



De keuze van een laserveiligheidsbril

MAJ HAVERKATE¹, MARJOLEIN HILGERINK², SANNE VAARTJES¹, FRITS DE MUL¹, RON VAARTJES^{2,3}

¹ ZGT (Ziekenhuisgroep Twente), Afdeling Zorgtechnologie, Klinische Fysica, Hengelo/Almelo, correspondentie: s.vaartjes@zgt.nl

² MST (Medisch Spectrum Twente), Afdeling Klinische Fysica, Enschede

³ Tevens voorzitter van de Stichting Laserveiligheid in de Gezondheidszorg: www.laserveiligheidindegezondheidszorg.nl

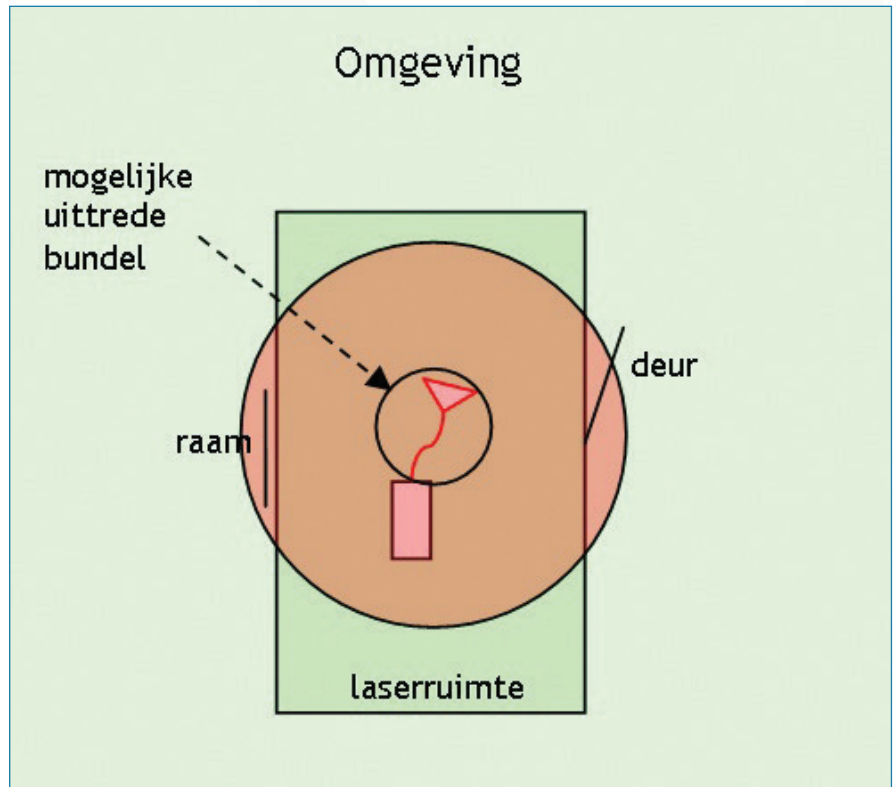
Inleiding

In de Nederlandse ziekenhuizen worden op steeds meer afdelingen lasers gebruikt. Bij het gebruik van lasers is het noodzakelijk een laserveiligheidsbril te dragen om het oog te beschermen tegen laserlicht [Las12]. Doel van dit artikel is een praktische invulling te geven aan dit voorschrift. De volgende vragen worden beantwoord:

- Voor wie is een laserveiligheidsbril bedoeld?
- Aan welke normen moet de laserveiligheidsbril voldoen?
- Welke veiligheid garandeert een laserveiligheidsbril?
- Is er onderhoud en controle van de bril nodig?
- Hoe kun je brildracht bevorderen?
- Voldoet een gewone bril?

Voor wie is een laserveiligheidsbril bedoeld?

In principe dienen alle personen die zich binnen het bereik van de laserbundel bevinden hun ogen te beschermen door het dragen van een laserveiligheidsbril, tenzij de laserbundel onder alle omstandigheden ongevaarlijk is voor het oog. Het is absoluut onvoldoende om enkel de ogen te sluiten, omdat het laserlicht slechts gedeeltelijk door het ooglid wordt tegengehouden. Of bescherming door middel van een bril nodig is, moet worden vastgesteld door een laserveiligheidsdeskundige. Het is hierbij belangrijk de gevarenafstand in acht te nemen. De NOHD (Nominal Ocular Hazard Distance) is de afstand waarbij vanaf de plaats van uittrede van de laserbundel de dosis onder de MPE-waarde (MPE = Maximum Permissible Exposure) komt en dus veilig is voor het oog. Binnen deze afstand, zie rode zone in **Figuur 1**,



Figuur 1. Schematische weergave van de gevarezone (rode zone)¹. Deze loopt in dit voorbeeld tot buiten de laserruimte. In dit voorbeeld is het dragen van een laserveiligheidsbril in de ruimte overal verplicht en moet blinding van ramen en deuren in combinatie met een interlocksysteem en gedragsafspraken, voorkomen dat de laserbundel buiten de ruimte schade kan toebrengen.

¹ Figuur afkomstig uit de Checklist Laserveiligheid van de ZGT, versie 2011.

kan het oog beschadiging oplopen en is een laserveiligheidsbril voor iedereen noodzakelijk. Dit betekent dus niet alleen degenen die de apparatuur bedienen, maar ook de eventueel aanwezige patiënt, assistenten en/of begeleiders. Voor patiënten kan, buiten de laserveiligheidsbril, ook gekozen worden voor 'goggles'/'block out glasses'. Dit zijn oogbolbeschermers die het hele oog afdekken en geen enkel licht doorlaten. Bij procedures waarbij de patiënt onder anesthesie is, hebben deze de voorkeur, net zoals bij laserbehandelingen vlak bij het oog (bijvoorbeeld bij dermatologie).

Slechts in uitzonderlijke gevallen kan van brildracht worden afgezien.

Aan welke normen moet de laserveiligheidsbril voldoen? Welke veiligheid garandeert een laserveiligheidsbril?

Er zijn verschillende normen van belang als het gaat om de keuze van een goede laserveiligheidsbril. In de eerste plaats de NEN-EN 207 [NEN09], die voorschrijft waar een bril voor bescherming tegen onbedoelde blootstelling aan laserlicht moet voldoen, en de wijze waarop deze eigenschappen dienen te worden getest. De NEN-EN 207 bepaalt



onder andere voor welke intensiteit van straling, tijdsduur en richting de bril bescherming dient te bieden. Daarnaast geeft de NEN-EN 207 eisen aan de stabiliteit van de beschermende eigenschappen van de bril en aan de sterkte van het frame. Ook worden er testmethodes beschreven. In 2010 is een nieuwe versie van de NEN-EN 207 verschenen. De versie uit 2010 bevat een belangrijke wijziging ten opzichte van de oude versie, die uit 1998 komt. In de oude versie wordt beschreven dat een laserbril gedurende 10 seconden bescherming moet bieden tegen laserstraling. De nieuwe versie gaat echter uit van onbedoelde blootstelling ('accidental exposure') die niet langer duurt dan 5 seconden. De brillen die volgens deze norm zijn ontwikkeld en getest bieden dus bescherming voor maximaal 5 seconden blootstelling. Bij het testen volgens de NEN-EN 207 worden zowel het glas als het frame van de bril getest. De norm geeft aan dat het smelten of beschadigen van de bril door de laserstraling niet ernstig is, zolang het beschermende effect voor de ogen waarborgd blijft.

De NEN-EN 207 volgt uit de internationale norm IEC 60825-1 [NEN07], waarin onder andere is beschreven wat MPE-waarden zijn voor bepaalde types lasers. Zoals beschreven is de MPE de hoeveelheid straling waaraan een persoon, onder normale omstandigheden, mag worden blootgesteld, zonder dat er een schadelijk effect optreedt. De MPE-waarde kan gebruikt worden om te berekenen welke minimale bescherming de bril moet bieden. Beide normen zijn gerelateerd aan de Europese richtlijn voor Kunstmatige Optische Straling: 2006/25/EC. Deze richtlijn beschrijft welke acties een werkgever dient te nemen om werknemers optimaal tegen laserstraling te beschermen. De beschikbaarheid van passende persoonlijke beschermingsmiddelen is inmiddels ook vanuit de Nederlandse wetgeving vereist [Arb10]. Verder is vanzelfsprekend de Europese richtlijn betreffende medische hulpmiddelen (93/42/EEG) van belang.

Eisen aan de laserveiligheidsbril

De belangrijkste eisen aan de laserbril zijn op basis van de NEN-EN 207 maar ook de Europese richtlijn medische hulpmiddelen (93/42/EEG), IEC 60825-1 en het Arbeidsomstandighedenbesluit: Kunstmatige optische straling:

Eisen aan de bril (1): CE markering

In de Europese richtlijn betreffende medische hulpmiddelen (93/42/EEG) is vastgesteld dat alle veiligheidsbrillen die in de EU verkocht en gebruikt worden, CE gemarkeerd dienen te zijn. Let bij het kopen van een bril dus op CE markering.

Eisen aan de bril (2): Overige markeringen

Wanneer de bril is getest aan de NEN-EN 207, kan de bescherming van de bril herkend worden aan de hand van markeringen op de bril. In deze markering kunnen drie gebieden worden onderscheiden: een letter (D, I, R, M), gevolgd door het golflengtebereik waarbinnen de bril bescherming biedt, en een 'L nummer'. De letters corresponderen met Continuous Wave (CW) of verschillende pulslengtes:

D – Continuous Wave (CW)

I – gepulst met pulslengte $> 1 \mu\text{s}$ en $< 500 \text{ ms}$, 'Long Pulse'

R – gepulst met pulslengte $> 1 \text{ ns}$ en $< 1 \mu\text{s}$, 'Q-switched'

M – gepulst met pulslengte $< 1 \text{ ns}$, 'Femtosecond'

Het 'L nummer' correspondeert met het maximale vermogen waartegen de bril bescherming biedt. Deze maximale vermogens zijn gepubliceerd in tabel B1 in de NEN-EN 207.

Er kan ook teruggeredeneerd worden. Wanneer het maximale vermogen (in J of W) van de laser en de diameter van de laserbundel bekend zijn, kan voor het golflengtebereik en het type laser het 'L nummer' dat benodigd is voor voldoende oogbescherming in tabel B1 uit de NEN-EN 207 teruggezocht worden. De

MPE voor een totale blootstellingsduur van 5 seconden is in deze tabel verwerkt. Voorbeeld: Wanneer de bril voldoet aan de NEN-EN 207, kan de bescherming van de bril als volgt zijn aangegeven:

- D 750 - 1200 L5
- R 750 - 1200 L6
- M 750 - 1200 L4

Dit betekent het volgende:

- De bril biedt gedurende enige tijd bescherming tegen CW laserlicht, in het golflengtebereik tussen 750-1200 nm, met een maximale vermogensdichtheid van 1 MW m^{-2} .
- De bril biedt gedurende enige tijd bescherming tegen Q-switched laserlicht, in het golflengtebereik tussen 750-1200 nm, met een maximale energiedichtheid van 5 kJ m^{-2} .
- De bril biedt gedurende enige tijd bescherming tegen Femtosecond laserlicht, in het golflengtebereik tussen 750-1200 nm, met een maximale energiedichtheid van $1,5 \text{ J m}^{-2}$.

De nieuwste versie van NEN-EN 207 geeft aan dat 'enige tijd' minimaal 5 seconden moet zijn.

Eisen aan de bril (3): Optische dichtheid (OD)

Voordat de NEN-EN 207 markeringen bestonden, werd de bril altijd gekarakteriseerd op basis van de optische dichtheid (OD). Deze methode wordt nog vaak toegepast. De OD is de log van de verzwakking voor een bepaalde golflengte ($OD = 6$ komt dus overeen met een verzwakking van 1.000.000). De methode gaat er vanuit dat een laserbril het oog gedurende 10 seconden bescherming moet bieden tegen laserstraling, anders dan de nieuwe NEN-EN 207 die 5 seconden voldoende acht.

Voor het bepalen van de benodigde OD moet de MPE-waarde opgezocht worden in één van de tabellen in de IEC 60825 en worden specifieke formules [Teio6] toegepast. Bij meerdere mogelijkheden voor de MPE, moet de meest gunstige



Voorbeeld: Stel je wilt voor onderstaande laser de benodigde OD berekenen:

	Lasert
Golflengte λ [nm]	532
Vermogen P [W]	20 - 120
Afstand tot het brandpunt Z [m]	0 (straal is niet gefocuseerd)
Hele divergentiehoek θ [°]	5,4 - 8,6 ($5,4^\circ = 0,094$ rad)
Spot diameter a [m]	600×10^{-6}
Profielcorrelatiefactor C	2
MPE [W/m ²]	10

waarde worden gekozen (dit is de kleinste MPE).

De eis is dat laserveiligheidsbril, gehouden in het centrum van de laser, op 25 cm afstand van de plaats van uittrede van de bundel gedurende 10 seconde bij de meest ongunstige instelling van de laser, een verzwakking tot onder het MPE-niveau moet geven [Hav10].

Om uit te reken welke OD benodigd is om aan het criterium te voldoen, of terwijl welke transmissie T de bril moet geven voor deze laser, zijn de volgende

$$MPE = \frac{4PC}{\pi((NOHD - Z) \cdot 2 \tan(\frac{\theta}{2}) + a)^2} \quad (1)$$

$$T = \frac{E}{E^*} \quad (2)$$

$$E = MPE \quad (3)$$

$$E^* = \frac{4PC}{\pi((NOHD_{bril} - Z) \cdot 2 \tan(\frac{\theta}{2}) + a)^2} \quad (4)$$

$$OD = -\log^{10}(T) \quad (5)$$

waarbij	
MPE	= Maximum Permissible Exposure [W/m ²] (= E waarbij blootstellinglimiet is bereikt)
E	= Vermogensdichtheid zonder gebruik laserveiligheidsbril [W/m ²]
E*	= Vermogensdichtheid met gebruik van laserveiligheidsbril [W/m ²]
T	= Transmissie laserveiligheidsbril
P	= Vermogen [W]
C	= Profielcorrelatiefactor
NOHD _{bril}	= Nominal Ocular Hazard Distance [m], nu afstand waarop bril verzwakking tot onder MPE-niveau moet geven
Z	= Afstand tot brandpunt [m]
θ	= Divergentiehoek [rad]
a	= Spotdiameter [m]

formules van belang [Hav10]:

Voor NOHD_{bril} dient in dit geval 0,25 m te worden ingevuld omdat dit de afstand is waarop de bril een verzwakking tot onder het MPE-niveau moet geven.

Uitkomst bij invullen van E en E* (zie

Formule 3 en 4) in Formule 2 en de resulterende T in **Formule 5**, is dat de OD minimaal 4,7 moet zijn om hieraan te voldoen.

Voor een gepulste laser is de wijze van berekenen vergelijkbaar, daarvoor moet de term 4PC echter aangepast worden in $4P_g FtC$ waarbij P_g = Gemiddeld pulsvermogen [W], F = Maximale puls frequentie [s⁻¹] en t = blootstellingstijd [10 seconden kiezen].

Eisen aan de bril (4): Overige eisen

Naast informatie over de berekening van de benodigde beschermingseigenschappen van de bril, worden in de normen de volgende eisen aan de bril gesteld:

- De laserveiligheidsbrillen dienen niet alleen het directe zichtveld af te schermen, maar ook de ooghoeken. Dit betekent dat het glas voor verschillende hoeken van instraling bescherming dient te bieden, maar ook dat het frame van de bril de juiste bescherming biedt. Vaak sluit het frame (gedeeltelijk) aan de zijkant aan op het hoofd, zodat laserlicht niet vanaf de zijkant achter het frame het oog kan bereiken [NEN-EN 207].
- Zichtbare waarschuwingssignalen moeten zichtbaar blijven wanneer de laserveiligheidsbril wordt gedragen. Dit betekent dat de bandbreedte van de bril ook hierom niet te groot moet zijn en dat kleuren van de waarschuwingssignalen slim gekozen moeten worden. Voor ingebruikname van de bril dient getest te worden of de waarschuwingssignalen zichtbaar blijven bij het dragen van de bril. Zoals al eerder in dit artikel is aangegeven, is het voor het goed kunnen uitvoeren van een therapeutische behandeling met de laser onwenselijk om licht van teveel golflengtes te blokkeren, omdat het zicht op het doelgebied dan te gering wordt [NEN-EN 207; IEC 60825-1].
- De leverancier van de laser moet informatie verstrekken over de benodigde beschermingseigenschappen van de laserbril, evenals gegevens over de bundeleigenschappen van de laser, om de benodigde bescherming van de bril uit te kunnen rekenen [NEN-EN 207; IEC 60825-1].

Is er onderhoud en controle van de bril nodig?

Laserveiligheidsbrillen moeten zowel bij ingebruikname als periodiek gecontroleerd worden. Het is belangrijk dat voor ingebruikname wordt bekeken of de bril bescherming biedt tegen de laser waarvoor hij gebruikt gaat worden door de code op de bril te lezen. Vervolgens dient de bril zo gemarkeerd te worden dat duidelijk is bij welke laser hij hoort en dat verwisseling wordt voorkomen. Daarnaast moet de bril gecontroleerd



worden op beschadigingen. Het is belangrijk deze controle periodiek te herhalen, omdat beschadiging van de bril de beschermingsgraad ernstig kan beïnvloeden. Dit geldt vooral voor gecoate brillen, waarbij krassen aan het briloppervlak grote invloed kunnen hebben. Ondeugdelijke brillen dienen onmiddellijk vervangen te worden. Daarom wordt halfjaarlijkse controle geadviseerd

Hoe kun je brildracht bevorderen?

De praktijk in de Nederlandse ziekenhuizen geeft nogal eens aan dat men niet altijd gemakkelijk te motiveren is om een bril te dragen. De belangrijkste redenen om geen beschermingsbril te dragen zijn:

1. het geringe draagcomfort,
2. de bril past niet over de 'gewone' bril,
3. de beperking van het zicht door brildracht of beslagen glazen,
4. men is niet goed op de hoogte van de gevaren die blootstelling van het oog aan laserlicht met zich meebrengt.

Met de volgende praktische aanbevelingen kan brildracht bevorderd worden:

1. Het draagcomfort van de bril kan worden vergroot door een koordje aan de pootjes van de bril te bevestigen, zodat de bril aan de achterkant tegen het hoofd gefixeerd kan worden. Het gewicht van de bril kan er namelijk voor zorgen dat de bril naar voren zakt. Een lichtgewicht bril biedt hier uiteraard ook een uitkomst.
2. Wanneer de laserveiligheidsbril gedragen dient te worden door brildragende werknemers, patiënt en/of begeleiders, moet de keus worden gemaakt tussen een geslepen veiligheidsbril of een bril die draagbaar is over de 'gewone' bril. Momenteel is er voldoende keuze aan laserveiligheidsbrillen die aan deze eis voldoen.

3. Voor de gebruiker is van belang dat de filterkarakteristiek van de bril dermate smal is, dat het licht met andere golflengtes dan die van de laserbundel zo veel mogelijk wordt doorgelaten [Teio6]. Een beperking van het zicht kan ontstaan doordat de bril naast het laserlicht, ook een deel van het zichtbare licht tegenhoudt. Daarom wordt aangeraden om er bij de aanschaf van een bril op te letten dat onderdrukking van het zichtbare gebied niet groter dan noodzakelijk is. Hierdoor wordt zicht op het therapeutisch werkgebied zo min mogelijk beperkt. Ook speelt nogal eens het probleem dat men in een laserbehandelkamer ook nog op een beeldscherm wil kijken waarop het behandelgebied is weergegeven. Men zet de laserveiligheidsbril af om op dat scherm te kunnen kijken. Dit probleem moet bij het ontwerp van de werkwijze en de technische realisatie tevoren worden getackeld.
4. Om de brildracht te bevorderen is het tenslotte vooral van belang dat de risico's van de toepassing van lasers bij de gebruikers bekend zijn. De bewustwording kan worden vergroot door bij de verplichte gebruiksinstructie hieraan speciale aandacht te besteden.

Voldoet een gewone bril?

Een gewone bril en zonnebril bieden geen bescherming tegen laserstraling! Ook gewone veiligheidsbrillen bieden onvoldoende bescherming. Buiten dat er geen laserspecifieke filtering is toegepast, kan er een gat gebrand worden (Figuur 2) in de bril en bieden gewone brillen geen zijdelingse bescherming. Deze zijn dus ongeschikt als laserveiligheidsbril.

Discussie

Wij hopen met dit artikel een praktische invulling te hebben gegeven aan de voorschriften op het gebied van laserveiligheidsbrillen. Wij denken dat het onoverkomelijk is een laserveiligheidsdeskundige in te zetten om alles aantoonbaar geborgd te regelen in het ziekenhuis. Vaak zal dit de klinisch fysicus zijn.

Belangrijk is verder op te merken dat alleen het kijken naar de laserklasse niet voldoende is. Alleen al omdat deze uitgaat van de knipperreflex. Bijvoorbeeld bij oogheelkundige behandelingen is deze knipperreflex vaak afwezig doordat de oogleden kunstmatig open worden gehouden.



Figuur 2. Resultaat blootstelling gewone bril aan 50 W CO₂-laserstraling¹⁰.



Zoals beschreven, is de NEN-EN 207 ontwikkeld voor onbedoelde blootstelling, die maximaal 5 seconden duurt. Voor aanschaf van een laser en bijbehorende brillen dient altijd een risicoanalyse te worden uitgevoerd. Wanneer uit de risicoanalyse blijkt dat de blootstelling waartegen de bril bescherming dient te bieden, nooit langer dan 5 seconden duurt, mag verwacht worden dat de laserbril geselecteerd volgens de NEN-EN 207 markeringen voldoende bescherming biedt. Wanneer uit de risicoanalyse blijkt dat onbedoelde blootstelling aan het oog echter langer dan 5 seconden aan kan houden, wordt geadviseerd een bril te selecteren met hogere beschermingseigenschappen. Deze beschermingseigenschappen kunnen worden afgeleid uit de MPE, zoals beschreven in het rekenvoorbeeld waarin is uitgegaan van de OD. Het kan in dit geval verstandig zijn om ook testen uit te voeren op een extra aangevraagde testbril.

Tot slot maken de meeste lasers gebruik van een richtlaser die een laag vermogen licht produceert met een andere golflengte dan de therapeutische laser. De laserbril biedt geen bescherming tegen het licht dat van deze richtlaser afkomstig is, omdat de richtlaser zichtbaar moet zijn. Het wordt daarom aanbevolen om te controleren of het (lage) vermogen van de richtlaser niet boven de MPE komt. Wanneer het vermogen van de richtlaser te hoog is dient deze te worden verlaagd tot onder het MPE niveau.

Nederlands Tijdschrift voor Stralingsbescherming 3(1):13-17; 2012

Trefwoorden: laserveiligheid; laserveiligheidsbril

Referenties

[Las12] Stichting Laserveiligheid in de Gezondheidszorg, *Risicoprofiel Laserveiligheid in de Gezondheidszorg*.

[Che11] *Checklist Laserveiligheid van de ZGT*; figuur afkomstig uit de Checklist Laserveiligheid, versie 2011.

[NEN09] Nederlands Normalisatie-Instituut, NEN-EN 207: *Personal eye-protection equipment – Filters and eye-protectors against laser radiation (laser eye-protectors)*, Delft, 2009.

[NEN07] International Electrotechnical Commission, NEN-EN-IEC 60825-1: *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*. Genève, Zwitserland, 2007.

[Arb10] Arbeidsomstandighedenbesluit; paragraaf 4a: *Kunstmatige optische straling en Besluit van 1 februari 2010 tot wijziging van het Arbeidsomstandighedenbesluit, houdende regels met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van kunstmatige optische straling*, 2010.

[Teio6] Teirlinck C J P M, Vaartjes S R, van Ardenne E M, *Laserveiligheid in de Gezondheidszorg*, Stichting Laserveiligheid in de Gezondheidszorg, Leiden, 2006.

[Hav10] Haverkate M, Toepassing QMT model cluster 15: *Laserapparatuur; inventarisatie en risicoanalyse, Stageverslag master Biomedical Engineering Universiteit Twente, Ziekenhuisgroep Twente, Hengelo/Almelo*, 2010.

[Teio6] Teirlinck C J P M, Vaartjes S R, van Ardenne E M, *Laserveiligheid in de Gezondheidszorg*, Stichting Laserveiligheid in de Gezondheidszorg, Leiden, 2006.