan de orde, omdat de gegevens van de laser over het algemeen volgen uit het dossier van de fabrikant. Als de werkgever op grond van deze gegevens kan aantonen dat de metaalsnijder voor de werknemers als laser van klasse 1 mag worden beschouwd, kan zijn risicobeoordeling stoppen bij het voorlichten van de werknemers over de risico's verbonden aan het verwijderen van de collectieve beschermingsmaatregelen.

Normaliter stopt de laserstraling automatisch wanneer de collectieve beschermingsmaatregelen bij een laser van klasse 4 worden weggenomen. Dit ontslaat de werkgever echter niet van de verplichting de werknemers hierover voorlichting en onderricht te geven.

Bij het onderhoud van de laser kan de werknemer zich binnenin het arbeidsmiddel bevinden. Hij/zij kan dan blootgesteld zijn aan de risico's van een laser van klasse 4. Deze blootstelling moet ten alle tijde worden vermeden en het onderhoud mag alleen gebeuren door gespecialiseerd en opgeleid personeel. Laat de werkgever de onderhoudswerkzaamheden door eigen werknemers uitvoeren waarbij risico's van de klasse 4 mogelijk zijn, dan moet een gedetailleerde beoordeling worden uitgevoerd en schriftelijke instructies voor onderhoud worden opgesteld.

7.6.5. LED toepassing in de glastuinbouw



Steeds meer tuinders experimenteren met LED-verlichting ter vervanging van de zogenoemde SON-T-lampen, die momenteel in het merendeel van de kassen worden gebruikt. De LED wordt gezien als een energiezuiniger en geavanceerder alternatief voor de gloeilamp. Een van de voordelen van LED-verlichting is dat de lamp warmte niet direct richting de plant afgeeft. Hierdoor kan de verlichting dichtbij de planten worden geplaatst. Dit komt bijvoorbeeld van pas in de tomatenteelt. In de huidige situatie hangt de verlichting boven de hoge tomatenplanen, waardoor de tomaten onderaan minder licht krijgen. LED's kunnen tussen de planten worden gehangen, waardoor ook de tomaten onderin de plant, met dezelfde hoeveelheid licht beter kunnen groeien. Ook bij de meerlagenteelt is LED-verlichting interessant. In de meerlagenteelt worden kleine, jonge

plantjes in meerdere lagen boven elkaar geteeld. Meestal hangen TL-lampen een eind boven de planten. Bij LED-verlichting kunnen de lampen op een kortere afstand boven de planten kunnen hangen waardoor er minder licht verloren gaat. Een ander voordeel van de LED-verlichting is dat kleur beter te sturen is; zo kan afhankelijk van het gewas een (combinatie van) blauw of rood licht worden toegepast.

Een wijziging t.o.v. de verlichting met TL-buizen is de afstand tot de lichtbron. De lichtbron is veel dichterbij de planten en hierdoor ook dichterbij de tuinder. Bovendien heeft de LED een redelijk monochrome en redelijk nauwe bundel ten opzichte van de meer traditionele verlichting.

Deze toepassing van LED's is niet opgenomen in de literatuurbronnen die genoemd worden bij Beslisschema beoordeling kunstmatige optische straling (zie Figuur 5). Er is een nadere beoordeling nodig om vast te stellen of de kunstmatig optische straling van de LED's schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid. Bekend is dat voor de huid geen risico's zijn met betrekking tot LED's (zie § 4.1.5). De risico's voor het oog spelen bij types met hoog vermogen in het blauw (rond 470 nm of kortgolvriger). Een eerste stap in de nadere beoordeling is informatie op te vragen bij de fabrikant van de LED's.

De fabrikant heeft de straling van de LED's geëvalueerd conform IEC 62471:2006 en classificeert de als een laag risico voor de ogen, gebaseerd op de metingen van het blauwlicht radiantie. De toegestane blootstellingstijd aan het blauwlicht straling is ongeveer anderhalf uur, als er rechtstreeks in de bron gekeken wordt. Het advies is niet in de lichtbron te kijken. Daarnaast dient de werkgever na te gaan of de blootstellingsduur van anderhalf uur overschreden wordt.

Vervolgens dient de werkgever na te gaan of er sprake is van verhoogde fotogevoeligheid. Bijvoorbeeld fotogevoeligheid versterkende stoffen afkomstig van planten, zoals (bleek)selderij, dille wijnruit of stoffen die in combinatie met (UV) straling een fotoallergische reactie geeft, zoals chrysant of goudsbloem. Als dat het geval is, moet de werkgever nagaan of aanvullende maatregelen nodig zijn.

Ook in deze risicobeoordeling is een berekening of meting dus niet aan de orde, omdat de gegevens van de LED's volgen uit de gegevens van de fabrikant. Als de werkgever op grond van deze gegevens kan aantonen dat de LED's als veilig mogen worden beschouwd als er niet rechtstreeks in de lichtbundels wordt gekeken en eventueel aanvullende maatregelen genomen zijn m.b.t. verhoogde fotogevoeligheid, kan de risicobeoordeling stoppen bij het voorlichten van de werknemers over de risico's verbonden aan het kijken in de lichtbronnen.

8. Beheersmaatregelen

8.1. Arbeidshygiënische strategie

Als uit de beoordeling volgt dat overschrijding van de grenswaarde mogelijk is, dan moeten maatregelen genomen worden. Hierbij moet de arbeidshygiënische strategie aangehouden worden. Dit houdt in dat allereerst geprobeerd moet worden om het gevaar te elimineren of te vervangen door een minder gevaarlijke bron. Het is belangrijk dat de kale bron (lamp, LED of laser) zodanig is gekozen dat deze goed bij het proces aansluit zonder overdimensionering.

Vooraf het spectrum moet goed passen bij het gebruiksdoel. In het Arbobesluit is een expliciete bepaling opgenomen m.b.t. vervanging van de bron; in de RI&E moet aandacht worden gegeven aan het bestaan van vervangende arbeidsmiddelen die ontworpen zijn om de niveaus van blootstelling aan kunstmatige optische straling te verminderen.

Als eliminatie of vervanging van de bron onvoldoende mogelijk is, dan moeten maatregelen in de volgende volgorde van voorkeur worden genomen:

1. Bronmaatregelen
2. Collectieve maatregelen, zoals het plaatsen van een afscherming
3. Individuele maatregelen, het werk zo organiseren dat werknemers minder risico lopen, zoals vergroten van de afstand tot de bron, taakrotatie
4. Persoonlijke beschermingsmiddelen

8.2. Bronmaatregelen

Als eerste stap moet bekeken worden of de bron van de straling wellicht geëlimineerd kan worden, met name door overgang op een heel andere techniek. Voorbeelden van bronbestrijding bij lasers zijn: een laserinstallatie van een zo laag mogelijke klasse aanschaffen, gegeven een bepaalde toepassing, het vermogen van de straal zo laag mogelijk houden als nodig of een lasertoestel van klasse 3B of 4 zodanig uit te rusten dat het een installatie van klasse 1 wordt.

8.3. Collectieve maatregelen

Als de maatregelen van de hogere orde (eliminatie of vervangen van de bron) niet mogelijk zijn, dan moet gekeken worden naar collectieve maatregelen om de blootstelling te beperken.

Alle optische straling wordt goed tegengehouden door constructiematerialen zoals hout, metaal en steen. Dit kan gebruikt worden om apparatuur af te schermen. Voor laserapparatuur kan meer informatie over afschermingen gevonden worden in NEN-EN-IEC 60825-4:2006.

Filtermaterialen worden vaak gebruikt als zicht gehouden moet worden, maar oogschade optreedt zonder filtering. Er zijn drie basiscategorieën filters: absorptiefilters, interferentiefilters en dichroïsche spiegels. Absorptiefilters en interferentiefilters absorberen bepaalde golflengten door absorptie van de stralingsenergie respectievelijk door het opwekken van een resonantie door dunne coatingslaagjes. Dichroïsche spiegels laten de ene spectrale band door en reflecteren de andere spectrale band.

Veel gebruikte filtermaterialen zijn glas (bij zuivere UV-C bronnen, minder geschikt bij UV-B en ongeschikt bij UV-A) en polycarbonaat. Belangrijk is vast te stellen of de transmissiecurve van het filtermateriaal klopt bij de toepassing. Ook de temperatuur(veranderingen) van de toepassing zijn belangrijk. Enerzijds omdat veel filters, vooral interferentiefilters, temperatuurafhankelijk gedrag vertonen. Anderzijds omdat bij absorptie de stralingsenergie omgezet wordt in warmte wat bij kunststoffilters kan leiden tot smelten of brand.

Als personeel zich binnen de ruimte of het gebied met blootstellingsrisico's kan bevinden dan moeten er noodstopvoorzieningen zijn aangebracht. Deze noodstop moet de apparatuur of het proces onmiddellijk stopzetten.

Een effectieve en veelgebruikte beveiliging is een beveiligingscircuit. Bijvoorbeeld een interlockschakelaar. Door een interlock schakelt de bron uit bij openen van een beschermende omkapping, het openen van een zichtfilter of het openen van toegangsdeuren en luiken. Als personeel regelmatig nabij de apparatuur moet zijn, kunnen sensoren geplaatst worden (bijvoorbeeld een lichtschermb) die de aan- of afwezigheid van de operator detecteert en de optische stralingsbron uitschakelt wanneer iemand zich voorbij de sensor begeeft. De tijd die nodig is om de apparatuur veilig te stellen, bepaalt de plaatsing van de sensor.

Eventuele openingen in de omkasting van gevaarlijke bronnen voor uittreden van de optische bundel of voor ventilatieopeningen, in- en uitgangen voor lopende banden enzovoorts moeten zo zijn uitgevoerd dat de bestraling van personen zo laag mogelijk is. Moeten de componenten van de stralingsbundel gericht of uitgelijnd worden dan moet dit veilig kunnen worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld door een laag vermogen zichtlaser langs de as van de hoogvermogen bundel (zodat men gewaarschuwd wordt door het zichtbare licht).

8.4. Individuele maatregelen

Individuele maatregelen zijn de volgende orde in de hiërarchie van beheersmaatregelen. Het effect van deze maatregelen is afhankelijk van de mate waarin werknemers deze kennen en daarnaar handelen.

Als overschrijding van de grenswaarden mogelijk is, kan een toegangsbeleid worden ingericht. Bij voorkeur is dit een omsloten ruimte voorzien van waarschuwingsborden. Toegang tot het gebied of de ruimte waarin blootstelling aan optische straling mogelijk is, is beperkt tot geautoriseerd personeel. Geautoriseerd personeel moet door de leiding van het bedrijf worden aangewezen, geschikte training krijgen en geïnstrueerd worden.

Door een maximale verblijfsduur in te stellen kan in een aantal gevallen voldaan worden aan de grenswaarde voor een 8-urige blootstelling. De regel voor beperkte verblijfsduur moet dan wel bekend zijn aan de personen die toegang tot de bewuste gebieden hebben. De verblijfsduur moet in de voorlichting en instructies worden opgenomen en bij de toegang zijn aangebracht.

Bij bronnen met een uitwaaiende bundel neemt de emissie af bij het vergroten van de afstand. Bij een gloeilamp of andere puntbron neemt de intensiteit af met de afstand in het kwadraat (bijvoorbeeld twee keer zo ver weg is vier keer zo weinig dosis; drie keer zo ver weg is negen keer zo weinig dosis etc.). Bij een lijnbron die lang is ten opzichte van de afstand tot de bron, neemt intensiteit af met $1/R$ (dus bij een 2 keer zo grote afstand is de intensiteit nog de helft, bij een drie keer zo grote afstand nog een derde etc.). Bij lasers geeft vergroting van de afstand doorgaans geen afname van de blootstelling. Alleen bij een laserbundel met sterke uitwaaiing kan afstandsvergroting effectief zijn om de blootstelling te beperken.

De ruimte en werkplekken waar werknemers kunnen worden blootgesteld aan een niveau dat de grenswaarde overschrijdt, moeten worden aangegeven door passende signalering op ooghoogte. De voorgeschreven signaleringen voor laser, UV en optische straling staan in Figuur 6. De regelgeving omtrent pictogrammen is met name te vinden in de Arboregeling, hoofdstuk 8. In bijlage XVIII, behorende bij art. 8.10 van deze regeling staat welke kenmerken waarschuwingsborden moeten hebben: driehoekig, zwart pictogram op gele achtergrond, zwarte rand. De waarschuwingsborden voor 'laserstraal' en 'niet-ioniserende straling' zijn in genoemde bijlage opgenomen. Het waarschuwingsbord UV-straling staat niet de bijlage, maar is een gangbare signalering.

Bij een aparte ruimte moet de waarschuwing boven of naast de toegangsdeur zijn aangebracht. Het heeft voorkeur om de signalering te koppelen met de apparatuur, zodat de waarschuwingstekst automatisch inschakelt met het inschakelen met de optische stralingsbron; een waarschuwing die alleen getoond wordt wanneer de optische stralingsbron ingeschakeld is, is effectiever dan een permanent zichtbare waarschuwing.



Figuur 6 – Waarschuwbord voor v.l.n.r. laser-, UV-, niet-ioniserende straling

Bij de pictogrammen kan nog een waarschuwingstekst zijn aangebracht. Bijvoorbeeld het soort optische straling, de maximale verblijftijd zonder bescherming, geen toegang zonder bescherming, en voorzorgsmaatregelen zoals niet rechtstreeks in de bundel kijken of verplichte persoonlijke beschermingsmiddelen.

Op lasers moet een het waarschuwbord laser (afbeelding links in Figuur 6) worden aangebracht met daarbij een vermelding van de laserklasse. Vermeldingen van het maximale vermogen in de stralingsbundel, pulsduur, golflengte en de norm waarop de classificatie gebaseerd is moeten ook op een duidelijk zichtbare plaats zijn aangebracht.

Werknemers die omgaan met risicovormende kunstmatige optische stralingsbronnen moeten aantoonbaar geïnstrueerd zijn in de veilige omgang met dergelijke apparatuur. Bij personeelwisselingen moeten ook nieuwe medewerkers afdoende instructie krijgen.

8.5. Persoonlijke beschermingsmiddelen

Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) zijn het laagste niveau van beheersmaatregelen. Deze mogen alleen worden toegepast wanneer technische en organisatorische maatregelen niet toepasbaar of niet afdoende zijn. Bovendien mogen PBM's niet als permanente oplossing worden gezien, maar slechts als tijdelijke maatregel zolang de blootstelling niet of onvoldoende kan worden beperkt met een maatregelen van een hoger niveau (zie §8.2 t/m 8.4).

Het doel van PBM's is het verlagen van de optische straling tot een niveau dat er geen gezondheidsschade kan ontstaan. Aangezien de effecten van optische straling afhankelijk zijn van de golflengte, zal ook de mate van bescherming die PBM's moeten bieden variëren met de golflengte.

8.5.1. Oogbescherming

Voorbeelden van oogbescherming zijn veiligheidsbrillen en gelaatsschermen. De oogbescherming moeten niet alleen het directe zichtveld afschermen, maar ook de ooghoeken. Instraling van de zijkant moet dus ook zijn afgeschermd.

Elk soort van straling vereist een andere bril. In het algemeen is de keuze uit de volgende typen van optische straling, UV-straling, zichtbaar licht en IR-straling. De bril moet de straling afzwakken tot een aanvaard niveau beneden de richtlijn. In Figuur 7 staat een aantal aspecten waarmee minimaal rekening moet worden gehouden bij de keus van oogbescherming.



Figuur 7 - Enkele criteria bij keuze oogbescherming (bron: Non-binding guide)

Op het beschermingsmiddel moeten het golflengtegebied en bijbehorende beschermingsniveau duidelijk zijn aangegeven. Dit is vooral van belang bij blootstelling aan meerdere bronnen. Bij meerdere bronnen van dezelfde golflengte, is één type bril, specifiek voor die golflengte vereist. Bij meerdere bronnen met verschillende golflengte, moeten evenzoveel soorten brillen aanwezig zijn. Voor elke bron met een specifieke golflengte moet een bril met bescherming tegen die golflengte aanwezig zijn en bij werkzaamheden aan die bron gedragen worden.

Oogbeschermingsmiddelen moeten op de juiste manier worden bewaard, regelmatig worden schoongemaakt en geïnspecteerd. Onder ideale omstandigheden gaan veiligheidsbrillen zes tot twaalf maanden mee. In de handleiding van de fabrikant staan gegevens over de slagvastheid en de toepassingsgebieden. Staat een bepaalde toepassing niet in de handleiding of op de bril, dan is de bril niet geschikt om bescherming te bieden bij die toepassing.

UV-straling

De meeste brillen zijn van polycarbonaat gemaakt. Ook verhard glas en CR 39 (allyldiglycolcarbonaat) worden gebruikt. Glas laat echter UV-A straling door. Polycarbonaat houdt bijna alle UV-straling tegen.

De codering op de UV-bril is als volgt opgebouwd. Codecijfer (2 of 3) – scale-nummer (1,2 tot 5), identificatie fabrikant, optische klasse (1 tot en met 10) en eventueel een symbool voor de mechanische bescherming.

NEN-EN 170:2002 geeft de eisen voor de doorlatingsfactoren en het aanbevolen gebruik van ultraviolet filters van oogbescherming.

Infrarode straling

Om infrarode straling tegen te houden zijn brillen of gelaatsmaskers nodig die specifiek daarvoor gemaakt zijn. Bijvoorbeeld brillen van CR 39 of gelaatsbeschermers met kobalt geïmpregneerde blauwe glazen. De beschermfactor van de bril is nauw gerelateerd aan de temperatuur van de bron. Voor bronnen van incoherente IR-straling, zoals ovens, kunnen gelaatsmaskers van fijn geweven metaalgaas een goede oplossing zijn. Onder het masker moet dan een speciale bril worden gedragen. Ook een gelaatsscherm met gecoate goudfolie biedt goede bescherming. Een bril is daarbij niet nodig.

De codering op de IR-bril is als volgt opgebouwd. Codecijfer (4) – scale-nummer (1,2 tot en met 10), identificatie fabrikant, optische klasse (1 tot en met 10) en eventueel een symbool voor de mechanische bescherming en eventueel de weerstand tegen gesmolten metaaldeeltjes.

Eisen voor infrarood filters in oogbescherming staan in NEN-EN 171.

Las-/snijtechnieken

Bij lassen of snijden van metaal moet een lasbril of lashelm worden gebruikt. Afhankelijk van het toegepaste techniek is oogbescherming tegen UV of IR nodig. Eisen voor de doorlatingsfactoren en het aanbevolen gebruik van filters voor lassen en verwante technieken staan in NEN-EN 169. Bij laswerkzaamheden wordt de automatische laskap de laatste jaren veel toegepast. In de normering is een tabel opgenomen waarbij voor elke combinatie lasproces-lasstroom de in te stellen tint weergegeven wordt. In de praktijk kiest de lasser veelal zelf de tint die voor hem het beste is.

Laserstraling

Er zijn twee soorten laserbrillen:

- Laserbeschermbrillen die beschermen tegen laserstraling van een specifieke golflengte,
- Laserbrillen die helpen in het (beter) zichtbaar maken van de laserstraal door verhoogd contrast. Deze bieden geen bescherming.

Laserbeschermbrillen zijn gemaakt van polycarbonaat of gecoat glas. Het type laser en de bijbehorende golflengte bepalen het type bril, de doorlaatbaarheid van het filter en de zichtbaarheid door de bril. Voor laserbeschermbrillen bestaat de internationale norm ISO 6161 en NEN-EN 207 voor incidentele blootstelling aan laserstraling. In laatstgenoemde norm staat in bijlage B een handleiding voor de selectie en het gebruik van laserbeschermbrillen.

NEN-EN 208 geeft de eisen, testmethode en markering van oogbescherming voor instelwerkzaamheden aan lasers en lasersystemen. Ook is in deze norm een bijlage voor de selectie en het gebruik van laserbeschermbrillen bij instelwerk opgenomen.

8.5.2. Huidbescherming

Bij blootstelling aan optische straling is het risico voor de handen, het gezicht en de nek het hoogst. De handen kunnen beschermd worden door handschoenen die weinig optische straling doorlaten. Bijvoorbeeld handschoenen van lycra (mits niet 'overstretched') of leer (zoals bij lassen waarbij risico op lasspatten en hitte bestaat zoals beklede elektrode lassen en MIG/MAG lassen) of handschoenen geschikt tegen straling (bijvoorbeeld bij TIG lassen waarbij geen gevaar van lasspatten is). Andere textielsoorten, zoals katoen, zijn redelijk transparant voor optische straling en beschermen daarom meestal niet voldoende. Het gezicht kan beschermd worden met een absorberend gelaatsscherm, wat ook oogbescherming biedt. Geschikte hoofdbedekking beschermt het hoofd, hals en de nek, vooral ook om te beschermen tegen eventuele reflecties tegen wanden en plafond. Een voorbeeld is een kol of monnikskap bij lassen in een ruimte met veel reflecties, zoals in een tank. Het spreekt voor zich dat het ongunstig is om te werken met de bovenste knoop los omdat dan de hals en deel van de borst onbedekt zijn en dus blootgesteld worden aan de straling.

9. De rol van de Arbeidsinspectie

De Arbeidsinspectie houdt toezicht op de naleving van de voorschriften met betrekking tot kunstmatige optische straling. Bij het niet naleven van de voorschriften kan de Arbeidsinspectie een boete opleggen of bestuursdwang toepassen.

Het handhavingsbeleid richt zich bij optische straling in de eerste plaats op het bevorderen van het gebruik van machines en apparaten die voldoen aan de stand van de techniek. Goed inzicht in de stand van de techniek en een voortdurende alertheid op de actualiteit van deze stand der techniek zijn dus belangrijk voor de werkgever. Stelt de Arbeidsinspectie vast dat de bestaande apparatuur niet voldoet aan de stand van de techniek, dan kunnen vervanging of betere afscherming aan de orde zijn. Verder kan de Arbeidsinspectie constateren dat de gegevens van fabrikant ontbreken, de blootstelling van de werknemer onvoldoende beoordeeld is of dat deze blootstelling onvoldoende kan worden beoordeeld. Bestaat er daarbij een redelijk vermoeden dat de blootstelling boven de grenswaarde(n) ligt, dan zal de Arbeidsinspectie een nadere beoordeling van de optische straling voorschrijven.

10. Informatiebronnen

- Van Cauwenberghe, S. - Kunstmatige optische straling, Kluwer, 2010
- Radiation Protection Division - A Non-Binding Guide to the Artificial Optical Radiation Directive 2006/25/EC, Health Protection Agency, 2007
- Wieringa F.P., Teirlinck C.J.P.M en Alferdinck J.W.A.M. Optische straling in arbeidssituaties, TNO, 2006
- HSE - Guidance for Employers on the Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations (AOR), HSE 2010
- www.arboportaal.nl, dossier Optische straling
(<http://www.arboportaal.nl/onderwerpen/fysische-factoren/optische-straling.html>)
- Nederlands Instituut voor Lastechniek (www.nil.nl)

11. Bijlagen

I. Begrippen en afkortingen

Optische straling	In deze brochure: optische straling die niet afkomstig is van natuurlijke bronnen (formeel is de volledig naam Kunstmatige Optische Straling)
Coherent	Als alle straling precies dezelfde frequentie en golflengte heeft en in fase is (dat wil zetten 'in de pas loopt')
Monochromatisch	Als alle straling precies dezelfde frequentie en golflengte heeft
Divergeren	Uitwaaieren van straling
Grenswaarden	Grenzen voor de blootstelling aan optische straling, die direct gebaseerd zijn op bewezen gezondheidseffecten en biologische overwegingen
IR	Infrarood
UV	Ultraviolet
Laser	Apparaat dat in staat is om coherente optische straling te produceren, hoofdzakelijk via een gecontroleerde, smalle bundel

II. Nadere informatie lasers

II.1. Classificatie van lasers¹

Klasse 1

De irradiantie² van de toegankelijke laserstraling ligt lager dan de blootstellingsgrenswaarde. Dit type komt veel voor. 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. Bij ontmanteling van een klasse-1-toestel is er een potentieel risico voor blootstelling aan een gevaarlijke laserstraal.

Voorbeelden van toepassingen: laserprinters, cd-spelers, dvd-spelers

Klasse 1M

Het zijn toestellen die of een sterk divergente straal of een bundel met grote diameter uitzenden. Daardoor kan slechts een klein deel van de bundel het oog binnendringen. Bij gebruik 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 ingedeeld.

Voorbeelden van toepassingen: optische vezels voor communicatie

Klasse 2

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

Voorbeelden van toepassingen: laseraanwijzers, barcodescanners

Klasse 2M

Deze lasers zijn gelijk aan klasse 2 maar hebben een sterk divergerende straal of een grote bundeldiameter. Hierdoor kan maar een klein deel van de bundel het oog binnendringen. Wordt gebruik gemaakt van vergrotende of focuserende optische instrumenten dan kan dit soort laser toch schadelijk zijn voor het oog.

¹ Herziene versie, gebruikt op toestellen geproduceerd vanaf 2002

² Het invallend vermogen aan straling per eenheid van oppervlakte

*Voorbeelden van toepassingen: nivellerings- en oriëntatie-instrumenten***Klasse 3R**

Deze continu stralende lasers hebben een hoger vermogen dan de lagere klassen maar toch slechts een maximaal vermogen van 5 mW. 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 laag. Het potentieel gevaar schuilt erin dat deze lasers een vermogen hebben groter dan de maximale toelaatbare blootstelling. Bij een blootstellingstijd van 0,25 seconden (oogreflex) bij zichtbare straling of 100 seconden bij niet-zichtbaar straling kunnen toestellen van deze klasse schade aan de ogen aanrichten.

*Voorbeelden van toepassingen: roterende lasers, topografische lasers***Klasse 3B**

Het uitgezonden vermogen kan oplopen tot 500 mW voor continue lasers of 10 J/cm² voor pulserende lasers. Dit is voldoende om oogbeschadiging te veroorzaken, zowel door de directe als door de gereflecteerde bundel. 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.

*Voorbeelden van toepassingen: in onderzoekslaboratoria, fysiotherapie***Klasse 4**

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

*Voorbeelden van toepassingen: chirurgie, graveringen, snijden van metalen***II.2. Overzicht maatregelen per laserklasse****Klasse 1**

Beschrijving gevaar	Veilig onder normale omstandigheden
Bewaakte gebied	Niet vereist
Sleutel toegang	Niet vereist
Training	Instructie fabrikant opvolgen voor veilig gebruik
PBM	Niet vereist
Beheersmaatregelen	Niet nodig bij normaal gebruik

Klasse 1M

Beschrijving gevaar	Veilig voor het oog, kan gevaarlijk zijn bij gebruik van lenzen
Bewaakte gebied	Aangewezen of omsloten
Sleutel toegang	Niet vereist
Training	Aanbevolen
PBM	Niet vereist
Beheersmaatregelen	Voorkom gebruik van vergrotende of convergerende lenzen

Klasse 2

Beschrijving gevaar	Veilig bij korte blootstelling; oog bescherming door weggijk reflex
Bewaakte gebied	Niet vereist
Sleutel toegang	Niet vereist
Training	Instructie fabrikant opvolgen voor veilig gebruik
PBM	Niet vereist
Beheersmaatregelen	Niet in de bundel kijken

Klasse 2M

Beschrijving gevaar	Veilig voor het oog bij korte blootstelling, kan gevaarlijk zijn bij gebruik van lenzen
Bewaakte gebied	Aangewezen of omsloten
Sleutel toegang	Niet vereist
Training	Aanbevolen
PBM	Niet vereist
Beheersmaatregelen	Niet in de bundel kijken. Voorkom gebruik van vergrotende of convergerende lenzen

Klasse 3R

Beschrijving gevaar	Relatief laag risico op schade, maar kan gevaarlijk zijn bij verkeerd gebruik door ongetraind personeel
Bewaakte gebied	Omsloten
Sleutel toegang	Niet vereist
Training	Vereist
PBM	Kan vereist zijn, afh. van RI&E
Beheersmaatregelen	Voorkom directe blootstelling oog

Klasse 3B

Beschrijving gevaar	Direct kijken in de lichtbundel is gevaarlijk
Bewaakte gebied	Omsloten en onderbrekingsschakelaar
Sleutel toegang	Vereist
Training	Vereist
PBM	Vereist
Beheersmaatregelen	Voorkom blootstelling van oog en huid. Bescherming tegen onbedoelde reflecties

Klasse 4

Beschrijving gevaar	Gevaarlijk voor huid en oog; brandgevaar
Bewaakte gebied	Omsloten en onderbrekingsschakelaar
Sleutel toegang	Vereist
Training	Vereist
PBM	Vereist
Beheersmaatregelen	Voorkom blootstelling van oog en huid en aan onbedoelde reflecties

Klasse 3B- en klasse 4-laser producten mogen alleen toegepast worden na een risico-inventarisatie om vast te stellen welke beschermingsmaatregelen nodig zijn om veilig gebruik te borgen.