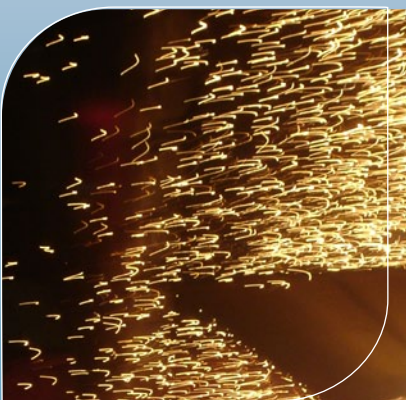


# Ohjeellinen käytännön opas direktiivin 2006/25/EY täytäntöönpanoa varten (Keinotekoinen optinen säteily)



Tämä julkaisu saa tukea työllisyyttä ja sosiaalista yhteisvastuuta koskevasta Euroopan unionin Progress-ohjelmasta (2007–2013).

Ohjelmaa toteuttaa Euroopan komissio. Se perustettiin tukemaan taloudellisesti Euroopan unionin työllisyyteen, sosiaaliasioidiin ja yhtäläisiin mahdollisuuksiin liittyviä tavoitteita, ja näin ollen se auttaa osaltaan Eurooppa 2020 -strategian tavoitteiden saavuttamisessa näillä aloilla.

Seitsemänvuotisen ohjelman kohteena ovat kaikki sidosryhmät, jotka voivat auttaa hahmottamaan asianmukaisen ja tehokkaan työllisyys- ja sosiaalilainsäädännön ja näiden alojen politiikkojen kehittämistä kaikkialla 27 jäsenvaltion EU:ssa, ETA:n Efta-valtioissa, EU:n ehdokasmaissa ja mahdollisissa jäsen ehdokasmaissa.

Lisätietoja: <http://ec.europa.eu/progress>

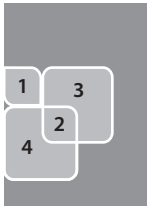
# Ohjeellinen käytännön opas direktiivin 2006/25/EY täytäntöönpanoa varten (Keinotekoinen optinen säteily)

**Euroopan komissio**

Työllisyys-, sosiaali- ja osallisuusasioiden pääosasto  
Yksikkö B.3

Käsikirjoitus on valmistunut kesäkuussa 2010.

Euroopan komissio tai kukaan komission nimissä toimiva henkilö ei ole vastuussa tämän julkaisun sisältämien tietojen mahdollisesta käytöstä.



© Kannen kuvat: 1, 3, 4: Euroopan unioni;  
2: iStock

Muiden kuin Euroopan unionin tekijänoikeuksin suojattujen valokuvien käytön tai jäljentämisen osalta lupaa on anottava suoraan tekijänoikeuksien omistajilta.

Europe Direct -palvelu auttaa sinua  
löytämään vastaukset Euroopan unioniin  
liittyviin kysymyksiisi.

Yhteinen maksuton palvelunumero (\*):  
**00 800 6 7 8 9 10 11**

(\* Jotkin matkapuhelinoperaattorit eivät salli pääsyä 00 800 -alkuisiin numeroihin, tai niistä voidaan laskuttaa.

Suuri määrä muuta tietoa Euroopan unionista on käytettävissä internetissä  
Europa-palvelimen kautta (<http://europa.eu>).

Luettelointitiedot sekä tiivistelmä ovat teoksen lopussa.

Luxemburg: Euroopan unionin julkaisutoimisto, 2011

ISBN 978-92-79-19809-0

doi:10.2767/3059

© Euroopan unioni, 2011

Tekstin jäljentäminen on sallittua, kunhan lähde mainitaan.

# Sisällys

---

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>7</b>
1.1	Miten tätä opasta käytetään? .....	7
1.2	Vastaavuus direktiiviin 2006/25/EY.....	9
1.3	Oppaan soveltamisala .....	10
1.4	Oleelliset säännökset ja lisätiedot .....	10
1.5	Viralliset ja epäviralliset neuvontakeskukset .....	10
<b>2</b>	<b>Keinotekoisien optisen säteilyn lähteet</b> .....	<b>11</b>
2.1	Epäkoherentin säteilyn lähteet.....	11
2.1.1	Työtehtävät .....	11
2.1.2	Laitteet .....	12
2.2	Lasersäteilyn lähteet .....	12
2.3	Merkityksettömät lähteet.....	14
<b>3</b>	<b>Optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvat terveysvaikutukset</b> .....	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Keinotekoisista optista säteilyä koskevan direktiivin vaatimukset</b> .....	<b>17</b>
4.1	4 artikla – Altistumisen määrittely ja riskien arviointi .....	17
4.2	5 artikla – Riskien estämistä tai vähentämistä koskevat säännökset .....	18
4.3	6 artikla – Työntekijöille annettavat tiedot ja koulutus .....	19
4.4	7 artikla – Työntekijöiden kuuleminen ja osallistuminen .....	19
4.5	8 artikla – Terveystilan seuranta .....	19
4.6	Yhteenvedo .....	19
<b>5</b>	<b>Altistumisen raja-arvojen käyttö</b> .....	<b>20</b>
5.1	Laserille altistumisen raja-arvot .....	20
5.2	Epäkoherentti optinen säteily.....	22
5.3	Lähdeviitteet.....	24
<b>6</b>	<b>Riskien arviointi direktiivin yhteydessä</b> .....	<b>25</b>
6.1	Vaihe 1. Riskien ja riskeille altistuvien henkilöiden määrittäminen .....	25
6.2	Vaihe 2. Riskien arviointi ja priorisointi .....	26
6.3	Vaihe 3. Ennalta ehkäisevistä toimista päättäminen .....	26
6.4	Vaihe 4. Toimeen ryhtyminen .....	27
6.5	Vaihe 5. Seuranta ja tarkistaminen .....	27
6.6	Lähdeviitteet.....	27
<b>7</b>	<b>Optisen säteilyn mittaus</b> .....	<b>28</b>
7.1	Direktiivin mukaiset vaatimukset .....	28
7.2	Lisäavun hankkiminen.....	28
<b>8</b>	<b>Valmistajan tietojen käyttäminen</b> .....	<b>29</b>
8.1	Turvallisuusluokitus .....	29
8.1.1	Lasereiden turvallisuusluokitus .....	29
8.1.2	Epäkoherenttien lähteiden turvallisuusluokitus .....	31
8.1.3	Koneiden turvallisuusluokitus .....	33
8.2	Turvaetäisyys ja turva-arvot .....	33
8.2.1	Laserit ja silmävaurion turvaetäisyys .....	33
8.2.2	Laajakaistalähteet – turvaetäisyys ja turva-arvo .....	34
8.3	Hyödyllistä lisätietoa .....	34

9	Riskienhallintatoimenpiteet.....	35
9.1	Riskienhallintatoimenpiteiden hierarkia.....	35
9.2	Vaaran poistaminen.....	35
9.3	Vähemmän vaaraa aiheuttavalla prosessilla tai laitteella korvaaminen.....	36
9.4	Tekniset ratkaisut.....	36
9.4.1	Kosketuksiin pääsyn estäminen.....	36
9.4.2	Rajoittimilla suojaaminen.....	36
9.4.3	Hätäkatkaisimet.....	36
9.4.4	Lukitus.....	37
9.4.5	Suodattimet ja tarkastusikkunat.....	37
9.4.6	Säädön apuvälineet.....	37
9.5	Hallinnolliset toimenpiteet.....	38
9.5.1	Paikalliset säännöt.....	38
9.5.2	Valvottu alue.....	38
9.5.3	Varoituskyltit ja -tekstit.....	38
9.5.4	Nimitykset.....	39
9.5.5	Koulutus ja konsultointi.....	40
9.5.5.1	Koulutus.....	40
9.5.5.2	Konsultointi.....	40
9.6	Henkilösuojaimet.....	41
9.6.1	Suojelu muita riskejä vastaan.....	42
9.6.2	Silmien suojaaminen.....	42
9.6.3	Ihon suojaaminen.....	43
9.7	Hyödyllistä lisätietoa.....	43
9.7.1	Perusstandardit.....	43
9.7.2	Tuotetyyppejä koskevat standardit.....	43
9.7.3	Hitsaus.....	44
9.7.4	Laserit.....	44
9.7.5	Voimakkaan valon lähteet.....	44
10	Vaaratilanteet.....	45
11	Terveystilan seuranta.....	46
11.1	Kuka huolehtii terveystilan seurannasta?.....	46
11.2	Terveystilaa koskevat tiedot.....	46
11.3	Lääkärintarkastus.....	46
11.4	Toimet altistumisen raja-arvon ylittyessä.....	47
	Liite A Optisen säteilyn luonne.....	49
	Liite B Optisen säteilyn biologiset vaikutukset silmiin ja ihoon.....	50
B.1	Silmä.....	50
B.2	Iho.....	50
B.3	Eri aallonpituuksien biologiset vaikutukset silmään ja ihoon.....	51
B.3.1	Ultraviolettisäteily: UVC (100–280 nm), UVB (280–315 nm), UVA (315–400 nm).....	51
B.3.2	Näkyvä säteily.....	52
B.3.3	Infrapuna-A eli IRA.....	52
B.3.4	Infrapuna-B eli IRB.....	52
B.3.5	Infrapuna-C eli IRC.....	53
	Liite C Keinotekoiseen optiseen säteilyyn liittyvät suureet ja mittayksiköt.....	54
C.1	Perussuureet.....	54
C.1.1	Aallonpituus.....	54
C.1.2	Energia.....	54
C.1.3	Muut hyödylliset suureet.....	54

C.1.4	Altistumisen raja-arvoissa käytetyt suureet	55
C.1.5	Spektriset suureet ja laajakaistasuureet	55
C.1.6	Radiometriset suureet ja efektiiviset suureet	55
C.1.7	Luminanssi	56
<b>Liite D Esimerkkejä</b>		<b>57</b>
D.1	Toimisto	57
D.1.1	Yleinen menetelmä	57
D.1.2	Esimerkkien esitysmuoto	62
D.1.3	Diffuusorin peittämät kattoon asennetut loistelamput	62
D.1.4	Yksittäinen kattoon asennettu loistelamppu ilman diffuusoria	63
D.1.5	Kattoon asennetut loistelamput ilman diffuusoria	64
D.1.6	Kuvaputkinäyttö	65
D.1.7	Kannettavan tietokoneen näyttö	66
D.1.8	Monimetallilampun sisältävä ulkovalonheitin	67
D.1.9	Energiansäästölamput sisältävä ulkovalonheitin	68
D.1.10	Sähköinen hyönteispyydys	69
D.1.11	Kattoon asennettu kohdevalo	70
D.1.12	Pöytään kiinnitetty työvalaisin	71
D.1.13	Työpöytään kiinnitetty ”päivänvalolamppu”	72
D.1.14	Kopiokone	73
D.1.15	Digitaalinen pöytäprojektor	74
D.1.16	Kannettava digitaalinen dataprojektori	76
D.1.17	Digitaalinen interaktiivinen valkotaulu	77
D.1.18	Kattoon upotettu energiansäästölamppu	78
D.1.19	LED-merkkivalo	79
D.1.20	Kämmen-tietokone	80
D.1.21	UVA-mustavalolamppu	81
D.1.22	Monimetallilampun sisältävä katuvalo	82
D.1.23	Kooste esimerkeistä	83
D.2	Laseresitykset	84
D.2.1	Riskit ja riskeille altistuvat ihmiset	84
D.2.2	Riskien arviointi ja priorisointi	85
D.2.3	Ennalta ehkäisevistä toimista päättäminen ja toimien toteuttaminen	85
D.2.4	Seuranta ja tarkistaminen	85
D.2.5	Päätelmät	85
D.3	Optista säteilyä hyödyntävät lääkinälliset laitteet	86
D.3.1	Työvalaistus	86
D.3.2	Diagnostiikkalamput	87
D.3.3	Hoidossa käytetyt lähteet	89
D.3.4	Erikoisalan testauslaitteet	91
D.4	Ajaminen työssä	92
D.5	Sotilaalliset välineet	95
D.6	Kaasukäyttöiset säteilylämmittimet	96
D.7	Laserkäsittelylaitteet	97
D.7.1	Riskien ja riskeille altistuvien henkilöiden määrittäminen	97
D.7.2	Riskien arviointi ja priorisointi	97
D.7.3	Ennalta ehkäisevistä toimista päättäminen	97
D.8	Teollinen kuumakäsittely	98
D.8.1	Teräksen käsittely	98
D.8.2	Lasiteollisuus	98
D.8.3	Lisätietoja	98
D.9	Valokuvaaminen salamavalolla	99

Liite E Muiden EU-direktiivien vaatimukset .....	100
Liite F EU:n jäsenvaltioiden antamat ohjeet sekä kansalliset säädökset, joilla direktiivi 2006/25/EY on saatettu osaksi kansallista lainsäädäntöä (tilanne 10. joulukuuta 2010) .....	103
Liite G Eurooppalaiset ja kansainväliset standardit .....	109
G.1 Eurooppalaiset standardit .....	109
G.2 Eurooppalaiset ohjeet .....	111
G.3 ISO:n, IEC:n ja CIE:n asiakirjat .....	111
Liite H Valoherkkyys .....	113
H.1 Mitä valoherkkyys on? .....	113
H.2 Työstä johtuvia seikkoja... Tai sitten ei .....	113
H.3 Työnantajan velvollisuudet .....	113
H.4 Entä jos työssä altistuu keinotekoisen optisen säteilyn lähteille yhdessä valolle herkistävien aineiden kanssa? .....	114
Liite I Tietolähteet .....	115
I.1 Internet .....	115
I.2 Neuvonta/säätely .....	115
I.3 Standardit .....	116
I.4 Yhdistykset ja niiden verkkosivustot .....	116
I.5 Lehdet .....	117
I.6 CD, DVD ja muut lähteet .....	117
Liite J Sanasto .....	118
Liite K Kirjallisuus .....	120
K.1 Laserlaitteiden historia .....	120
K.2 Lääkinnälliset laserlaitteet .....	120
K.3 Laserturvallisuus ja optisen säteilyn turvallisuus .....	120
K.4 Laserteknologia ja teoria .....	120
K.5 Ohjeet ja lausunnot .....	120
Liite L Direktiivin 2006/25/EY teksti .....	122



# 1 Johdanto

---

Direktiivi 2006/25/EY kattaa kaikki keinotekoisien optisten säteilyn lähteet. Suurin osa direktiivin vaatimuksista vastaa aiempia vaatimuksia, joista on säädetty esimerkiksi puitedirektiivissä 89/391/ETY. Direktiivillä ei näin ollen lisätä työnantajien velvoitteita nykyisistä muiden direktiivien mukaisista velvoitteista. Koska direktiivi on niin laaja-alainen, on kuitenkin tarpeen eritellä sellaiset keinotekoisista optista säteilyä tuottavat laitteet, jotka ovat terveyden kannalta niin vähämerkityksisiä, ettei lisäarvioita tarvita. Tämän oppaan tarkoituksena on tuoda esille tällaisia merkityksettämiä laitteita, antaa ohjeita useista muista laitteista, esitellä arviointimenetelmiä ja myös ehdottaa, että joissain tapauksissa on syytä hakea lisäapua.

Monilla teollisuudenaloilla on huolellisesti laaditut ohjeet, jotka kattavat yksittäisiä keinotekoisien optisten säteilyn lähteitä. Tällaisten tietolähteiden viitetiedot löytyvät tästä oppaasta.

Keinotekoinen optinen säteily kattaa hyvin monenlaisia lähteitä, joille työntekijät voivat altistua työpaikalla ja sen ulkopuolella. Lähteisiin kuuluvat alue- ja työvalaistus, merkinantolaitteet, erilaiset näytöt ja muut vastaavat lähteet, jotka ovat oleellisia työntekijöiden hyvinvoinnin kannalta. Keinotekoisessa optisessa säteilyssä ei siis ole aina järkevää omaksua samaa lähestymistapaa kuin muissa vaaroissa ja pyrkii vähentämään säteilyä mahdollisimman paljon. Jos näin tehtäisiin, saattaisivat työpaikan muut vaarat ja riskit kasvaa. Esimerkkinä voidaan mainita valojen sammuttaminen toimistosta, jolloin kukaan ei näkisi yhtään mitään.

Erilaisia keinotekoisien optisten säteilyn lähteitä käytetään teollisuudessa, tutkimuksessa ja viestinnässä. Optinen säteily voi myös olla tahatonta, esimerkiksi kun materiaali on kuumaa ja tuottaa optista säteilyenergiaa.

Työntekijät saattavat altistua suoraan monille keinotekoisien optisten säteilyn lähteille niin paljon, että direktiivissä säädetty altistumisen raja-arvot ylittyvät. Tällaisia ovat muun muassa jotkin viihdelaitteet ja lääkinnälliset laitteet. Näitä laitteita on arvioitava kriittisesti sen varmistamiseksi, etteivät altistumisen raja-arvot ylity.

Keinotekoinen optinen säteily jaetaan direktiivissä lasersäteilyyn ja epäkoherenttiin säteilyyn. Tätä jakoa käytetään tässä oppaassa vain silloin, kun siitä on selvää hyötyä. Perinteisen käsityksen mukaan lasersäteily on yhdellä aallonpituudella etenevä säde. Työntekijä voi olla hyvin lähellä säteen reittiä, ilman että hänelle aiheutuu haitallisia terveysvaikutuksia. Jos työntekijä on kuitenkin suoraan säteen reitillä, altistumisen raja-arvo saattaa ylittyä välittömästi. Epäkoherentti säteily ei yleensä ole yhtenäinen säde, ja altistumisen määrä kasvaa lähettä lähestyttäessä. Lasersäteelle altistumisen todennäköisyys on siis pieni, mutta seuraukset voivat olla vakavia, kun taas epäkoherentille säteilylle altistumisen todennäköisyys voi olla suuri, mutta seuraukset ovat lievempiä. Tämä perinteinen jako ei ole enää yksiselitteinen osassa pidemmälle kehittyntä optisen säteilyn tekniikkaa.

Direktiivi on annettu Euroopan yhteisön perustamissopimuksen 137 artiklan nojalla, eikä kyseisessä artiklassa estetä jäsenvaltioita säilyttämästä tai ottamasta käyttöön perustamissopimuksen mukaisia tiukempia suojatoimenpiteitä.

## 1.1 Miten tätä opasta käytetään?

Keinotekoisista optista säteilyä on lähes kaikilla työpaikoilla. Monilla työpaikoilla vaurion aiheutumisen vaaraa ei ole tai vaara on hyvin vähäinen, ja usein työtehtävät voidaan hoitaa turvallisesti.

Tätä opasta olisi luettava yhdessä direktiivin 2006/25/EY ja puitedirektiivin 89/391/ETY kanssa.

Direktiivissä 2006/25/EY säädetään turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta keinotekoisesta optisesta säteilystä aiheutuville riskeille. Direktiivin 13 artiklan mukaan komission on laadittava direktiivistä käytännön opas.

Tämä opas on tarkoitettu pääasiassa työnantajien avuksi erityisesti pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Se voi kuitenkin olla hyödyllinen myös työntekijöiden edustajille ja jäsenvaltioiden sääntelyviranomaisille.

Opas on jaettu luontevasti kolmeen osioon:

Kaikkien työnantajien kannattaa tutustua oppaan lukuihin 1 ja 2.



Jos kaikki lähteet työpaikalla sisältyvät 2.3 kohdassa olevaan merkityksettömien lähteiden luetteloon, lisätoimiin ei ole aihetta.

Jos työpaikalla on lähteitä, joita ei ole mainittu 2.3 kohdan luettelossa, riskien arviointi on monimutkaisempaa. Työnantajan on syytä tutustua lisäksi oppaan lukuihin 3–9.



Tämän perusteella päätetään, arvioidaanko riskit itse vai haetaanko ulkopuolista apua.

Liitteissä on lisätietoja, joista voi olla hyötyä niille työnantajille, jotka arvioivat riskit itse.

Tuotteiden valmistajilta saadut tiedot voivat olla avuksi työnantajan toteuttamassa riskien arvioinnissa. Osa keinotekoisesta optisesta säteilylähteistä on luokiteltava ja niissä on oltava merkintä laitteesta lähtevän optisen säteilyn vaarasta. Työnantajien kannattaa pyytää asianmukaiset tiedot optisen säteilylähteen toimittajalta. Monia tuotteita koskevat EU-direktiiveissä asetetut vaatimukset, esimerkiksi CE-merkintää koskevat vaatimukset. Asia mainitaan direktiivin johdanto-osan 12. kappaleessa (katso liite L). Tämän oppaan luvussa 8 opastetaan, miten valmistajan tietoja voi hyödyntää.

Kaikki työntekijät altistuvat keinotekoiselle optiselle säteilylle. Esimerkkejä lähteistä on lueteltu luvussa 2. Yhtenä haasteena on varmistaa, että sellaiset lähteet, joille altistuvien työntekijöiden kohdalla altistumisen raja-arvot saattavat ylittyä, arvioidaan asianmukaisesti mutta että samalla ei tarvitse tarpeettomasti arvioida suurinta osaa lähteistä, joista ei aiheudu vaaraa kohtuullisesti ennakoitavissa olosuhteissa (niin kutsutut ”merkityksettömät” lähteet).

Tämän oppaan tarkoituksena on opastaa työnantajia arvioimaan riskejä, joita aiheutuu työntekijöille keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisesta:

Jos työntekijät altistuvat ainoastaan merkityksettömistä lähteistä peräisin olevalle keinotekoiselle optiselle säteilylle, lisätoimia ei tarvita. Työnantajan kannattaa ehkä merkitä muistiin, että lähteet on tarkistettu ja että tarkistamisen tulos on tämä.

Jos lähteet eivät ole merkityksettömiä tai riski on tuntematon, työnantajien on arvioitava riskit ja toteutettava tarvittaessa asianmukaiset riskienhallintatoimenpiteet.

Tämän oppaan luvussa 3 on lueteltu mahdollisia terveysvaikutuksia.

Oppaan luvussa 4 kuvataan direktiivin vaatimuksia ja luvussa 5 on esitelty altistumisen raja-arvoja. Näissä kahdessa luvussa käsitellään siis lainsäädännön vaatimuksia.

Oppaan luvussa 6 on ehdotettu menetelmiä riskien arvioimiseksi. Jos arvioinnin tulos on se, ettei riskiä ole, prosessi päättyy tähän.

Jos riskien arviointia varten ei ole tarpeeksi tietoa, saattaa mittausten suorittaminen (luku 7) tai valmistajan tietojen käyttäminen (luku 8) olla tarpeen.

Oppaan luvussa 9 on käsitelty riskien vähentämiseksi tarvittavia riskienhallintatoimenpiteitä.

Siltä varalta, että keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisen raja-arvot ylittyisivät joissain tapauksissa, luvussa 10 on käsitelty varotoimenpiteitä ja luvussa 11 terveydentilan seuranta.

Liitteissä on lisätietoja työnantajille ja muille riskien arviointiin mahdollisesti osallistuville:

A – Optisen säteilyn luonne
B – Optisen säteilyn biologiset vaikutukset silmälle ja iholle
C – Keinotekoiseen optiseen säteilyyn liittyvät suureet ja mittayksiköt
D – Malliesimerkit. Osa liitteen esimerkeistä havainnollistaa, miksi tietyt lähteet katsotaan merkityksettömiksi.
E – Muiden EU-direktiivien vaatimukset
F – EU:n jäsenvaltioiden antamat ohjeet ja lainsäädäntö
G – Eurooppalaiset ja kansainväliset standardit
H – Valoherkkyys
I – Tietolähteet
J – Sanasto
K – Kirjallisuus
L – Direktiivin 2006/25/EY teksti

## 1.2 Vastaavuus direktiiviin 2006/25/EY

Terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta keinotekoisesta optisesta säteilystä aiheutuville riskeille annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin

2006/25/EY 13 artiklan mukaisesti tässä oppaassa käsitellään direktiivin (katso liite L) 4 artiklaa (Altistumisen määrittely ja riskien arviointi) ja 5 artiklaa (Riskien estämistä tai vähentämistä koskevat säännökset) sekä liitteitä I ja II (epäkoherentille optiselle säteilylle ja lasersäteilylle altistumisen raja-arvot). Ohjeita annetaan myös direktiivin muista artikloista.

### Taulukko 1.1. Direktiivin artiklojen ja tämän oppaan osioiden välinen vastaavuus

Direktiivin 2006/25/EY artikla	Otsake	Oppaan osio
2 artikla	Määritelmät	Liite J
3 artikla	Altistumisen raja-arvot	Luvut 6, 7, 8 ja 9
4 artikla	Altistumisen määrittely ja riskien arviointi	Luvut 7, 8 ja 9
5 artikla	Riskien estämistä tai vähentämistä koskevat säännökset	Luku 9
6 artikla	Työntekijöille annettavat tiedot ja koulutus	Luku 9
7 artikla	Työntekijöiden kuuleminen ja osallistuminen	Luku 9
8 artikla	Terveystilan seuranta	Luku 11

### 1.3 Oppaan soveltamisala

Tämä opas on tarkoitettu kaikille yrityksille, joissa työntekijät saattavat altistua keinotekoiselle optiselle säteilylle. Direktiivissä ei anneta keinotekoisesta optisesta säteilystä määritelmää. Sen ulkopuolelle jäävät selvästi esimerkiksi tulivuorenpurkaukset, aurinko ja kuusta heijastuva auringonsäteily. Kaikki lähteet eivät kuitenkaan ole yksiselitteisiä. Onko ihmisen toiminnasta alkunsa saanut palo keinotekoinen lähde, mutta salamasta alkunsa saanut ei?

Direktiivissä ei suljeta nimenomaisesti sen ulkopuolelle mitään keinotekoisesta optisesta säteilystä lähdettä. Monet lähteet, kuten sähkölaitteiden merkkivalot, ovat merkityksettömiä optisesta säteilystä lähteitä. Tässä oppaassa on lueteltu lähteet, joiden voidaan yleisesti katsoa olevan sellaisia, etteivät altistumisen raja-arvot todennäköisesti ylity.

Osa mahdollisista työntekijöiden altistumisskenaarioista on monimutkaisia, eikä niitä näin ollen käsitellä tässä oppaassa. Työnantajien on syytä hakea lisäapua monimutkaisten altistumisskenaarioiden arvioimiseksi.

### 1.4 Oleelliset säännökset ja lisätiedot

Tämän oppaan noudattaminen ei varsinaisesti takaa keinotekoiselta optiselta säteilyltä suojelemista koskevien lakimääräisten vaatimusten täyttymistä eri EU-maissa.

Viralliset vaatimukset löytyvät säädöksistä, joilla jäsenvaltiot ovat saattaneet direktiivin 2006/25/EY osaksi kansallista lainsäädäntöään. Vaatimukset voivat olla tiukempia kuin direktiivissä säädettyt vähimmäisvaatimukset, joihin tämä opas perustuu.

Direktiivin vaatimusten täytäntöönpanon lisätueksi valmistajat voivat valmistaa keinotekoisista optisista säteilyä tuottavia laitteita eurooppalaisia standardeja noudattaen. Tässä oppaassa viitataan asiaan liittyviin standardeihin. Standardit on mahdollista saada kansallisista standardointilaitoksista maksua vastaan.

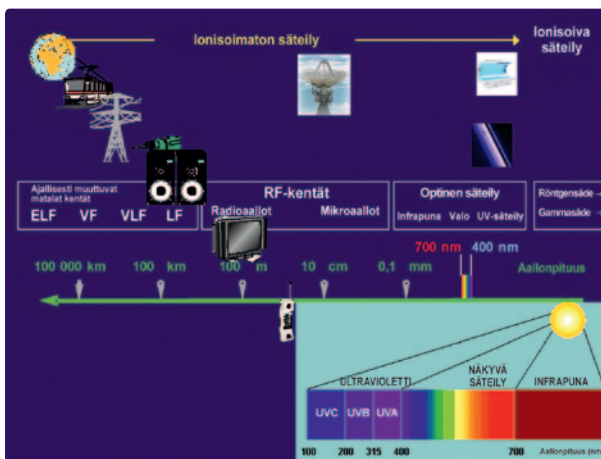
Lisätietoja löytyy kansallisista säädöksistä ja standardeista sekä alan kirjallisuudesta. Liitteessä F on viitetiedot jäsenvaltioiden toimivaltaisten viranomaisten yksittäisistä julkaisuista. Julkaisun mainitseminen liitteessä ei kuitenkaan tarkoita, että sen sisältö olisi kokonaan yhdenmukainen tämän oppaan kanssa.

### 1.5 Viralliset ja epäviralliset neuvontakeskukset

Jos tästä oppaasta ei löydy vastausta kysymyksiin siitä, miten keinotekoiselta optiselta säteilyltä suojelemista koskevat vaatimukset voidaan täyttää, kannattaa ottaa suoraan yhteyttä kansallisiin neuvontakeskuksiin. Sellaisia löytyy työsuojeluhallinnosta, tapaturmavakuutusyhtiöistä taikka yhdistyksistä ja kauppa-, teollisuus- ja käsityöläiskamareista.

# 2 Keinotekoisien optisen säteilyn lähteet

## 2.1 Epäkoherentin säteilyn lähteet



### 2.1.1 Työtehtävät

On vaikeaa löytää ammattia, johon ei kuuluisi jossain vaiheessa altistumista keinotekoisesti tuotetulle optiselle säteilylle. Jokainen sisätiloissa työskentelevä altistuu todennäköisesti valaisimista ja tietokoneen näytöistä peräisin olevalle optiselle säteilylle. Ulkotöitä tekevät saattavat tarvita jonkinlaista työvaloa, kun luonnonvalo ei riitä. Työpäivän aikana matkustavat henkilöt altistuvat todennäköisesti keinovalolle, ainakin muiden henkilöiden ajoneuvojen valolle. Kaikki tämä on keinotekoisesti tuotettua optista säteilyä, eli sen voidaan katsoa kuuluvan direktiivin soveltamisalaan.

Kaikkialta löytyvien lähteiden, kuten valaisinten ja tietokoneen näyttöjen, lisäksi keinotekoisesti tuotettua optista säteilyä voidaan tuottaa joko tarkoituksellisesti välttämättömänä osana jotain prosessia tai vahingossa ei-toivottuna sivutuotteena. Esimerkiksi fluoresenssi saadaan aikaan tunkeumavärisissä ultraviolettisäteilyn avulla, joten UV-säteilyä on tuotettava ja väri on altistettava sille. Toisaalta ultraviolettisäteilyn runsas syntyminen kaarihitsauksessa ei ole oleellista prosessin kannalta, mutta sitä ei voida välttää.

Tuotettiinpa optista säteilyä tarkoituksella käytettäväksi tai syntyipä sitä tahattomasti prosessin sivutuotteena, sille altistumista on hallittava ainakin direktiivissä asetetuissa rajoissa. Keinotekoisesti tuotettua optista säteilyä on lähes kaikilla työpaikoilla ja eri teollisuudenaloilla, joita ovat erityisesti seuraavat:

- teollinen kuumakäsittely esimerkiksi lasi- ja metalliteollisuudessa, jossa uuneista lähtee infrapunasäteilyä
- painoteollisuus, jossa musteet ja maalit painetaan usein polymerisoimalla valon avulla
- taide ja viihde, jossa näyttelijät ja mallit saatetaan valaista suoraan kohdevaloin, efektiivin, muotoilevin valoin ja salamin
- viihde, jossa yleisön keskellä olevia työntekijöitä saatetaan valaista yleisvaloin ja efektiivin
- rikkomaton aineenkoetus, johon voi liittyä ultraviolettisäteilyn käyttöä fluoresoivan värin paljastamiseksi
- lääketieteellinen hoito, jossa lääkärit ja potilaat saattavat altistua leikkaussalin kohdevalaistukselle ja hoitotarkoituksessa käytetylle optiselle säteilylle
- kosmetiikka, jossa käytetään lasereita ja valoimpulsseja sekä ultravioletti- ja infrapunasäteilyä
- halli- ja varastoteollisuus, jossa suuria avoimia tiloja valaistetaan voimakkailla aluevaloilla
- lääketieteellinen tutkimus, jossa käytetään ultraviolettisterilointia
- jätteenhoito, jossa käytetään ultraviolettisterilointia
- tutkimus, jossa käytetään lasereita ja hyödynnetään ultraviolettivalolla aikaan saatua fluoresenssia
- metallintyöstö, jossa käytetään hitsausta
- muoviteollisuus, jossa käytetään laserliitäntää.

Edellinen luettelo ei ole tyhjennä.

## 2.1.2 Laitteet

Seuraavassa taulukossa annetaan kuva siitä, miten eri spektrialueita voidaan käyttää. Tarkoituksena on myös

antaa viitteitä siitä, mitä spektrialueita tiettyyn prosessiin voi liittyä, vaikkei niitä tarvittaisi prosessissa. Spektrialueet on kuvattu liitteessä A.

Aallonpituusalue	Tarkoituksellinen käyttö	Tahattomasti syntyvä säteily
UVC	Pieneliöitä tuhoava sterilointi Fluoresenssi (laboratorio) Fotolitografia	Musteen kovettaminen Osa alue- ja työvalaistuksesta Osa projektiolampuista Kaarihitsaus
UVB	Solarium Valohoito Fluoresenssi (laboratorio) Fotolitografia	Germisidiset lamput Musteen kovettaminen Osa alue- ja työvalaistuksesta Projektiolamput Kaarihitsaus
UVA	Fluoresenssi (laboratorio, rikkomaton aineenkoetus, viihde-efektit, rikostutkinta, väärennöstutkinta, omaisuuden merkintä) Valohoito Solarium Musteen kovettaminen Hyönteispyydykset Fotolitografia	Germisidiset lamput Alue- ja työvalaistus Projektiolamput Kaarihitsaus
Näkyvä säteily	Alue- ja työvalaistus Merkkivalot Liikennevalolaitteet Ihokarvojen ja suonikohjujen poisto Musteen kovettaminen Hyönteispyydykset Fotolitografia Valokopiointi Projektiolaitteet TV- ja tietokonenäytöt	Solarium Osa lämmitys- tai kuivauslaitteista Hitsaus
IRA	Valvontavalaistus Lämmitys Kuivaus Ihokarvojen ja suonikohjujen poisto Viestintälaitteet	Osa alue- ja työvalaistuksesta Hitsaus
IRB	Lämmitys Kuivaus Viestintälaitteet	Osa alue- ja työvalaistuksesta Hitsaus
IRC	Lämmitys Kuivaus	Osa alue- ja työvalaistuksesta Hitsaus

Osa edellä lueteltujen spektrialueiden tahattomasta säteilystä syntyy vain virheen tai vian seurauksena. Esimerkiksi joissain valonheittimissä käytetään suuripaineisia elohopeapurkauslamppuja, jotka tuottavat säteilyä kaikilla spektrialueilla. Yleensä säteily pysyy ulkokuoren sisällä, niin ettei UVB- eikä UVC-säteilyä vapaudu merkittävästi. Jos kuori rikkoutuu mutta lamppu toimii edelleen, vapautuu haitallisia määriä UV-säteilyä.

## 2.2 Lasersäteilyn lähteet

Laseria käytettiin ensimmäisen kerran onnistuneesti vuonna 1960. Aluksi lasereita käytettiin vain tutkimus- ja sotilaslaitteissa. Niitä käyttivät tavallisesti samat ihmiset, jotka olivat suunnitelleet ja rakentaneet ne, ja samat ihmiset myös altistuivat lasersäteilylle. Nyt lasereita on kuitenkin kaikkialla. Niitä käytetään monissa

laitteissa työpaikoilla, ja toisinaan laitteen lasersäteily on saatu hallintaan tehokkaalla teknisellä ratkaisulla, joten käyttäjän ei edes tarvitse tietää, että laitteessa on laser.

Lasersäteitä kuvataan tavallisesti yhdellä tai muutamalla yksittäisellä aallonpituudella eteneväksi säteilyksi. Säteilyn divergenssi on vähäistä, joten se säilyttää suurin piirtein tehonsa tai energiansa tietyllä alueella huomattavallakin etäisyydellä. Lasersäde on koherentti, eli säteen yksittäiset aallot etenevät yhtenevästi. Lasersäteet voidaan tavallisesti keskittää pieneen pisteeseen niin, että ne voivat aiheuttaa vammoja tai vaurioittaa

pintaa. Nämä kaikki ovat yleistyksiä. On lasereita, jotka voivat tuottaa lasersäteitä laajalla aallonpituusspektrillä. Osa laitteista tuottaa hyvin epäyhtenäisiä säteitä, ja jotkin lasersäteet eivät ole koherentteja suurimmalla osalla reitistään. Lasersäteily voi olla jatkuvaa (continuous wave, CW) tai jaksottaista (pulssitettua).

Laserit luokitellaan lasersäteen tuottamisessa käytetyn "väliaineen" perusteella. Väliaine voi olla kiinteää, nestemäistä tai kaasua. Laserit, joiden väliaine on kiinteä, voidaan jaotella kiinteäainelasereiksi ja puolijohdelasereiksi. Seuraavaan taulukkoon on koottu tyypillisiä lasereita ja niiden lähettämiä aallonpituuksia.

Tyyppi	Laser	Pääasiallinen aallonpituus	Syntyvä säteily
KAASU	helium-neon (HeNe)	632,8 nm	jatkuvaa, enintään 100 mW
	helium-kadmium (HeCd)	422 nm	jatkuvaa, enintään 100 mW
	argon-ioni (Ar)	488, 514 nm + siniset aallonpituudet	jatkuvaa, enintään 20 W
	krypton-ioni (Kr)	647 nm + UV, sininen ja keltainen	jatkuvaa, enintään 10 W
	hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> )	10 600 nm (10,6 μm)	jaksottaista tai jatkuvaa, enintään 50 kW
	typpi (N)	337,1 nm	jaksottaista > 40 μJ
	ksenonkloridi (XeCl) kryptonfluoridi (KrF) ksenonfluoridi (XeF) argonfluoridi (ArF)	308 nm 248 nm 350 nm 193 nm	jaksottaista, enintään 1 J
KIINTEÄ AINE	rubiini	694,3 nm	jaksottaista, enintään 40 J
	neodyymi: YAG (Nd:YAG)	1 064 ja 1 319 nm 532 ja 266 nm	jaksottaista tai jatkuvaa, enintään 1 TW, jatkuva keskimäärin 100 W
	neodyymi: lasi (Nd:lasi)	1 064 nm	jaksottaista, enintään 150 J
KUITU	ytterbium (Yb)	1 030–1 120 nm	jatkuvaa, enintään 1 kW
OHUTLEVY	ytterbium: YAG (Yb:YAG)	1 030 nm	jatkuvaa, enintään 8 000 W
LEVY	hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> ) laserkristalli	10 600 nm	jatkuvaa, enintään 8 000 W
PUOLIJOHDE	Eri materiaalit, esimerkiksi GaN GaAlAs InGaAsP	400–450 nm 600–900 nm 1 100–1 600 nm	jatkuvaa (osa jaksottaista), enintään 30 W
NESTE (VÄRI)	Väri. Yli sata erilaista laserväriä toimii laserin väliaineena.	300–1 800 nm 1 100–1 600 nm	jaksottaista, enintään 2,5 J jatkuvaa, enintään 5 W

Lisätietoja lasereista on saatavissa liitteen K kirjallisuusluettelossa luetelluista teoksista.

Seuraavaan taulukkoon on koottu lyhyesti laitteita, joissa käytetään laseria.

Ryhmä	Esimerkkejä laitteista
materiaalien käsittely	leikkaus, hitsaus, lasermerkintä, poraus, fotolitografia, pikavalmistus
optinen mittaus	etäisyyksien mittaus, maanmittaus, nopeuden lasermittaus, värähtelyn lasermittaus, elektroninen interferometria, kuituoptiset hydrofonit, suurnopeuskuvaus, hiukkaskokomääritys
lääketiede	oftalmologia, taittovirhekirurgia, fotodynaaminen hoito, dermatologia, laserveitsi, suonikirurgia, hammaslääketiede, lääketieteellinen diagnostiikka
viestintä	kuitu, vapaa tila, satelliitti
optinen tiedontallennus	CD, DVD, lasertulostin
spektroskopia	aineen määrittäminen
holografia	viihde, tiedontallennus
viihde	laseresitykset, laserosoitimet

## 2.3 Merkityksettömät lähteet

Tämän oppaan liitteessä D on esimerkkejä joistakin keinotekoisien optisen säteilyn lähteistä, jotka saattavat olla yleisiä monilla työpaikoilla, esimerkiksi kaupoissa ja toimistoissa. Markkinoilla on lukematon määrä erilaisia laitteita, joten jokaisen tarkastellun lähdeyyppin laitteista ei ole mahdollista laatia tässä tyhjentävää luetteloa. Erot esimerkiksi heijastinosan kaarevuudessa, lasikannen paksuudessa tai loistelampun valmistajassa voivat vaikuttaa merkittävästi lähteen tuottamaan optiseen säteilyyn. Jokainen esimerkki koskeekin yksinomaan tarkastelun kohteena olevaa tyyppiä ja mallia.

Kun esimerkistä käy ilmi, että

- lähteelle voi altistua vain sellaisina määrinä, jotka ovat vain murto-osa (enintään 20 prosenttia) altistumisen raja-arvoista, tai
- lähteelle altistuminen voi ylittää altistumisen raja-arvot, mutta vain äärimmäisen epätodennäköisissä tilanteissa,

tavanomaista altistumista tämän tyyppisille lähteille voidaan pitää merkityksettömänä terveysriskinä eli lähdeä voidaan pitää ”turvallisena”.

Alla olevissa taulukoissa nämä tyyppiset lähteet on jaettu kahteen ryhmään:

- merkityksettömät lähteet (säteilyä ei aiheudu merkittävästi)
- normaalissa käytössä vaarattomat lähteet (altistumisen raja-arvot voivat ylittyä vain epätavallisissa olosuhteissa).

Jos työpaikalla on vain näissä taulukoissa lueteltuja lähteitä, joita käytetään ainoastaan kuvatun kaltaisissa olosuhteissa, ei riskejä tarvitse arvioida tämän enempää. Jos nämä edellytykset eivät täyty, työturvallisuudesta vastaavan henkilön olisi tutustuttava tämän oppaan muiden osien tietoihin. Myös oppaan laajoissa liitteissä on tarkempia lisätietoja.

Lähteet, joille altistuminen on todennäköisesti merkityksetöntä ja joita voidaan pitää ”turvallisina”

Diffuusorin peittämät kattoon asennettavat loistelamput

Tietokoneen näytöt tai vastaavat näyttölaitteet

Kattoon asennettavat energiansäästölamput

Loistelamppuvalonheittimet

UVA-hyönteispyydykset

Kattoon asennettavat halogeenikohdevalot

Työvalaisimina käytetyt hehkulamput (myös täysspekt-riset päivänvalolamput)

Kattoon asennettavat hehkulamput

Kopiokoneet

Interaktiiviset valkotaululaitteet

LED-merkkivalot

Kämmenietokoneet

Ajoneuvojen merkinanto-, jarru-, peruutus- ja sumuvalot

Valokuvauksessa käytetyt salamavalot

Kaasukäyttöiset säteilylämmittimet

Katuvalot



Lähteet, joista ei todennäköisesti aiheudu vaaraa terveydelle erityisissä olosuhteissa	
Lähde	Turvalliset käyttöolosuhteet
Kattoon asennettavat loistelamppuvalaisimet ilman diffusoria	Turvallisia käytettyinä tavallisella valaistusvoimakkuudella ( $\approx 600$ lux)
Monimetallilampun / suuripaineisen elohopealampun sisältävät valonheittimet	Turvallisia, jos kansilasi on ehjä eikä katse kohdistu suoraan valaisimeen
Pöytäprojektorit	Turvallisia, jos säteeseen ei katsota suoraan
Pienipaineiset UVA-mustavalolamput	Turvallisia, jos katse ei kohdistu suoraan valoon
"Luokan 1" laserlaitteet (EN 60825-1)	Turvallisia, jos suojakuppu on ehjä. Mahdollisesti vaarallisia ilman suojakupua.
"Poikkeusryhmän" laitteet (EN 62471)	Turvallisia, jos katse ei kohdistu suoraan säteeseen. Mahdollisesti vaarallisia ilman suojakupua.
Ajoneuvojen ajovalot	Turvallisia, jollei valoon katsella suoraan pidempiaikaisesti.

# 3 Optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvat terveysvaikutukset

Optinen säteily imeytyy kehon uloimpiin kerroksiin, joten sen biologiset vaikutukset rajoittuvat pääasiassa ihoon ja silmiin, mutta myös systeemisiä vaikutuksia voi ilmetä. Eri aallonpituuksilla on eri vaikutuksia sen mukaan, mihin osaan ihossa tai silmissä säteily imeytyy ja millainen vaikutus on kyseessä: ultraviolettialueella vaikutukset ovat pääasiassa fotokemiallisia ja infrapuna-alueella termalisia. Lasersäteilyllä voi olla lisävaikutuksia, kun energiaa imeytyy kudokseen hyvin nopeasti. Se on erityisen haitallista silmille, joissa mykiö kohdistaa säteen verkkokalvolle.

Biologiset vaikutukset voidaan jakaa karkeasti akuutteihin (nopeasti ilmeneviin) ja kroonisiin (pitkittyneen ja toistuvan pitkäaikaisen altistumisen tuloksena aiheutuviin) vaikutuksiin. Yleensä akuutteja vaikutuksia ilmenee vain silloin, kun altistuminen ylittää kynnsarvon, mikä vaihtelee tavallisesti henkilöstä toiseen. Suurin osa altistumisen raja-arvoista perustuu tutkimuksiin, joissa on selvitetty akuuttien vaikutusten kynnsarvoja, joista

altistumisen raja-arvot on johdettu tilastollisin menetelmin. Altistumisen raja-arvon ylittämistä ei siis välttämättä seuraa haitallisia terveysvaikutuksia. Haitallisten terveysvaikutusten riski kasvaa samaa tahtia kuin altistumisen raja-arvo ylittyy. Suurin osa jäljempänä kuvatuista vaikutuksista ilmenee terveillä työssäkäyvillä aikuisilla, vasta kun altistuminen ylittää reilusti direktiivissä asetetut rajat. Henkilöt, jotka ovat epätavallisen herkkiä valolle, saattavat kärsiä haittavaikutuksista, vaikka altistuminen jäisi raja-arvojen alle.

Kroonisilla vaikutuksilla ei useinkaan ole kynnsarvoa, jonka alla niitä ei ilmenisi. Näin ollen kroonisten vaikutusten ilmenemisen riskiä ei voida täysin poistaa. Riskiä voidaan vähentää (altistumista vähentämällä). Altistumisen raja-arvoja noudattamalla on tarkoitus vähentää keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvia riskejä alle tason, joka yhteiskunnassa on hyväksytty luonnolliselle optiselle säteilylle altistumisen osalta.

Aallonpituus (nm)		Silmä	Iho
100–280	UVC	sarveiskalvotulehdus sidekalvotulehdus	eryteema ihosyöpä
280–315	UVB	sarveiskalvotulehdus sidekalvotulehdus kaihi	eryteema elastoosi ihosyöpä
315–400	UVA	sarveiskalvotulehdus sidekalvotulehdus kaihi valoperäinen verkkokalvovaurio	eryteema elastoosi pigmenttiläiskät ihosyöpä
380–780	Näkyvä valo	valoperäinen verkkokalvovaurio (sinivaloriski) verkkokalvon palovamma	palovamma
780–1 400	IRA	kaihi verkkokalvon palovamma	palovamma
1 400–3 000	IRB	kaihi	palovamma
3 000–10 <sup>6</sup>	IRC	sarveiskalvon palovamma	palovamma

# 4 Keinotekoista optista säteilyä koskevan direktiivin vaatimukset

Direktiivin teksti löytyy kokonaisuudessaan tämän oppaan liitteestä L. Tässä luvussa on tiivistelmä sen keskeisistä vaatimuksista.

Direktiivissä säädetään VÄHIMMÄISVAATIMUKSISTA työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta keinotekoisesta optisesta säteilystä aiheutuville riskeille työssä. Jäsenvaltioissa voi siis olla käytössä tai voidaan ottaa käyttöön tiukempia vaatimuksia.

## 4.1 4 artikla – Altistumisen määrittely ja riskien arviointi

Direktiivissä painotetaan pääasiassa sitä, että työnantajien on varmistettava, ettei työntekijöiden altistuminen keinotekoiselle optiselle säteilylle ylitä direktiivin liitteiden mukaisia altistumisen raja-arvoja. Työnantajat

pystyvät osoittamaan tämän esimerkiksi lähteiden mukana tulleiden tietojen perusteella, itse tekemillään tai muiden tekemillä yleisluonteisilla arvioinneilla, teoreettisilla arvioinneilla tai mittauksia suorittamalla. Direktiivissä ei täsmennetä menetelmää, joten työnantaja voi päättää, miten tavoite saavutetaan. Työnantajan on kuitenkin noudatettava voimassa olevia julkaistuja standardeja tai toimittava muussa tapauksessa ”käytettävissä olevien kansallisten tai kansainvälisten tieteellisesti perusteltujen ohjeiden” mukaisesti.

Monet direktiivin vaatimuksista vastaavat direktiivin 89/391/ETY vaatimuksia, joten jos työnantaja täyttää jo viimeksi mainitun direktiivin vaatimukset, hänen ei tarvitse todennäköisesti toteuttaa merkittäviä lisätoimia täyttääkseen tämän direktiivin vaatimukset. Arviointia tehdessään työnantajan on kuitenkin otettava huomioon erityisesti seuraavat seikat (4 artiklan 3 kohta):

Huomioon otettava seikka	Kommentti
a) keinotekoisille optisen säteilyn lähteille altistumisen taso, aallonpituusalue ja kesto	Tämä on tärkein tieto tarkasteltavana olevassa skenaariossa. Jos altistumisen taso jää selvästi alle altistumisen raja-arvon, joka koskee altistumista täysipituisen (kahdeksan tunnin) työpäivän aikana, lisäarviointi ei ole tarpeen, ellei kyseessä ole altistuminen useille lähteille. Katso kohta h.
b) tämän direktiivin 3 artiklassa tarkoitetut altistumisen raja-arvot	Edellä olevan kohdan a tietojen perusteella pitäisi pystyä määrittämään sovellettavat altistumisen raja-arvot.
c) vaikutukset erityisen alttiisiin riskiryhmiin kuuluvien työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen	Lähestymistavan kannattaa olla reaktiivinen proaktiivisen sijaan. Työntekijä voi tietää olevansa erityisen herkkä esimerkiksi vilkkuvälle valolle. Työnantajan on pohdittava, voidaanko työtapaa tällöin muuttaa.
d) optisen säteilyn ja valolle herkistävien kemiallisten aineiden välisestä vuorovaikutuksesta työpaikalla mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen	Työnantajien pitäisi ottaa erityisesti huomioon työpaikalla käytettyjen kemiallisten aineiden aiheuttama valolle herkistyminen. Kuten kohdassa c, työnantaja saattaa kuitenkin joutua reagoimaan työntekijöiden esiin ottamiin ongelmiin, kun kyseessä on työpaikan ulkopuolella käytettyjen kemiallisten aineiden aiheuttama valolle herkistyminen.

e) epäsuorat vaikutukset, kuten väliaikainen sokaistuminen, räjähdys tai tulipalo	Silmien altistuminen kirkkaalle valolle voi olla ongelmana joissakin työtehtävissä. Normaalien suojaosien pitäisi riittää suojaamaan, kun altistuminen ei ylitä raja-arvoa. Työnantajan olisi kuitenkin otettava huomioon keinotekoisesta optisesta säteilystä lähteet, jotka voivat aiheuttaa näköhäiriöitä, sokaistumista, häikäistymistä ja jälkikuvia, jos niille altistuminen voi vaarantaa työntekijän tai muiden turvallisuuden. Keinotekoisesta optisesta säteilystä lähteestä peräisin oleva optinen säteily voi aiheuttaa räjähdysten tai tulipalon. Tämä koskee erityisesti luokan 4 lasereita, mutta se on otettava huomioon myös muiden lähteiden yhteydessä etenkin ympäristöissä, joissa saattaa olla helposti syttyviä tai räjähdysalttiita aineita.
f) sellaisten korvaavien laitteiden olemassaolo, jotka on suunniteltu vähentämään keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumista	Tämä kannattaa ottaa huomioon, kun on mahdollista, että työntekijöiden altistuminen keinotekoiselle optiselle säteilylle ylittää altistumisen raja-arvot.
g) terveydentilan seurannassa saadut tiedot, mukaan lukien julkaistut tiedot, silloin kun se on mahdollista	Näitä tietoja voidaan saada työnantajakäytöstä, teollisuuden edustusryhmiltä tai kansainvälisiltä järjestöiltä, kuten Maailman terveysjärjestöltä ja kansainväliseltä ionisoimattoman säteilystä komitealta (ICNIRP).
h) altistuminen useille keinotekoisesta optisesta säteilystä lähteille	Edellä olevista kohdista a ja b saatujen tietojen perusteella voidaan mahdollisesti määrittää kunkin keinotekoisesta optisesta säteilystä lähteen osuus altistumisen raja-arvosta. Tämä määritetään yksinkertaisesti kaikkien niiden lähteiden osalta, joille työntekijät altistuvat, minkä jälkeen osuudet lisätään yhteen. Jos summa on alle yksi, altistumisen raja-arvoja ei todennäköisesti ylitetä. Jos summa on yli yksi, on tarkempi arviointi tarpeen.
i) asianmukaisessa IEC-standardissa määritelty laserin sovellettava luokitus ja vastaavat luokitukset muiden keinotekoisista lähteiden osalta, jotka todennäköisesti aiheuttavat samanlaisen vaurion kuin luokan 3B tai 4 laser	Luokan 3B ja luokan 4 laserlaitteista lähtee lasersäteilyä, joka voi aiheuttaa altistumisen raja-arvojen ylittymisen. Joissakin olosuhteissa myös alemman riskiluokan laserit voivat edellyttää arviointia. Standardissa EN 62471 muut keinotekoisesta optisesta säteilystä lähteet kuin laserit luokitellaan erilaisen luokituksen mukaisesti. Riskiryhmän 3 laitteet on arvioitava, mutta huomioon on otettava myös alemmien riskiryhmien todennäköiset altistumisskenaariot.
j) tiedot, jotka optisesta säteilystä lähteiden ja niihin liittyvien työvälineiden valmistajat ovat antaneet asiaa koskevien yhteisön direktiivien mukaisesti	Työnantajien olisi pyydettävä keinotekoisesta optisesta säteilystä lähteiden valmistajilta ja tavarantoimittajilta asianmukaiset tiedot pystyäkseen tekemään direktiivissä edellytetyt arvioinnit. Tällaisten tietojen saatavuutta ehdotetaan hankintapolitiikan perustaksi.

## 4.2 5 artikla – Riskien estämistä tai vähentämistä koskevat säännökset

On tärkeää myöntää, että toisin kuin muissa riskeissä, keinotekoisesta optisesta säteilystä vähentäminen tietyn tason alle voi tosiasiaa lisätä vahingon aiheutumisen

vaaraa. Ilmeisin esimerkki löytyy valaistuksen alalta. Merkkivalojen on lähetettävä riittävästi optista säteilyä, jotta ne soveltuvat tarkoitukseensa. Direktiivin 5 artiklassa keskitytäänkin riskin välttämiseen tai vähentämiseen. Lähestymistapa on samanlainen kuin direktiivissä 89/391/ETY, ja näitä periaatteita käsitellään tarkemmin tämän oppaan luvussa 9.

### 4.3 6 artikla – Työntekijöille annettavat tiedot ja koulutus

Direktiivin 6 artiklan vaatimukset vastaavat direktiiviä 89/391/ETY. Riskit on tärkeää suhteuttaa. Työntekijöiden olisi tiedostettava, että monet keinotekoisien optisten säteilyn lähteet työpaikalla eivät aiheuta vaaraa heidän terveydelleen vaan jopa edistävät heidän hyvinvointiaan. Kun riskejä on kuitenkin havaittu, asianmukainen tiedottaminen ja koulutus ovat tarpeen. Asiaa on käsitelty tarkemmin luvussa 9.

### 4.4 7 artikla – Työntekijöiden kuuleminen ja osallistuminen

Tässä artikkelissa viitataan direktiivin 89/391/ETY mukaisiin vaatimuksiin.

### 4.5 8 artikla – Terveydentilan seuranta

Direktiivin 8 artikla perustuu direktiivin 89/391/ETY vaatimuksiin. Monet yksityiskohdat riippuvat todennäköisesti jäsenvaltioissa käytetyistä järjestelmistä. Terveydentilan seuranta koskevia ohjeita on annettu tämän oppaan luvussa 11.

### 4.6 Yhteenveto

Monet direktiivin vaatimuksista sisältyvät jo muihin direktiiveihin, erityisesti direktiiviin 89/391/ETY (Katso liite E). Tässä oppaassa kerrotaan, miten direktiivin artikloja voidaan noudattaa.

# 5 Altistumisen raja-arvojen käyttö

Direktiivin liitteissä I ja II on lueteltu epäkoherentille optiselle säteilylle ja lasersäteilylle altistumisen raja-arvoja (exposure limit value, ELV). Altistumisen raja-arvoissa otetaan huomioon optisen säteilyn biologiset vaikutukset ja eri aallonpituuksilla aiheutuvat haitat, optiselle säteilylle altistumisen kesto ja kohdekudos. Altistumisen raja-arvot perustuvat kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn komitean (ICNIRP) julkaisemiin ohjeisiin. Lisätietoja altistumisen raja-arvojen perusteista löytyy ohjeista, jotka ovat saatavissa osoitteessa <http://www.icnirp.org> (katso kohta "5.3 Lähdeviitteet"). Kannattaa huomata, että ICNIRP voi tehdä ohjeisiin muutoksia. Jos näin käy, myös direktiivissä lueteltuja altistumisen raja-arvoja saatetaan muuttaa.

Vastaavat – joskaan ei täysin identtiset – raja-arvot on julkaissut myös ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Yhdysvaltain keskuhallinnon työhygieenikkojen edustajakokous).

Optisen säteilyn aallonpituusalue on selvitettävä ennen asianmukaisen altistumisen raja-arvon valitsemista. On syytä huomata, että tietyllä aallonpituusalueella voidaan soveltaa useampaa altistumisen raja-arvoa. Lasersäteilylle altistumisen raja-arvot on yleensä yksinkertaisempaa määrittää, koska säteily tapahtuu yhdellä aallonpituudella. Lisävaikutukset saattaa kuitenkin olla syytä ottaa huomioon sellaisissa laserlaitteissa, jotka tuottavat lasersäteilyä useammalla kuin yhdellä aallonpituudella, tai silloin, kun altistumisskenaariossa on useita lähteitä.

Työntekijöiden altistumisen kokonaisanalyysi ja altistumisen raja-arvoihin vertaaminen saattaa kuitenkin olla monimutkaista, eikä sitä pystytä käsittelemään tässä oppaassa tyhjentävästi. Jäljempänä olevien tietojen tarkoituksena on selvittää työnantajalle, olisiko lisäapua syytä etsiä.

## 5.1 Laserille altistumisen raja-arvot

Lasereiden luokitusjärjestelmä (katso kohta 8.1.1) antaa käyttäjille viitteen lasersäteen aiheuttaman riskin suuruudesta erityisten mittaolosuhteiden perusteella arviointuna. Luokan 1 lasertuotteiden pitäisi olla turvallisia

normaalissa käytössä, eivätkä ne näin ollen edellytä lisäarviointia. Arviointi on tarpeen kuitenkin silloin, jos luokan 1 laserlaitetta huolletaan tai korjataan tai jos laitteessa on suurempaan luokkaan kuuluva kiinteä laser. Ellei toisin ilmoiteta, työnantajat voivat olettaa, että luokkien 3B ja 4 lasereista lähtöisin olevat lasersäteet voivat vaurioittaa silmää. Luokan 4 laserit voivat lisäksi vaurioittaa ihoa.

Työpaikalle on nimettävä pätevä laserturvallisuusvas-  
taava, jos käytössä on luokkien 3B ja 4 lasereita.

Laserilaite voidaan nimetä luokkaan 2 sillä perusteella, ettei altistumisen raja-arvo ylitä tahattomassa enintään 0,25 sekunnin altistumisessa. Jos tuotteen käyttö on sellaista, että työntekijöiden silmät altistuvat todennäköisesti toistuvasti lasersäteelle, tarkempi arviointi olisi tehtävä sen selvittämiseksi, onko raja-arvon ylittyminen todennäköistä.

Luokan 1M, luokan 2M ja luokan 3R laserit olisi arvioitava todennäköisten altistumisskenaarioiden määrittämiseksi.

Lasersäteilylle altistumisen raja-arvot on esitetty direktiivin liitteessä II, joka löytyy tämän oppaan liitteestä L. Altistumisen raja-arvot on ilmaistu irradianssina (watteina neliömetrinä kohti,  $W m^{-2}$ ) tai energiatihytenä (joulea neliometriä kohti,  $J m^{-2}$ ).

Irradianssia tai energiatihyttä laskettaessa on laskettava lasersäteiden irradianssin tai energiatihyden keskiarvo rajaavassa aukossa direktiivin liitteessä II olevissa taulukoissa 2.2, 2.3 ja 2.4 täsmennetyllä tavalla.

### Laserin altistumisen raja-arvotaulukot:

Silmän lyhytkestoinen altistuminen (< 10 sekuntia) – taulukko 2.2

Silmän pitkäkestoinen altistuminen (10 sekuntia tai yli) – taulukko 2.3

Ihon altistuminen – taulukko 2.4

Altistumisaika riippuu siitä, onko altistuminen tahattomaa vai tarkoituksellista. Tahattomassa altistumisessa

400–700 nm:stä tuleville lasersäteille altistumisen kestoksi oletetaan yleensä 0,25 sekuntia ja kaikille muille aallonpituuksille altistumisen kestoksi oletetaan 10 tai 100 sekuntia, kun altistuva elin on silmä. Jos vain iho altistuu, on järkevää käyttää 10 tai 100 sekunnin altistumisaikaa kaikilla aallonpituuksilla.

Näiden altistumisaikojen osalta on mahdollista laskea ilmoitetun aukon läpi tuleva enimmäisteho ennen altistumisen raja-arvon ylittymistä. Tällaisten laskelmien tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa, kun kyseessä on silmän altistuminen pienestä lähteestä tulevalle jatkuvalle lasersäteelle.

Aallonpituusalue (nm)	Rajaava aukko (mm)	Altistumisaika (s)	Altistumisen raja-arvo ( $W\ m^{-2}$ )	Aukon läpäisevä enimmäisteho (W)	Aukon läpäisevä enimmäisteho (mW)
180–302,5	1	10	3,0	0,0000024	0,0024
≥ 302,5–315	1	10	3,16–1 000	0,0000025–0,00079	0,0025–0,79
305	1	10	10	0,0000079	0,0079
308	1	10	39,8	0,000031	0,031
310	1	10	100	0,000079	0,079
312	1	10	251	0,00020	0,20
≥ 315–400	1	10	1000	0,00079	0,79
≥ 400–450	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
≥ 450–500	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
≥ 500–700	7	0,25	25,4	0,00098	0,98
≥ 700–1 050	7	10	10–50	0,00039–0,0019	0,39–1,9
750	7	10	12,5	0,00049	0,49
800	7	10	15,8	0,00061	0,61
850	7	10	19,9	0,00077	0,77
900	7	10	25,1	0,00097	0,97
950	7	10	31,6	0,0012	1,2
1000	7	10	39,8	0,0015	1,5
≥ 1 050–1 400	7	10	50–400	0,0019–0,015	1,9–15
≥ 1 050–1 150	7	10	50	0,0019	1,9
1 170	7	10	114	0,0044	4,4
1 190	7	10	262	0,010	10
≥ 1 200–1 400	7	10	400	0,015	15
≥ 1 400–1 500	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
≥ 1 500–1 800	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
≥ 1 800–2 600	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
≥ 2 600–10 <sup>5</sup>	3,5	10	1 000	0,0096	9,6
≥ 10 <sup>5</sup> –10 <sup>6</sup>	11	10	1 000	0,095	95

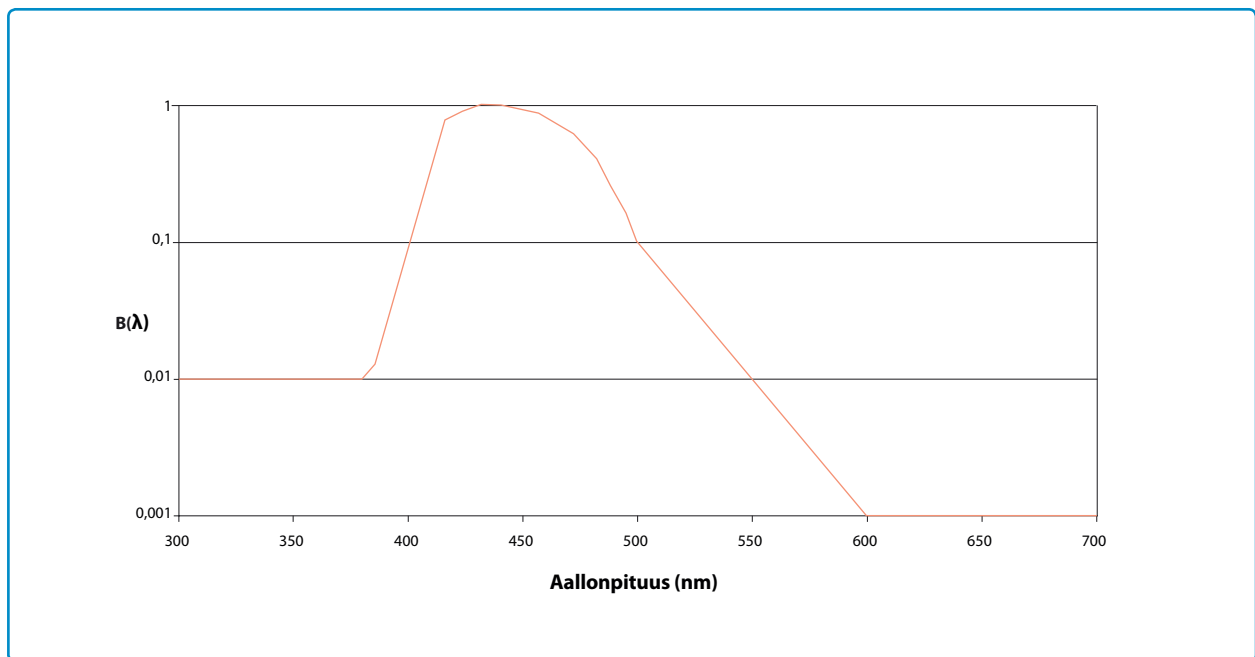




Altistumisaika 8-tuntisena päivänä	Irradianssi (efektiivinen) – W m <sup>-2</sup>
8 tuntia	0,001
4 tuntia	0,002
2 tuntia	0,004
1 tunti	0,008
30 minuuttia	0,017
15 minuuttia	0,033
10 minuuttia	0,05
5 minuuttia	0,1
1 minuutti	0,5
30 sekuntia	1,0
10 sekuntia	3,0
1 sekunti	30
0,5 sekuntia	60
0,1 sekuntia	300

Painokerrointa  $B(\lambda)$  käytetään 300–700 nm:n aallonpituuksilla, jolloin huomioon otetaan silmälle aiheutuvan fotokemiallisen vaurion riskin aallonpituusriippuvuus. Aallonpituusriippuvuutta on kuvattu seuraavassa.

**Kaavio 5.2. Painokerroin  $B(\lambda)$**

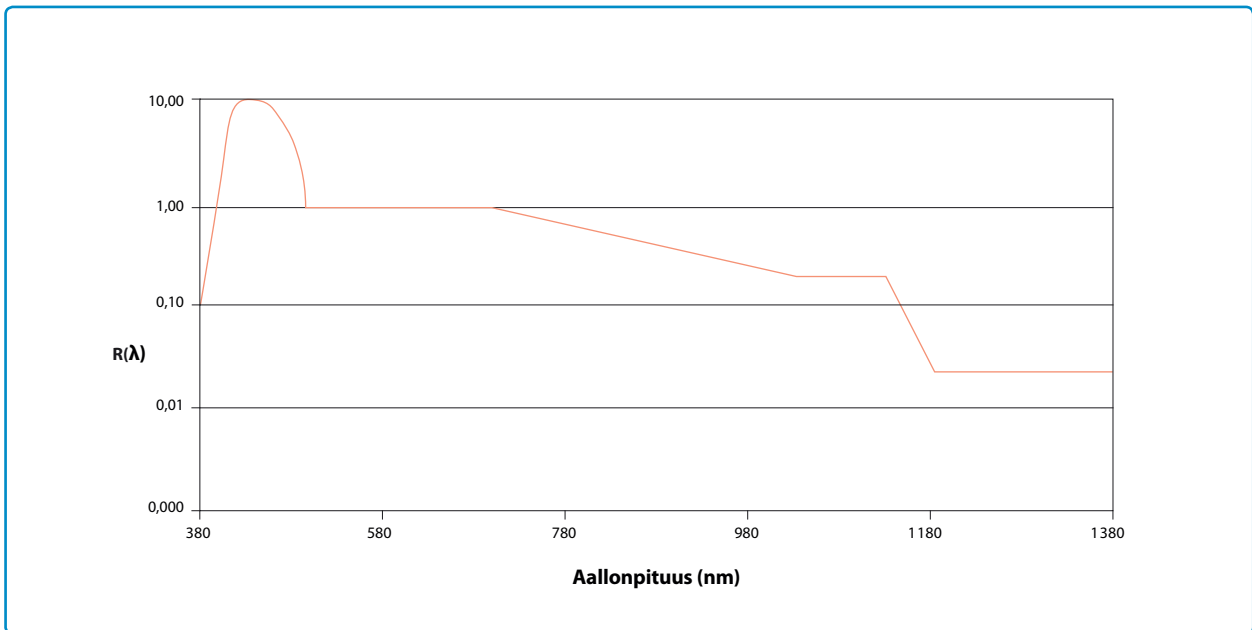


Painokerroin on 1,0, kun kyseessä ovat 435–440 nm:n aallonpituudet. Jos altistumisen raja-arvo ei ylity, kun kaiken 300–700 nm:n aallonpituuksilla etenevän säteilyn oletetaan tapahtuvan noin 440 nm:ssä (kun painokerroin  $B(\lambda)$  on enimmillään 1, sitä ei oteta käytännössä lainkaan

huomioon), raja-arvo ei ylitä myöskään tarkemmassa arvioinnissa.

Painokerroin  $R(\lambda)$  on määritetty 380–1 400 nm:n aallonpituuksilla ja sitä on kuvattu seuraavassa.

**Kaavio 5.3. Painokerroin  $R(\lambda)$**



Painokerroin  $R(\lambda)$  on suurin 435–440 nm:n aallonpituuksilla. Jos raja-arvo ei ylity, kun kaiken 380–1 400 nm:n aallonpituuksilla etenevän säteilyn oletetaan tapahtuvan noin 440 nm:ssä (kun painokertoimen  $R(\lambda)$  suurin arvo on 10, tämä vastaa yksinkertaisesti kaikkien painottamattomien arvojen kertomista kymmenellä), se ei ylity myöskään tarkemmassa arvioinnissa.

Direktiivin liitteessä I olevassa taulukossa 1.1 on ilmoitettu altistumisen raja-arvot eri aallonpituuksilla. Joillakin aallonpituusalueilla sovelletaan useampaa kuin yhtä altistumisen raja-arvoa. Yksikään raja-arvoista ei saa ylittyä.

### 5.3 Lähdeviitteet

“Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation)”, *Health Physics* 87 (2), 2004, s. 171–186.

“Revision of the Guidelines on Limits of Exposure to Laser radiation of wavelengths between 400 nm and 1.4  $\mu\text{m}$ ”, *Health Physics* 79 (4), 2000, s. 431–440.

“Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3  $\mu\text{m}$ )”, *Health Physics* 73 (3), 1997, s. 539–554.

“Guidelines on UV Radiation Exposure Limits”, *Health Physics* 71 (6), 1996, s. 978.

“Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 180 nm and 1  $\mu\text{m}$ ”, *Health Physics* 71 (5), 1996, s. 804–819.

# 6 Riskien arviointi direktiivin yhteydessä

Riskien arviointi on direktiivissä 89/391/ETY asetettu yleinen vaatimus. Tässä esitetty lähestymistapa perustuu Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston vaiheittaiseen riskien arviointiin:

Vaiheittainen riskien arviointi
<i>Vaihe 1.</i> Riskien ja riskeille altistuvien henkilöiden määrittäminen
<i>Vaihe 2.</i> Riskien arviointi ja priorisointi
<i>Vaihe 3.</i> Ennalta ehkäisevistä toimista päättäminen
<i>Vaihe 4.</i> Toimien toteuttaminen
<i>Vaihe 5.</i> Seuranta ja tarkistus

Täydellisessä riskien arvioinnissa on otettava huomioon kaikki työskentelyyn liittyvät riskit. Tässä oppaassa keskitytään kuitenkin direktiivin mukaisesti vain optisesta säteilystä aiheutuviin riskeihin. Joissakin laitteissa laitteen valmistaja toimittaa asianmukaiset tiedot, joiden perusteella riskien voidaan todeta olevan asianmukaisesti hallinnassa. Riskien arviointi ei siis ole välttämättä erityisen työlästä. Riskien arviointia ei tarvitse tehdä kirjallisesti merkityksettömien lähteiden osalta, ellei sitä vaadita kansallisessa lainsäädännössä. Työnantajat voivat kuitenkin tehdä sen kirjallisesti osoittaakseen, että arviointi on tehty.

## 6.1 Vaihe 1. Riskien ja riskeille altistuvien henkilöiden määrittäminen

Kaikki optisen säteilyn lähteet on määritettävä. Osa lähteistä on jo valmiiksi laitteiston sisällä, niin ettei työntekijöiden altistuminen normaalissa käytössä ole mahdollista. Huomioon on kuitenkin otettava, miten työntekijät saattavat altistua lähteen elinkaaren eri vaiheissa. Jos työntekijät valmistavat optisen säteilyn tuotteita, heihin saattaa kohdistua suurempi riski kuin käyttäjiin. Optisen säteilyn tuotteen tyyppillinen elinkaari on seuraava:	Tuotteen elinkaari 1. Valmistus 2. Testaus 3. Asennus 4. Suunnittelu ja mitoitus 5. Käyttöönotto 6. Normaali käyttö 7. Vikatilat 8. Perushuolto 9. Määräaikaishuolto 10. Muutokset 11. Käytöstäpoisto
--	--

Optiselle säteilyle altistuminen tapahtuu tavallisesti silloin, kun laite on toiminnassa. Vaiheet 1–3 saattavat tapahtua toisen työnantajan tiloissa. Vaiheet 4–10 tapahtuvat tavallisesti asianomaisella työpaikalla. Lisäksi on syytä huomata, että jotkin elinkaaren vaiheet toistuvat tietyin väliajoin: esimerkiksi laitteen jokin osa voi tarvita perushuoltoa joka viikko, ja määräaikaishuolto voidaan tehdä kuuden kuukauden välein. Jonkinlainen käyttöönotto saattaa olla tarpeen jokaisen huoltokerran jälkeen. Muulloin laite on "normaalissa käytössä".

Työnantajan olisi otettava huomioon, ketkä työntekijöistä tai alihankkijoista altistuvat todennäköisesti optiselle säteilyle tuotteen elinkaaren kussakin vaiheessa.

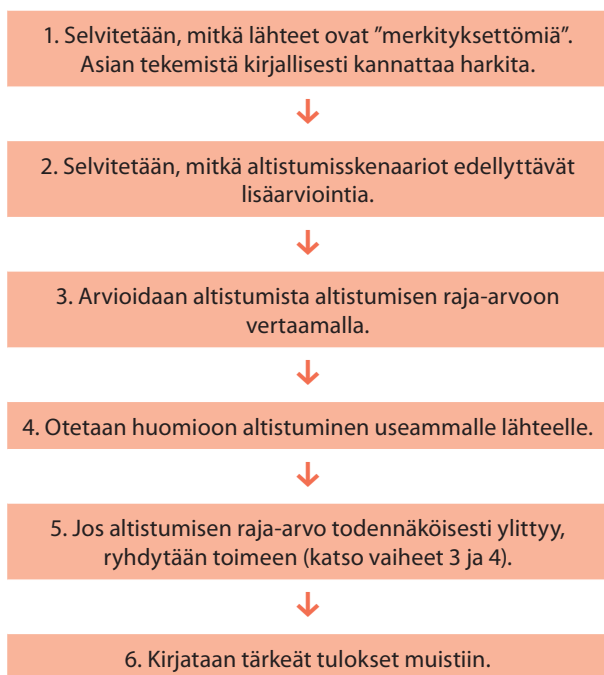
Vaihe 1
Merkittään muistiin kaikki todennäköisesti altistavat keinotekoisien optisen säteilyn lähteet ja pohditaan, kuka saattaa altistua tällaiselle säteilyle.

## 6.2 Vaihe 2. Riskien arviointi ja priorisointi

Direktiivin mukaan työntekijöiden optiselle säteilylle altistumisen on jätävä alle direktiivin liitteissä I ja II lueteltujen altistumisen raja-arvojen. Monet optisen säteilyn lähteet työpaikalla ovat merkityksettömiä. Tämän oppaan liitteessä D on ohjeita muutamista yksittäisistä laitteista. Arvioitaessa, onko lähde merkityksetön, on otettava huomioon myös se, kuinka monelle lähteelle työntekijä todennäköisesti altistuu. Jos lähteitä on yksi ja jos altistuminen työntekijän työpisteessä on alle 20 prosenttia koko työpäivää koskevasta altistumisen raja-arvosta, lähettä voidaan pitää merkityksettömänä. Jos tällaisia lähteitä on kuitenkin 10, jokaiselle lähteelle altistumisen olisi oltava alle kaksi prosenttia altistumisen raja-arvosta, jotta lähteet voitaisiin katsoa merkityksettömiksi.

On tärkeää painottaa, että direktiivin mukaan "riskit" on poistettava tai pienennettävä niin vähäisiksi kuin mahdollista. Tämä ei tarkoita välttämättä sitä, että optisen säteilyn määrä olisi saatava mahdollisimman vähäiseksi. Kaikkien valojen sammuttaminen esimerkiksi vaarantaisi turvallisuuden ja lisäksi loukkaantumiseriskiä.

Riskien arvioinnin lähestymistapa on seuraava:



Altistumisen riskiä eli sitä, kuinka todennäköistä altistuminen on, ei ole aina yksinkertaista määrittää. Työpaikalla voi olla hyvin kollimoitu lasersäde, ja lasersäteelle

altistumisen riski voi olla pieni. Jos altistuminen kuitenkin tapahtuisi, seuraukset voisivat olla suuria. Sitä vastoin monista epäkoherenteista keinotekoisista lähteistä peräisin olevalle optiselle säteilylle altistumisen riski voi olla suuri, mutta seuraukset voivat taas olla pieniä.

Suurimmalla osalla työpaikoista altistumisen riskiä ei ole perusteltua laskea, vaan todennäköisyydeksi voidaan määrittää tervettä järkeä käyttäen suuri, keskiuuri tai pieni todennäköisyys.



Direktiivissä ei määritellä käsitettä "todennäköisesti" ("todennäköisesti altistuvat"). Tällöin terveen järjen käyttö riittää, ellei kansallisella tasolla muuta vaadita.

Vaihe 2
Harkitaan merkityksettömien lähteiden merkitsemistä muistiin.
Merkitään muistiin lähteet, joissa altistumisen raja-arvon ylittymisen riski on olemassa.
Arvioidaan riskejä.
Otetaan huomioon työntekijät, jotka saattavat olla erityisen herkkiä valolle.
Priorisoidaan riskienhallintatoimenpiteitä, jotka koskevat lähteitä, joille altistuvien työntekijöiden kohdalla altistumisen raja-arvo todennäköisesti ylittyy.

Vaikka ultraviolettisäteilylle altistumisen raja-arvoja voidaan käyttää määrittäessä suurin mahdollinen irradianssi, jolle työntekijä voi altistua työpäivän aikana, toistuva altistuminen jokaisena työpäivänä ei ole ihanteellinen vaihtoehto. Ultraviolettisäteilylle altistuminen olisi vähennettävä niin pieneksi kuin kohtuudella on mahdollista, sen sijaan että altistuminen nousisi työssä lähelle raja-arvoa jatkuvasti.

## 6.3 Vaihe 3. Ennalta ehkäisevistä toimista päättäminen

Tämän oppaan luvussa 9 on ohjeet riskienhallintatoimenpiteistä, joilla keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisen riskiä voidaan vähentää mahdollisimman paljon. Yleensä suositaan kollektiivista suojelua yksilöllisen suojelun sijasta.

**Vaihe 3**

Päätetään asianmukaisista ennalta ehkäisevistä toimista.

Merkitään päätöksen perustelut muistiin.

## 6.4 Vaihe 4. Toimeen ryhtyminen

Ennalta ehkäisevät toimet on pantava täytäntöön. Keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisen riskeistä tehdyn arvion perusteella töitä joko jatketaan siihen asti, kunnes ennalta ehkäisevät toimenpiteet ovat käytössä, tai työt keskeytetään.

**Vaihe 4**

Päätetään, voivatko työt jatkua.

Toteutetaan ennalta ehkäisevät toimet.

Kerrotaan työntekijöille ennalta ehkäisevien toimien perusteista.

## 6.5 Vaihe 5. Seuranta ja tarkistaminen

On tärkeää selvittää, tehtiinkö riskien arviointi tehokkaasti ja ovatko ennalta ehkäisevät toimet asianmukaisia. Myös riskien arviointia on tarkistettava, jos keinotekoisien optisen säteilyn lähteet muuttuvat tai työtapoja muutetaan.

Työntekijät eivät välttämättä tiedä olevansa herkkiä valolle, tai työntekijät voivat herkistyä valolle, sen jälkeen kun riskien arviointi on suoritettu. Kaikki asiaa koskevat ilmoitukset on merkittävä muistiin ja terveydentilaa on seurattava tarvittaessa (katso oppaan luku 11). Keinotekoisien optisen säteilyn (yhtä tai useampaa) lähdettä voidaan joutua vaihtamaan tai työtapoja muuttamaan muulla tavalla.

**Vaihe 5**

Päätetään sopivasta tarkistusvälistä, joka voi olla esimerkiksi 12 kuukautta.

Varmistetaan, että tarkistukset tehdään tilanteen muuttuessa, esimerkiksi kun uusia lähteitä tulee käyttöön, työkäytännöt muuttuvat tai haittavaikutuksia ilmenee.

Merkitään tarkistukset ja niiden tulokset muistiin.

## 6.6 Lähdeviitteet

Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto:  
<http://osha.europa.eu/fi/topics/riskassessment>

# 7 Optisen säteilyn mittaus

## 7.1 Direktiivin mukaiset vaatimukset

Optisen säteilyn mittaus voidaan tehdä osana riskien arviointia. Direktiivin 4 artiklassa säädetään mittauksen vaatimuksista riskien arvioinnissa. Kyseisen artiklan mukaan:

”Jos työntekijät altistuvat keinotekoisille optisen säteilyn lähteille, työnantajan on – – arvioitava ja tarvittaessa mitattava ja/tai laskettava optiselle säteilylle altistumisen tasot, joille työntekijät todennäköisesti altistuvat – –.”

Työnantaja voi siis määrittää työntekijöiden altistumisen tasot myös toisin kuin mittaamalla eli laskemalla (käytämällä kolmannen osapuolen, esimerkiksi valmistajan toimittamia tietoja).

Jos riskien arviointiin sopivat tiedot ovat saatavilla, mittaaminen ei ole välttämätöntä. Tilanteen toivotaan olevan tällainen, sillä optisen säteilyn mittaaminen työpaikalla on hankalaa. Mittalaitteet ovat todennäköisesti suhteellisen kalliita, ja niitä osaavat käyttää vain koulutetut henkilöt. Kokematon käyttäjä tekee helposti virheitä, jotka johtavat pahoihin epätarkkuuksiin. Usein riskien arvioinnin kohteena olevassa työpisteessä toimimisesta tarvitaan lisäksi aikaa ja liikkumista koskevat tiedot.

## 7.2 Lisäavun hankkiminen

Ellei työnantaja halua ostaa optisen säteilyn mittalaitteita ja ellei sillä ole asiantuntijoita niitä käyttämään, tarvitaan apua. Vaaditut mittalaitteet (ja asiantuntijat niitä käyttämään) voivat löytyä

- kansallisista työterveys- ja työturvallisuuslaitoksista
- tutkimuslaitoksista (kuten yliopistoista, joissa on optiikan laitos)
- optisten mittalaitteiden valmistajilta (ja mahdollisesti niiden edustajilta)
- yksityisiltä asiaan erikoistuneilta työterveys- ja työturvallisuusalan konsulteilta.

Kun otetaan yhteyttä johonkin näistä tahoista, kannattaa muistaa, että sen on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- altistumisen raja-arvojen ja niiden soveltamisen tuntemus
- laitteet, joilla voidaan mitata kaikkia asiassa oleellisia aallonpituusalueita
- kokemus laitteiden käytöstä
- menetelmä laitteiden kalibroimiseksi jonkin kansallisen standardin mukaisesti
- kyky arvioida mittauksiin liittyvää epävarmuutta.

Elleivät nämä kaikki kriteerit täyty, riskien arvioinnissa saattaa olla seuraavia puutteita:

- Oikeita raja-arvoja ei osata soveltaa tai niitä ei sovelleta oikein.
- Kaikkiin sovellettaviin raja-arvoihin verrattavissa olevien tietojen hankinta epäonnistuu.
- Numerotiedoissa on pahoja virheitä.
- Tietoja ei voida verrata asianmukaisesti raja-arvoihin yksiselitteisten päätelmien tekemiseksi.

# 8 Valmistajan tietojen käyttäminen

Koska optinen säteily tulee hyvin erilaisista lähteistä, lähteiden käyttöön liittyvät riskit vaihtelevat huomattavasti. Optista säteilyä lähettävien laitteiden valmistajien antamista tiedoista tulisi olla apua vaaran arvioinnissa ja tarvittavien riskienhallintatoimenpiteiden määrittämisessä. Etenkin lasereiden ja muiden lähteiden luokittelu ja turvaetäisyydet voivat olla erittäin hyödyllisiä riskien arvioinnin toteuttamisessa.

## 8.1 Turvallisuusluokitus

Lasereiden ja muiden lähteiden luokitusjärjestelmistä käy ilmi mahdollinen haitallisten terveysvaikutusten riski. Mahdollinen riski voi sitten todellisuudessa johtaa tai olla johtamatta haitallisiin terveysvaikutuksiin sen mukaan, millaiset ovat käyttöolosuhteet, altistumisaika ja ympäristö. Luokituksen avulla käyttäjät voivat valita sopivat riskienhallintatoimenpiteet riskien minimoimiseksi.

### 8.1.1 Lasereiden turvallisuusluokitus

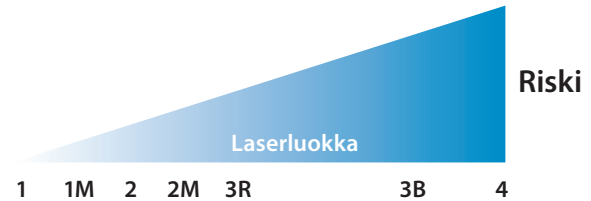
Lasereiden luokitus perustuu toteutuvissa olevan altistumisen raja-arvoon (accessible emission limit, AEL). Raja-arvot määritetään kullekin laserluokalle. Toteutuvissa olevan altistumisen raja-arvossa otetaan huomioon laserlaitteen lähettämän säteilyn lisäksi ihmisen mahdollisuus altistua lasersäteilylle. Laserit on jaettu seitsemään luokkaan. Mitä suurempi on luokan numero, sitä suurempi on riskin todennäköisyys. Riskiä voidaan vähentää huomattavasti käyttäjää suojaavilla lisätoimenpiteillä sekä teknillä ratkaisuilla, kuten koteloinnilla.

#### Kannattaa muistaa

Kirjain "M" luokissa 1M ja 2M tulee sanasta "Magnifying optical viewing instruments" (suurentavat optiset laitteet).

Kirjain "R" luokassa 3R tulee sanasta "Reduced requirements" tai "Relaxed requirements" (vähemmät vaatimukset tai löyhemmät vaatimukset). Vähemmät vaatimukset koskevat sekä valmistajaa (esimerkiksi ei vaadita pääkatkaisijaa, säteen katkaisijaa tai vaimenninta eikä lukitusliitintä) että käyttäjää.

Kirjaimella "B" luokassa 3B on historialliset syyt.



#### 8.1.1.1 Luokka 1

Laserlaitteet, joita pidetään turvallisina käyttää myös katsottaessa suoraan säteeseen pidempiaikaisesti jopa optisella laitteella (luupilla tai kiikarilla). Luokkaan 1 kuuluvien laserlaitteiden käyttäjät eivät yleensä tarvitse optisen säteilyn riskienhallintaa normaalissa käytössä. Huollon aikana säteilyn määrä saattaa kasvaa.

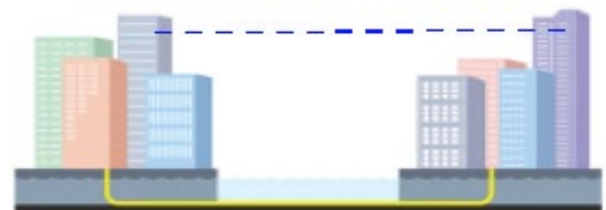


Tähän luokkaan kuuluu tuotteita, joissa suuritehoiset laserit on suljettu koteloon, joka estää ihmisen altistumisen säteilylle ja jota ei voida aukaista laseria sammuttamatta, tai joissa tarvitaan työkaluja lasersäteeseen käsiksi pääsemiseksi:

- lasertulostin
- CD- ja DVD-soittimet ja -tallentimet
- laserkäsittelylaitteet.

#### 8.1.1.2 Luokka 1M

Turvallinen katsottuna paljaalla silmällä kohtuudella ennakoitavissa käyttöolosuhteissa. Voi aiheuttaa vaaraa käytettäessä optisia laitteita (esimerkiksi luuppeja tai kaukokuutkia) säteen sisällä.



Esimerkki: irtikytketyt kuituoptiset viestintäjärjestelmät.



Luokkien 1 ja 1M laserlaitteiden näkyvään säteeseen suoraan katselu voi kuitenkin aiheuttaa häikäistymistä etenkin hämärässä valossa.

### 8.1.1.3 Luokka 2

Näkyvää säteilyä lähettävät laserlaitteet, jotka ovat turvallisia hetkellisessä altistumisessa myös optisia laitteita käytettäessä mutta jotka voivat aiheuttaa vaaraa, jos säteeseen tuijotetaan tarkoituksella. Luokan 2 laser tuotteet eivät varsinaisesti ole turvallisia silmille, mutta luonnollisten suojareaktioiden – kuten pään pois päin kääntämisen tai silmien räpyttelyrefleksin – oletetaan riittävän suojaamaan.



*Esimerkki:* viivakoodinlukijat.

### 8.1.1.4 Luokka 2M

Laserlaitteet, jotka lähettävät näkyviä lasersäteitä ja ovat turvallisia lyhytkestoisessa altistuksessa vain paljaalla silmällä katsottuna. Silmien vaurioituminen mahdollista katsottaessa luupilla tai kaukoputkella. Silmien suojaaminen hoituu tavallisesti suojareaktioilla, kuten silmien räpyttelyrefleksillä.

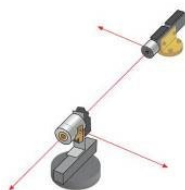


*Esimerkki:* rakennustekniikan taso- ja pistelaserit.

### 8.1.1.5 Luokka 3R

Suoraan säteeseen katselu on mahdollisesti haitallista, mutta käytännössä vaurion riski on lähes kaikissa tapauksissa suhteellisen pieni altistumisen lyhyen keston ja tahattomuuden vuoksi. Epäpätevän henkilön käsissä epäasianmukaisesti käytettynä voi kuitenkin aiheuttaa vaaraa. Riskiä rajoittavat luonnolliset suojareaktiot, joita laukaisevat näkyvän säteilyn kirkas valo ja pitkäaaltoisesta infrapunasäteilystä johtuva sarveiskalvon kuumeneminen.

Luokan 3R lasereita tulisi käyttää vain silloin, kun suora katselu säteeseen on epätodennäköistä.



*Esimerkki:* maanmittauslaitteet, suuritehoiset laserosoittimet, pistelaserit.

Suojareaktiot eivät laukea aina ja kaikkialla.



Luokan 2, luokan 2M tai luokan 3R näkyvän säteen laserlaitteet saattavat aiheuttaa häikäistymistä, välähdyssokeutta ja jälkikuvia etenkin hämärässä valossa. Tämä voi vaikuttaa välillisesti yleiseen turvallisuuteen tilapäisten näköhäiriöiden tai säpsähdysreaktioiden vuoksi. Näköhäiriöt voivat aiheuttaa erityistä huolta, kun suoritetaan tehtäviä, joissa on turvallisuusriski, kuten työskenneltäessä koneen kanssa tai korkealla, tai kun tehtävään liittyy suurjännitteitä tai ajamista.

### 8.1.1.6 Luokka 3B

Vaaraksi silmille, jos silmät altistuvat säteelle suoraan silmävaurion turvaetäisyyden (nominal ocular hazard distance, NOHD



– katso kohta 8.2.1) sisällä. Hajaheijastusten katsominen on tavallisesti turvallista, jos silmä on vähintään 13 senttimetrin päässä hajaheijastusta aiheuttavasta pinnasta ja jos altistumisaika on alle 10 sekuntia. Luokan 3B laserit, jotka lähentelevät luokan ylärajaa, saattavat aiheuttaa pieniä ihovammoja tai syyttää helposti syttyviä materiaaleja.

*Esimerkki:* fysioterapiahoidossa käytetyt laserit, tutkimuslaboratoriolaitteet.

### 8.1.1.7 Luokka 4

Lasertuotteet, joiden suora katselu ja ihoaltistus on haitallista turvaetäisyyden sisällä ja jonka hajaheijastustenkin katsominen voi olla haitallista. Näissä lasereissa on usein myös tulipalon syyttymisen vaara.

*Esimerkki:* laserprojektorin näyttö, laserkirurgian laitteet ja metallin laserleikkurit.



Luokan 3B ja luokan 4 lasertuotteita ei pidä käyttää ennen riskien arvioinnin tekemistä, jotta tarvittavat suojaavat riskienhallintatoimenpiteet voidaan määrittää käyttöturvallisuuden varmistamiseksi.



Taulukko 8.1. Tiivistelmä eri laserturvallisuusluokissa vaadittavista riskienhallintatoimenpiteistä

	Luokka 1	Luokka 1M	Luokka 2	Luokka 2M	Luokka 3R	Luokka 3B	Luokka 4
Riskiluokan kuvaus	Turvallinen kohtuudella ennakoitavissa olosuhteissa	Turvallinen paljaalla silmällä katsottuna, saattaa aiheuttaa vaaraa optisia laitteita käytettäessä	Turvallinen lyhytkestoisessa altistumisessa, silmiä suojaavat luonnolliset suojarahot	Turvallinen paljaalla silmällä katsottuna, saattaa aiheuttaa vaaraa optisia laitteita käytettäessä	Vaurion vaara melko pieni, vaaraa voi aiheutua epäpätevän henkilön käsissä epäasianmukaisesti käytettynä	Suora katsominen vaarallista	Vaarallinen silmille ja iholle, tulipalovaara
Turva-alue	Ei vaadita	Rajattu tai suljettu	Ei vaadita	Rajattu tai suljettu	Suljettu	Suljettu ja suojattu lukituksella	Suljettu ja suojattu lukituksella
Pääkatkaisin	Ei vaadita	Ei vaadita	Ei vaadita	Ei vaadita	Ei vaadita	Pakollinen	Pakollinen
Koulutus	Noudatetaan valmistajan ohjeita turvallisesta käytöstä.	Suosittelutavaa	Noudatetaan valmistajan ohjeita turvallisesta käytöstä.	Suosittelutavaa	Pakollista	Pakollista	Pakollista
Henkilösuojaimet	Ei vaadita	Ei vaadita	Ei vaadita	Ei vaadita	Saattavat olla pakolliset riskien arvioinnin tulosten perusteella	Pakolliset	Pakolliset
Suojatoimenpiteet	Eivät tarpeen normaalissa käytössä.	Suurentavien, kohdentavien tai kollimoivien optisten laitteiden käyttö on estettävä.	Säteeseen ei saa tuijottaa.	Säteeseen ei saa tuijottaa. Suurentavien, kohdentavien tai kollimoivien optisten laitteiden käyttö on estettävä.	Estetään silmien suora altistuminen.	Estetään silmien ja ihon altistuminen säteelle. Turva tahattomia reaktioita vastaan.	Estetään silmien ja ihon altistuminen säteelle ja hajaheijastuksille.

### Laserluokitusjärjestelmän puutteet

Laserien turvallisuusluokitus liittyy toteutuvaan laser-säteilyyn. Luokituksessa ei oteta huomioon lisäriskejä, kuten sähköä, oheissäteilyä, höyryä, melua tms.

Laserien turvallisuusluokitus liittyy tuotteen normaaliin käyttöön. Niitä ei voida välttämättä soveltaa huollon aikana tai silloin, kun alkuperäinen laite on osa monimutkaista laitteistoa.

Laserien turvallisuusluokitus liittyy yksittäiseen tuotteen. Siinä ei oteta huomioon kumulatiivista altistumista monelle eri lähteelle.

### 8.1.2 Epäkoherenttien lähteiden turvallisuusluokitus

Epäkoherenttien (laajakaistasäteilyn) lähteiden turvallisuusluokitus on määritetty standardissa EN 62471:2008, ja se perustuu laitteen koko tehoalueella toteutuvan säteilyn enimmäismäärään käytön aikana missä vaiheessa tahansa valmistuksen jälkeen. Luokituksessa otetaan huomioon optisen säteilyn määrä, aallonpituusjakauma ja ihmisen altistuminen optiselle säteilylle. Laajakaistasäteilyn lähteet on luokiteltu neljään riskiryhmään. Mitä suurempi on ryhmää kuvaava luku, sitä suurempi on riskin todennäköisyys.

Luokituksesta käy ilmi haitallisten terveysvaikutusten todennäköinen riski. Riski saattaa johtaa todellisuudessa haitallisiin terveysvaikutuksiin sen mukaan, millaisia ovat käyttöolosuhteet, altistumisaika ja ympäristö. Luokituksen avulla käyttäjä voi valita sopivat riskienhallintatoimenpiteet riskien minimoimiseksi.

Riskin todennäköisyyden kasvamisen perusteella riskiryhmien järjestys on seuraava:

- Poikkeusryhmä – ei fotobiologista vaaraa ennakoitavissa olosuhteissa.
- Riskiryhmä 1 – pienen riskin ryhmä, riskiä rajoittaa altistumiseen liittyvä normaali vaistonvarainen käyttäytyminen.
- Riskiryhmä 2 – keskiuuren riskin ryhmä, riskiä rajoittavat kirkkaan valon laukaisemat suojareaktiot. Suojareaktiot eivät kuitenkaan aina laukea.
- Riskiryhmä 3 – suuren riskin ryhmä, riski voi aiheutua myös hetkellisessä tai lyhytaikaisessa altistumisessa.



Kussakin riskiryhmässä kullekin riskille on oma aikakriteerinsä. Kriteerit on valittu niin, ettei sovellettava altistumisen raja-arvo ylitä valittuna aikana.

### 8.1.2.1 Poikkeusryhmä

Välitöntä optisen säteilyn riskiä ei ole kohtuudella ennakoitavissa edes jatkuvassa ja rajoittamattomassa käytössä. Lähteistä ei aiheudu mitään seuraavista fotobiologisista riskeistä:

- aktiivisen UV-säteilyn riski 8-tuntisen altistumisen aikana
- lähi-UV-säteilyn riski 1 000 sekunnin aikana
- verkkokalvon sinivaloriski 10 000 sekunnin aikana
- verkkokalvon lämpövaurion riski 10 sekunnin aikana
- silmälle aiheutuvan infrapunasäteilyvaurion riski 1 000 sekunnin aikana
- infrapunasäteilyn riski ilman voimakasta näköärsykettä 1 000 sekunnin aikana.



*Esimerkki:* kotien ja toimistotilojen valaistus, tietokoneiden näytöt, laitteiden näytöt, merkivalot.

### 8.1.2.2 Riskiryhmä 1 – pieni riski

Nämä tuotteet ovat turvallisia suurimmassa osassa laitteita lukuun ottamatta hyvin pitkittynyttä altistumista, jossa silmien suora altistuminen on odotettavissa. Lähteistä ei aiheudu mitään seuraavista riskeistä altistumista rajoittavan normaalin vaistonvaraisen käyttäytymisen ansiosta:



- aktiivisen UV-säteilyn riski 10 000 sekunnin aikana
- lähi-UV-säteilyn riski 300 sekunnin aikana
- verkkokalvon sinivaloriski 100 sekunnin aikana
- silmälle aiheutuvan infrapunasäteilyvaurion riski 100 sekunnin aikana
- infrapunasäteilyn riski ilman voimakasta näköärsykettä 100 sekunnin aikana.

*Esimerkki:* kotikäyttöön tarkoitetut polttimet.

### 8.1.2.3 Riskiryhmä 2 – keskiuuri riski

Lähteistä ei aiheudu mitään seuraavista riskeistä kirkkaan valon laukaiseman suojareaktion tai kuumenemisen aiheuttaman epämukavan tunteen ansiosta eikä tilanteissa, joissa pitkäaikainen altistuminen on epätodennäköistä:

- aktiivisen UV-säteilyn riski 1 000 sekunnin aikana
- lähi-UV-säteilyn riski 100 sekunnin aikana
- verkkokalvon sinivaloriski 0,25 sekunnin aikana (suojareaktio)
- verkkokalvon lämpövaurion riski 0,25 sekunnin aikana (suojareaktio)
- silmälle aiheutuvan infrapunasäteilyvaurion riski 10 sekunnin aikana
- infrapunasäteilyn riski ilman voimakasta näköärsykettä 10 sekunnin aikana.

### 8.1.2.4 Riskiryhmä 3 – suuri riski

Lähteet voivat aiheuttaa riskin jopa hetkellisissä tai lyhytaikaisissa altistumisissa turvaetäisyyden sisällä. Turvatoimenpiteet ovat ehdottomia.

Riskiryhmää voidaan alentaa ja optisen säteilyn riskiä pienentää suodattamalla ei-toivottu liiallinen optinen säteily (esimerkiksi UV), suojaamalla lähde optiselle säteilylle altistumisen estämiseksi tai käyttämällä säteen levittämiseen tarkoitettua optiikkaa.

Laajakaistasäteilyn luokitusjärjestelmän puutteet
Turvallisuusluokitus liittyy toteutuvaan optiseen säteilyyn. Luokituksessa ei oteta huomioon lisäriskejä, kuten sähköä, oheissäteilyä, höyryä, melua jne.
Turvallisuusluokitus liittyy tuotteen normaaliin käyttöön. Sitä ei voida välttämättä soveltaa huollon aikana tai silloin, kun alkuperäinen laite on osa monimutkaista laitteistoa.
Turvallisuusluokitus liittyy yksittäiseen tuotteeseen. Siinä ei oteta huomioon kumulatiivista altistumista monille lähteille.
Tuotteet luokitellaan yleisvalaisinten osalta etäisyydellä, jolla valaistusvoimakkuus on 500 luxia, ja muiden laitteiden osalta 200 millimetrin etäisyydellä lähteestä. Tämä ei välttämättä vastaa kaikkia käyttöolosuhteita.

### 8.1.3 Koneiden turvallisuusluokitus

Optista säteilyä tuottavat koneet voidaan luokitella myös standardin EN 12198 mukaisesti. Tätä standardia sovelletaan kaikkeen tarkoitukselliseen tai tahattomasti syntyvään säteilyyn yksinomaan valaistukseen käytettäviä lähteitä lukuun ottamatta.

Koneet luokitellaan johonkin seuraavista kolmesta ryhmästä toteutuvan säteilyn perusteella. Taulukkoon 8.2 on koottu kaikki kolme riskiryhmää, joiden esitysjärjestys on valittu riskin kasvamisen perusteella.

**Taulukko 8.2. Koneiden turvallisuusluokitus standardin EN 12198 mukaisesti**

Luokka	Rajoitukset ja suojaustoimenpiteet	Tiedotus ja koulutus
0	Ei rajoituksia.	Tiedottaminen ei ole tarpeen.
1	Rajoitukset: pääsyrjoitukset, suojaustoimenpiteitä saatetaan tarvita.	Valmistajan on annettava tiedot vaaroista, riskeistä ja toissijaisista vaikutuksista.
2	Eriyiset rajoitukset ja suojaustoimenpiteet ovat välttämättömiä.	Valmistajan on annettava tiedot vaaroista, riskeistä ja toissijaisista vaikutuksista. Koulutus saattaa olla tarpeen.

Kone luokitellaan johonkin ryhmistä alla olevaan taulukkoon koottujen efektiivisten radiometristen suureiden perusteella 10 senttimetrin etäisyydeltä mitattuna.

**Taulukko 8.3. Altistumisen raja-arvot standardin EN 12198 mukaisessa koneiden turvallisuusluokituksessa**

$E_{\text{eff}}$	$E_B$	$L_B$	$E_R$	Luokka
	( $\alpha < 11 \text{ mrad}$ )	( $\alpha \geq 11 \text{ mrad}$ )		
$\leq 0,1 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 1 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 10 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	$\leq 33 \text{ W m}^{-2}$	0
$\leq 1,0 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 10 \text{ mW m}^{-2}$	$\leq 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	$\leq 100 \text{ W m}^{-2}$	1
$> 1,0 \text{ mW m}^{-2}$	$> 10 \text{ mW m}^{-2}$	$> 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	$> 100 \text{ W m}^{-2}$	2

## 8.2 Turvaetäisyys ja turva-arvot

Joidenkin laitteiden osalta voi olla hyödyllistä tietää, miten kauas optisen säteilyn vaara ulottuu.

Etäisyyttä, jossa altistumisen taso on laskenut sovellettavan altistumisen raja-arvon tasolle, kutsutaan turvaetäisyydeksi. Kun kyseinen etäisyys säilyy, haitan aiheutumisen riskiä ei ole. Jos valmistaja ilmoittaa turvaetäisyyden, sitä voidaan hyödyntää riskien arvioinnissa ja työympäristön turvallisuuden varmistamisessa.

### 8.2.1 Laserit ja silmävaurion turvaetäisyys

Jollakin etäisyydellä lasersäde hajautuu, ja irradianssi vastaa silmien altistumisen raja-arvoa. Tätä kutsutaan silmävaurion turvaetäisyydeksi (nominal ocular hazard distance, NOHD). Tällä ja sitä suuremmalla etäisyydellä altistumisen raja-arvo ei ylitä, ja lasersäteeseen katsotaan olevan turvallinen.

Valmistajat ilmoittavat silmävaurion turvaetäisyyden usein tuotetiedoissa. Jos tietoa ei ole saatavilla, silmävaurion turvaetäisyys voidaan laskea seuraavien valmistajan

tiedoissa ilmoitettujen lasersäteilyä koskevien muuttujien perusteella:

- säteilyteho (W)
- säteen alkuperäinen halkaisija (m)
- divergenssi (radiaaneina)
- altistumisen raja-arvo (ELV) ( $W\ m^{-2}$ ).

Tilanne voi tuki hankaloitua, jos etäisyys on suuri tai säde ei ole ympyränmuotoinen, jolloin silmävaurion turvaetäisyyss voidaan arvioida seuraavan yhtälön avulla:

$$NOHD = \frac{\sqrt{\frac{4 \times \text{säteilyteho}}{\pi \times ELV}} - \text{alkuperäinen halkaisija}}{\text{divergenssi}}$$

### 8.2.2 Laajakaistalähteet – turvaetäisyys ja turva-arvo

Etäisyyttä, jolla altistumisen taso on laskenut sovellet-tavan altistumisen raja-arvon tasolle, kutsutaan turva-etäisyydeksi (hazard distance, HD). Tällä ja tätä suurem-malla etäisyydellä haitan aiheutumisen vaaraa ei ole. Turvaetäisyys olisi otettava huomioon määrittäessä aluetta, jonka sisäpuolella optiselle säteilylle altistumista ja henkilöstön toimintaa on hallittava ja valvottava opti-selta säteilyltä suojelemiseksi. Turvaetäisyys voidaan määrittää silmien ja ihon altistumisen osalta.

Optisen säteilyn vaaraa koskevat tiedot voidaan esittää myös turva-arvona (hazard value, HV), joka on altistu-misen taso tietyllä etäisyydellä suhteessa altistumisen raja-arvoon kyseisellä etäisyydellä:

$$HV \text{ (etäisyys, altistumisaika)} = \frac{\text{Altistumisen taso (etäisyys, altistumisaika)}}{\text{Altistumisen raja-arvo}}$$

Turva-arvolla (HV) on merkittävää käytännön merkitystä. Jos turva-arvo on suurempi kuin 1, tarvitaan asianmu-kaisia riskienhallintatoimenpiteitä: joko altistumisaikaa tai kosketuksissa olemista lähteeseen on rajoitettava (vaimentaminen, etäisyys) tarpeen mukaan. Jos turva-arvo on alle 1, altistumisen raja-arvo ei ylity kyseisellä paikalla kyseisenä altistumisaikana.

Valmistajat antavat usein tiedot turvaetäisyydestä ja turva-arvoista tuotetiedoissa. Näiden tietojen avulla käyt-täjä voi tehdä riskien arvioinnin ja valita asianmukaiset riskienhallintatoimenpiteet.

## 8.3 Hyödyllistä lisätietoa

EN 60825–1:2007. Lasertuotteiden turvallisuus. Osa 1: Laitteiden luokittelu ja vaatimukset

IEC TR 60825–14:2004. Safety of Laser Products. Part 14: A user's guide

EN 62471: 2008. Photobiological safety of lamps and lamp systems

EN 12198–1:2000. Koneturvallisuus. Koneiden säteily-päästöjen riskien arviointi ja vähentäminen. Osa 1: Yleiset periaatteet

EN 12198–2:2002. Koneturvallisuus. Koneiden säteily-päästöjen riskien arviointi ja vähentäminen. Osa 2. Sätei-lypäästön mittausmenetelmä

EN 12198–3:2000. Koneturvallisuus. Koneiden säteilypääs-töjen riskien arviointi ja vähentäminen. Osa 3. Säteilyn vähentäminen vaimentamalla tai suojaamalla

# 9 Riskienhallintatoimenpiteet

Riskienhallintatoimenpiteiden hierarkian periaatteena on, että jos riski havaitaan, se on saatava hallintaan teknisillä ratkaisuilla. Vaihtoehtoisia suojatoimenpiteitä saa käyttää vain silloin, kun tekniset ratkaisut eivät ole mahdollisia. Henkilösuojaimia ja hallinnollisia menetteilyjä tarvitaan vain joissakin tilanteissa.

Asianmukaiset toimenpiteet valitaan kussakin tilanteessa riskien arvioinnin tulosten perusteella. Kaikki käytettävissä oleva tieto optisen säteilyn lähteistä ja mahdollisesta ihmisten altistumisesta kootaan yhteen. Optiselle säteilylle altistumista työpisteessä voidaan arvioida yleensä niin, että joko tuotetietojen perusteella määritettyä säteilylle altistumista tai mittaustuloksia verrataan yhteen tai useampaan sovellettavaan altistumisen raja-arvoon. Tavoitteena on yksiselitteinen tulos, josta käy ilmi, ylittyvätkö sovellettavat raja-arvot todennäköisesti vai eivät.

Jos selkeästi voidaan todeta, että optiselle säteilylle altistuminen on merkityksetöntä eivätkä altistumisen raja-arvot ylity, lisätoimia ei tarvita.

Jos säteily on merkittävää ja/tai kuormitus on suuri, raja-arvot saattavat ylittyä. Tällöin jonkinlaiset suojatoimenpiteet ovat tarpeen. Arviointi toistetaan suojatoimenpiteiden soveltamisen jälkeen.

Mittausten ja arvioinnin toistaminen voi olla tarpeen, jos

- säteilyn lähde on muuttunut (esimerkiksi toinen lähde on asennettu tai lähdettä käytetään erilaisissa käyttöolosuhteissa)
- työn luonne on muuttunut
- altistumisaika on muuttunut
- suojatoimenpiteitä on sovellettu, niiden soveltaminen on keskeytetty tai niitä on muutettu
- edellisestä mittauksesta ja arvioinnista on jo aikaa eivätkä tulokset ehkä pidä enää paikkaansa
- toisenlaisia altistumisen raja-arvoja on sovellettava.

Suunnittelu- ja asennusvaiheessa sovelletuista riskienhallintatoimenpiteistä voi olla huomattavaa etua laitteen turvallisuuden ja käytön kannalta. Riskienhallintatoimenpiteiden toteuttaminen vasta myöhemmin voi olla kallista.

## 9.1 Riskienhallintatoimenpiteiden hierarkia

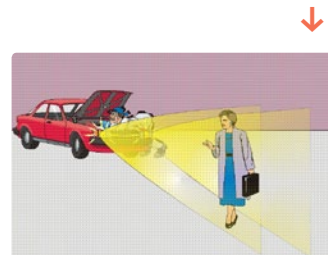
Jos altistuminen saattaa ylittää altistumisen raja-arvon, riskiä on hallittava asianmukaisella riskienhallintatoimenpiteiden yhdistelmällä. Tärkeysjärjestys on sama kuin riskienhallinnassa yleensä:

Vaaran poistaminen
Vähemmän vaaraa aiheuttavalla prosessilla tai laitteella korvaaminen
Tekniset ratkaisut
Hallinnolliset riskienhallintatoimenpiteet
Henkilösuojaimet

## 9.2 Vaaran poistaminen

Onko vaarallisen optisen säteilyn lähde todella välttämätön?

Onko valojen oltava päällä?

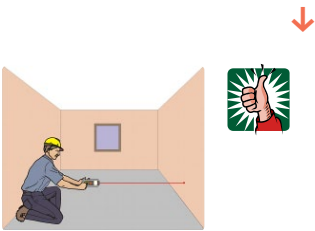


## 9.3 Vähemmän vaaraa aiheuttavalla prosessilla tai laitteella korvaaminen

Onko vaaralliselle tasolle nouseva optinen säteily välttämätöntä?



Onko valon oltava niin kirkas?



## 9.4 Tekniset ratkaisut

Voidaanko laitteen suunnittelua muuttaa tai vaarallista optista säteilyä hallita tai vähentää lähteessä?

Elleivät hierarkiassa ylempänä olevat riskienhallintatoimenpiteet (poistaminen tai korvaaminen) ole mahdollisia, altistumista on pyrittävä vähentämään mieluiten teknisillä ratkaisulla. Hallinnollisia riskienhallintatoimenpiteitä voidaan käyttää hierarkiassa sitä korkeammalla olevien riskienhallintatoimenpiteiden ohella. Ellei altistumista säteilylle voida käytännössä vähentää tai sitä voidaan vähentää vain osittain, viimeisenä keinona olisi harkittava henkilösuojainten käyttöä.

Suojakuori Kotelot Lukitukset Hidastetut käyttökytkimet	Varoitusvalot Äänimerkit	Vaimentimet, kaihtimet Tarkastus- ikkuna ja suodattavat ikkunat Heijasteiden estäminen
	Kauko-ohjaimet Säädön apuvälineet	

### 9.4.1 Kosketuksiin pääsyn estäminen

Kosketuksiin pääsy voidaan estää joko kiinteillä tai avattavilla ja lukittavilla suojuksilla. Kiinteitä suojuksia käytetään tavallisesti niissä osissa laitetta, joihin ei tarvitse päästä käsiksi säännöllisesti ja jotka ovat laitteessa kiinni pysyvästi.

Jos kosketuksiin pääsy on tarpeen, voidaan käyttää irrottavaa tai avattavaa ja lukittavaa suojusta.

#### Tärkeää

Suojusten on oltava asianmukaisia ja kestäviä.

Suojuksilla ei saa aiheuttaa lisäriskejä, ja niistä on oltava mahdollisimman vähän haittaa.



Suojukset eivät saa olla helposti ohitettavissa tai poistettavissa käytöstä, jos kyse on kiinteästä kotelomaisesta suojuksesta.

Suojuksen on sijaittava asianmukaisella etäisyydellä vaara-alueelta, jos kyse on kiinteästä etäsuojuksesta.

#### Lasersäteelle altistumisen estäminen

### 9.4.2 Rajoittimilla suojaaminen

Kun laitteeseen on päästävää usein käsiksi fyysisten suojusten läpi, suojuksia voidaan pitää liian hankalina, etenkin jos käyttäjän on ladattava, purettava tai säädettävä laitetta. Tällöin käytetään tavallisesti tunnistimia, jotka havaitsevat käyttäjän lähestymisen tai poistumisen ja laukaisevat asianmukaisen pysäytyskäskyn. Tällaiset rajoittimet voidaan luokitella laukaiseviksi turvalaitteiksi, sillä ne eivät rajoita pääsyä, vaan tunnistavat lähestymisen. Tunnistimen sijainti ja etäisyys laitteesta riippuvat siitä, miten nopeasti kone saavuttaa turvalliset käyttöolosuhteet.

### 9.4.3 Hätäkatkaisimet

Kun henkilöstö voi päästä vaara-alueelle, hätäkatkaisimia on ehdottomasti oltava saatavilla siltä varalta, että joku joutuu hankaluuksiin vaara-alueella. Hätäkatkaisimella on oltava nopea vaste ja sen on pysäytettävä kaikki toiminnot vaara-alueella. Suurin osa ihmisistä tunnistaa punaiset kupupäiset hätäkytkimet. Niitä on sijoitettava riittävästi sopiviin kohtiin eri puolille tilaa niin, että jokin niistä on aina henkilön ulottuvilla. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää hätäkatkaisimen yhteydessä olevaa vetovaijeria, joka on usein sopivampi suoja-keino vaara-alueella.

Liikkuvien osien ympärille voidaan sijoittaa myös muunlaisia kytkimiä (vipu, turvakaari, tanko jne.), jotka tunnistavat odottamattoman lähestymisen.

#### 9.4.4 Lukitus

Lukituskytkimiä on monenlaisia, ja jokaisella on omat ominaisuutensa. On tärkeää, että kuhunkin laitteeseen valitaan siihen sopivin lukitus.

Tärkeää
Lukitukset on rakennettava hyvin ja niiden on pidettävä ennakoitavissa olevissa ääriolosuhteissa.
Niiden on oltava toimintavarmoja ja peukaloinnin kestäviä.
Lukituksen tila on merkittävä selkeästi: esimerkiksi poistokytkimet on merkittävä suurilla lapuilla ja käyttöpaneelissa on oltava tilaa koskevat merkkivalot.
Lukituksen on estettävä käyttö, jos suojuksen luukku ei ole täysin suljettu.

Hyödyllistä lisätietoa

- EN 953:1997 Koneturvallisuus. Suojukset. Kiinteiden ja avattavien suojusten suunnittelun ja rakenteen yleiset periaatteet
- EN 13857:2008 Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille
- EN 349:1993 Koneturvallisuus. Vähimmäisetäisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi
- EN 1088:1995 Koneturvallisuus. Suojusten kytkentä koneen toimintaan. Suunnittelu ja valinta
- EN 60825-4:2006 Safety of laser products. Part 4: Laser Guards

#### 9.4.5 Suodattimet ja tarkastusikkunat

Monet teolliset prosessit voidaan suorittaa suljetussa tilassa joko kokonaan tai osittain. Prosessia voidaan valvoa etäältä asianmukaisen tarkastusikkunan kautta tai katselulaitteen tai kameran välityksellä. Turvallisuus voidaan varmistaa käyttämällä sopivia suodattavia materiaaleja, joilla estetään haitallisen tason optinen säteily. Tällöin suojalaseja ei tarvitse käyttää ja käyttäjän sekä työolojen turvallisuus lisääntyy.

Esimerkit voivat vaihdella suurista valvomoista pienessä paikallisessa kotelossa olevaan tarkastusikkunaan.

Tärkeää
Suodattavan materiaalin on oltava kestävä ja tarkoitukseen sopiva.
Iskunkestävyys.
Toiminnan turvallisuus ei saa vaarantua.



Tarkastusikkunoita suojatulla alueella

Optisen säteilyn välittymistä ikkunoiden ja muiden valoa optisesti läpi päästävien aukkojen kautta on arvioitava mahdollisena riskinä. Vaikka optinen säde ei aiheuta välitöntä vaaraa verkkokalvolle, tilapäinen välähdyssokeus voi aiheuttaa toissijaisia turvallisuusongelmia lähellä meneillään olevissa muissa prosesseissa.

#### 9.4.6 Sädön apuvälineet

Kun perushuolto edellyttää sädereitin osien säätämistä, säätö pitää pystyä tekemään turvallisesti. Esimerkkeinä voidaan mainita seuraavat:

- Käytetään suurempitehoisen säteen reittiä seuraavaa alemmpitehoista tähtäyslaseria.
- Käytetään kasvusoojaimia tai maalikohteita.

Tärkeää
Ihmisen silmää tai ihoa ei saa koskaan käyttää säädön apuvälineenä.

## 9.5 Hallinnolliset toimenpiteet

Hallinnolliset riskienhallintatoimenpiteet ovat toinen vaihe riskienhallinnan hierarkiassa. Niissä ihmisten on toimittava saamiensa tietojen perusteella, ja ne ovat näin ollen juuri niin tehokkaita kuin kyseisten ihmisten toimet. Niillä on kuitenkin merkitystä, ja ne saattavat olla pääasiallisia riskienhallintatoimenpiteitä tietyissä tilanteissa, kuten käyttöönoton ja huollon aikana.

Hallinnolliset riskienhallintatoimenpiteet riippuvat riskistä, ja niihin kuuluvat henkilöiden nimittäminen turvallisuudenhallinnasta vastaavaan organisaatioon, pääsyn rajoittaminen, varoituskyltit ja -merkinnät sekä erilaiset menettelyt.

On hyvän käytännön mukaista ottaa käyttöön viralliset yhdenmetyä optisen säteilyn turvallisuuden hallintaa koskevat menettelyt. Menettelyt olisi merkittävä muistiin, jotta tiedetään, mitä toimenpiteitä on toteutettu ja miksi. Nämä asiakirjat voivat osoittautua hyödyllisiksi myös mahdollisessa onnettomuustutkinnassa. Ne voivat sisältää seuraavaa:

- optisen säteilyn turvallisuuskäytännöt
- tiivistelmä pääasiallisista organisatorisista järjestelyistä (vastuuhenkilöiden nimittäminen ja heidän tehtävänsä)
- jäljennös riskien arvioinnista
- toimintasuunnitelma, josta käyvät ilmi riskien arvioinnissa määritetyt riskien hallinnan lisätoimenpiteet sekä niiden toteutusaikataulu
- tiivistelmä toteutetuista riskienhallintatoimenpiteistä lyhyine perusteluineen
- jäljennös erityisistä kirjallisista ohjeista tai paikallisista säännöistä, joita sovelletaan työskentelyyn valvotulla optisen säteilyn alueella
- luvallisten käyttäjien rekisteri
- suunnitelma riskienhallintatoimenpiteiden ylläpidosta; tähän voi sisältyä aikataulu riskienhallintatoimenpiteiden ylläpidon tai testauksen edellyttämistä toimista
- tarkat tiedot muodollisista järjestelyistä, joita noudatetaan kanssakäymisessä ulkopuolisten toimijoiden, esimerkiksi huoltoinsinöörien, kanssa
- tarkat tiedot varosuunnitelmista
- tarkastussuunnitelma
- jäljennökset tarkastuskertomuksista
- jäljennökset asiaankuuluvasta kirjeenvaihdosta.

Ohjelman toimivuus olisi syytä tarkistaa säännöllisin väliajoin (esimerkiksi vuosittain) tarkastuskertomusten sekä lainsäädännön ja standardien muuttumisen perusteella.

### 9.5.1 Paikalliset säännöt

Jos riskien arvioinnissa ilmenee mahdollisuus altistua haitallisessa määrin optiselle säteilylle, on tarpeen ottaa käyttöön kirjalliset turvamääräykset (paikalliset säännöt), joissa määrätään, miten työ optisen säteilyn yhteydessä hoidetaan. Säännöissä olisi esitettävä kuvaus alueesta, optisen säteilyn neuvonantajan (katso kohta 9.5.4) yhteystiedot, laitteen käyttöön luvan saaneet henkilöt, tiedot ennen käyttöä vaadittavista testeistä, käyttöohjeet, luetelo riskeistä ja tarkat tiedot varotoimista.

Tavallisesti paikallisten sääntöjen olisi oltava saatavilla niillä alueilla, joihin ne liittyvät, ja ne olisi annettava kaikille niille, joihin ne vaikuttavat.

### 9.5.2 Valvottu alue

Valvotun alueen erottaminen voi olla tarpeen, kun altistumisen raja-arvon ylittävä optiselle säteilylle altistuminen on todennäköistä. Valvotulle alueelle pääsy on estettävä muilta kuin luvan saaneilta henkilöiltä. Alueen erottaminen olisi tehtävä mieluiten fyysisin estein, esimerkiksi seinin ja ovin. Alueelle pääsyä voidaan rajoittaa lukoin, koodilukoin tai kaitein.

Käyttäjien olisi haettava virallinen lupa johdolta. Henkilöstön soveltuvuutta olisi arvioitava virallista menettelyä noudattaen ennen luvan myöntämistä, ja siinä tulisi arvioida koulutusta, pätevyyttä ja paikallissääntöjen tuntemusta. Arvioinnin tulokset olisi kirjattava muistiin, ja kaikkien luvan saaneiden henkilöiden nimet tulisi kirjata viralliseen rekisteriin.

### 9.5.3 Varoituskyltit ja -tekstit

Varoituskyltit ja -tekstit ovat tärkeä osa kaikkia hallinnollisia riskienhallintatoimenpiteitä. Varoituskyltit ovat tehokkaita vain, jos ne ovat selkeitä ja yksiselitteisiä ja jos ne ovat esillä vain tarvittaessa. Muussa tapauksessa niihin ei kiinnitetä huomiota.

Varoituskylteissä voi olla tietoa käytössä olevan laitteen tyypistä. Jos henkilöstön on käytettävä henkilösuojaimia, myös tästä olisi ilmoitettava.



Varoitustekstit ovat tehokkaimpia, jos ne näkyvät vain laitteen ollessa käytössä. Kaikki varoitustekstit olisi

sijoitettava silmien korkeudelle, jotta ne näkyisivät mahdollisimman hyvin.



Tyypillisiä työpaikoilla käytettäviä kylttejä, joilla varoitetaan vaarasta ja suositellaan henkilösuojainten käyttöä. Kaikkien varoituskylttien olisi oltava turvallisuusmerkkejä koskevan direktiivin (92/58/ETY) vaatimusten mukaisia.

#### 9.5.4 Nimitykset

Optisen säteilyn turvallisuus kuuluu saman työterveys- ja työturvallisuushallinnosta vastaavan yksikön tehtäviin kuin muukin mahdollisesti vaarallinen toiminta. Tarkemmat organisatoriset järjestelyt voivat vaihdella organisaation koon ja rakenteen mukaan.

Monissa laitteissa ei ole perusteltua kouluttaa optisen säteilyn turvallisuusasiantuntijaa. Henkilöstön voi myös olla vaikeaa pysyä ajan tasalla optisen säteilyn turvallisuuden liittyvissä asioissa, jos heidän taitojaan tarvitaan silloin tällöin. Näin ollen osa yrityksistä käyttää optisen

säteilyn turvallisuuden erikoistuneiden ulkopuolisten neuvonantajien palveluja. Ulkopuoliset neuvonantajat voivat antaa suosituksia seuraavista asioista:

- teknisin ratkaisuin toteutettava riskienhallinta
- kirjalliset menettelyt, jotka koskevat laitteen turvallista käyttöä sekä käyttöön ja työtehtäviin liittyviä turvatoimenpiteitä
- henkilöstösuojainten valinta
- henkilöstön koulutus.

Lisäksi saattaa olla tarpeen nimittää riittävästi asioista perillä oleva henkilöstön jäsen valvomaan optisen säteilyn turvallisuuden arkipäivän näkökohtia.

## 9.5.5 Koulutus ja konsultointi

### 9.5.5.1 Koulutus

Direktiivissä (6 artikla) vaaditaan antamaan koulutusta ja tietoja työntekijöille (ja/tai työntekijöiden edustajille), jotka altistuvat keinotekoisesti optisen säteilyn riskille. Tämän pitäisi kattaa erityisesti seuraavat seikat:

Direktiivin täytäntöön panemiseksi toteutetut toimenpiteet
Altistumisen raja-arvot ja niihin liittyvät mahdolliset riskit
Direktiivin 4 artiklan mukaisesti suoritettujen, keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisen tasojen arviointien, mittauksien ja/tai laskelmien tulokset, mukaan lukien niiden merkitys ja mahdollisten riskien selitykset
Altistumisen haitallisten terveysvaikutusten havaitseminen ja ilmoittaminen
Olosuhteet, joissa työntekijöillä on oikeus terveydentilan seurantaan
Turvalliset työtavat altistumisesta aiheutuvien riskien vähentämiseksi mahdollisimman alhaiselle tasolle
Asianmukaisten henkilösuojaimien oikea käyttö

Koulutus kannattaa suhteuttaa keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisen riskiin. Jos kaikki lähteet ovat ”merkityksettömiä”, riittää, että asiasta ilmoitetaan työntekijöille ja/tai heidän edustajilleen. Työntekijöille tai heidän edustajilleen on kuitenkin kerrottava, että erityisen herkkiä riskiryhmiä voi olla olemassa ja miten tällöin tulee toimia.

Jos työpaikalla on keinotekoisesti optista säteilyä, joka ylittää todennäköisesti altistumisen raja-arvon, huomiota olisi kiinnitettävä muodolliseen koulutukseen.

Työntekijöitä voidaan myös nimittää erityisiin tehtäviin. Työnantajan olisi otettava seuraavat seikat huomioon asianmukaista koulutusta määrittäessään:

Henkilöstön asiantuntemus ja nykyiset tiedot keinotekoisesti optisen säteilyn riskeistä
Olemassa olevat riskien arvioinnit ja niiden tulokset
Osallistuvatko työntekijät riskien arviointiin tai riskien arvioinnin tarkistamiseen?
Pysyykö työpaikka muuttumattomana, onko riskien arvioitu virallisesti olevan hyväksyttävällä tasolla, vai muuttuuko ympäristö usein?
Onko työnantajalla käytössä ulkopuolista asiantuntijasta riskien hallinnan apuna?
Onko työpaikkaan tullut uusia työntekijöitä, tai altistuuko keinotekoisesti optiselle säteilylle uusia työntekijöitä?

Riskit on tärkeää suhteuttaa. Esimerkiksi virallisen koulutuksen suorittamista luokan 2 laserosoitimen käyttöä varten ei ole aiheellista vaatia. Luokan 3B ja 4 lasereita sekä riskiryhmään 3 kuuluvia epäkoherenttejä lähteitä käyttävien työntekijöiden koulutus on sen sijaan lähes aina välttämätöntä. Koulutusohjelman pituutta tai koulutuksen antamistapaa on kuitenkin mahdoton määrittellä tarkasti. Tästä syystä riskien arviointi on tärkeää.

Ohannetapauksessa koulutusvaatimukset ja koulutuksen antamistapa määritetään ennen keinotekoisesti optisen säteilyn lähteen käyttöönottoa.

### 9.5.5.2 Konsultointi

Direktiivin 7 artiklassa viitataan direktiivin 89/391/ETY 11 artiklan yleisiin vaatimuksiin:

**11 artikla****Työntekijöiden kuuleminen ja työntekijöiden osallistuminen**

1. Työnantajien on kuultava työntekijöitä tai heidän edustajiaan ja sallittava heidän ottaa osaa keskusteluihin, joissa käsitellään työsuojeluun liittyviä kysymyksiä.

Tämä edellyttää, että

- työntekijöitä kuullaan
- työntekijöillä tai heidän edustajillaan on oikeus tehdä ehdotuksia
- osallistuminen on tasapuolista kansallisen lainsäädännön tai käytännön mukaisesti.

2. Työntekijöiden tai työntekijöiden edustajien, joilla on erityisiä työntekijöiden turvallisuutta ja terveyttä koskevia tehtäviä, on osallistuttava seuraavien asioiden hoitoon tasapuolisesti kansallisen lainsäädännön tai käytännön mukaisesti, taikka työnantajan on kuultava heitä etukäteen hyvissä ajoin

- a) kaikista toimenpiteistä, jotka voivat olennaisesti vaikuttaa turvallisuuteen ja terveyteen
- b) edellä 7 artiklan 1 kohdassa ja 8 artiklan 2 kohdassa tarkoitettujen työntekijöiden nimeämisestä ja 7 artiklan 1 kohdassa tarkoitetuista toimenpiteistä
- c) tiedoista, joita tarkoitetaan 9 artiklan 1 kohdassa ja 10 artiklassa
- d) edellä 7 artiklan 3 kohdassa tarkoitettua yrityksen tai laitoksen ulkopuolisten pätevien palveluiden tai henkilöiden tarpeellisesta hankkimisesta
- e) jäljempänä 12 artiklassa tarkoitettua koulutuksen suunnittelusta ja järjestämisestä.

3. Työntekijöiden edustajilla, joilla on erityisiä työntekijöiden turvallisuutta ja terveyttä koskevia tehtäviä, on oltava oikeus pyytää työnantajalta asianmukaisia toimenpiteitä ja oikeus tehdä työnantajalla ehdotuksia työntekijöihin kohdistuvien vaarojen vähentämiseksi tai vaarojen aiheuttajien poistamiseksi.

4. Kohdassa 2 tarkoitetuille työntekijöille ja 2 kohdassa ja 3 kohdassa tarkoitetuille työntekijöiden edustajille ei saa koitua haittaa siitä, että he huolehtivat 2 ja 3 kohdassa tarkoitetuista tehtävistä.

5. Työnantajien on sallittava työntekijöiden edustajien, joilla on erityisiä työntekijöiden turvallisuutta ja terveyttä koskevia tehtäviä, käyttää riittävästi työaika ilman palkanmenetystä ja järjestettävä heille tarvittavat keinot näiden tehtävien suorittamiseen, jotta nämä edustajat voivat huolehtia tämän direktiivin mukaan heille kuuluvista oikeuksista ja tehtävistä.

6. Työntekijöillä tai heidän edustajillaan on kansallisen lainsäädännön tai käytännön mukaisesti oikeus saattaa asia työsuojeluviranomaisten käsiteltäväksi, jos he ovat sitä mieltä, että työnantajan suorittamat toimenpiteet ja käyttämät keinot eivät ole riittäviä työturvallisuuden ja -terveyden takaamiseksi.

Työntekijöiden edustajille on annettava mahdollisuus esittää näkemyksensä toimivaltaisen viranomaisen tarkastuskäyntien aikana.

1. Standardissa IEC TR 60825–14:2004 suositellaan laserin käyttäjien koulutuksen vähimmäisvaatimuksia.
2. Standardissa EN 60825–2:2004 täsmennetään valokuituviestijärjestelmien kanssa työskenteleviä käyttäjiä koskevat lisävaatimukset.
3. Standardissa EN 60825–12:2004 täsmennetään vapaan tilan optisten viestintäjärjestelmien kanssa työskenteleviä käyttäjiä koskevat lisävaatimukset.
4. Standardissa CLC TR 50448:2005 annetaan ohjeita laserturvallisuudessa vaaditusta pätevyydestä.

## 9.6 Henkilösuojaimet

Tahattoman optiselle säteilylle altistumisen vähentäminen olisi mainittava laitteen suunnitteluspesifikaatioissa. Optiselle säteilylle altistumista olisi vähennettävä niin paljon kuin kohtuudella on käytännössä mahdollista fyysisin suojalaittein, kuten teknisin ratkaisuin. Henkilösuojaimia tulisi käyttää vasta sitten, kun teknisiä ratkaisuja ja hallinnollisia riskienhallintatoimenpiteitä ei voida toteuttaa tai ne eivät riitä.

Henkilösuojainten tarkoituksena on vähentää optisen säteilyn määrä tasolle, jolla haitallisia terveysvaikutuksia

ei aiheudu altistuvalla henkilölle. Optisesta säteilystä johtuvat vauriot eivät välttämättä näy altistumishetkellä. On syytä huomata, että altistumisen raja-arvot ovat sidoksissa aallonpituuteen, joten myös henkilösuojainten tarjoaman suojan taso voi riippua aallonpituudesta.

Vaikka optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuva akuutti ihovaurio ei todennäköisesti vaikuta henkilön elämälaatuun, on syytä tunnustaa, että ihovaurion todennäköisyys voi olla suuri etenkin käsien ja kasvojen alueella. Ihon altistuminen alle 400 nanometrinen aallonpituudella etenevälle optiselle säteilylle voi lisätä ihosyövän riskiä, mikä on syytä ottaa erityisesti huomioon.

**Tärkeää**

Henkilösuojainten on oltava riskiin sopivia, eivätkä ne saa johtaa itse riskin lisääntymiseen.



Henkilösuojainten on sovellettava työpaikan olosuhteisiin.

Henkilösuojaimissa on otettava huomioon ergonomiset vaatimukset ja työntekijän terveydentila.

## 9.6.1 Suojelu muita riskejä vastaan

Myös seuraavat riskit, jotka eivät ole optisen säteilyn aiheuttamia, on otettava huomioon valittaessa asianmukaisia henkilösuojaimia optista säteilyä vastaan:

- Isku
- Terävät osat
- Puristus
- Kemikaalit
- Kylmä/kuuma
- Haitallinen pöly
- Biologiset vaarat
- Sähköiskun vaara

Seuraavassa taulukossa on annettu esimerkkejä:

Henkilösuojaimet	Tehtävä
Silmiensuojaimet: suojalasit, suoja-maskit, suojavisiirit	Silmiensuojainten tehtävänä on vähentää optinen säteily hyväksyttävälle tasolle niin, että työntekijä pystyy näkemään samalla kaiken työtilassa. Asianmukaisten silmiensuojainten valinta riippuu monista tekijöistä, kuten aallonpituudesta, tehosta, optisesta tiheydestä, silmälasien käyttötärpeestä, mukavuudesta jne.
Suojavaatetus ja suojakäsineet	Optisen säteilyn lähteet voivat aiheuttaa palovaaran, jolloin suojavaatetus voi olla tarpeen. UV-säteilyä välittävät laitteet voivat aiheuttaa ihovaurion riskin, joten iho on peitettävä asiaan soveltuvilla suojavaatteilla ja -käsineillä. Käsineitä on käytettävä työskennellessä kemiallisten ja biologisten aineiden kanssa. Suojavaatetusta tai -käsineistä voidaan edellyttää laitteen spesifikaatioissa.
Hengityssuojaimet	Prosessoinnin aikana voi syntyä myrkyllisiä ja haitallisia savuja tai pölyjä. Häätötilanteissa hengityssuojaimet voivat olla tarpeen.
Kuulosuojaimet	Joidenkin teollisuuslaitteiden melu voi olla haitallista.

## 9.6.2 Silmien suojaaminen

Silmä on vaarassa vaurioitua optisesta säteilystä, jos altistuminen ylittää altistumisen raja-arvot. Jos silmien altistumisen riskiä ei saada hallittua muilla toimenpiteillä niin, etteivät sovellettavat altistumisen raja-arvot ylity, on syytä käyttää laitteen valmistajan tai optisen säteilyn turvallisuusasiantuntijan suosittamia silmiensuojaimia, jotka on suunniteltu nimenomaan kyseisille aallonpituuksille ja teholle.

Silmiensuojaimiin on merkittävä selkeästi aallonpituusalueet ja vastaava suojan taso. Tämä on erityisen tärkeää, jos lähteitä on useita ja jos ne edellyttävät erityyppisiä silmiensuojaimia. Esimerkiksi eri aallonpituuksilla toimivat laserit edellyttävät omia erityisiä silmiensuojaimiaan. Lisäksi on suositeltavaa, että silmiensuojaimet merkitään yksiselitteisellä tavalla ja kunnollisesti niin, että laitteen ja sen yhteydessä käytettäväksi tarkoitetun henkilösuojaimen välinen yhteys on selkeä.

Silmiensuojainten on vaimennettava optista säteilyä vaarallisella spektrialueella vähintään sen verran, että altistumisen taso laskee sovellettavien altistumisen raja-arvojen alle.

Valon välittyminen ja suojainten suodattimien läpi näkyvä ympäristön väri ovat tärkeitä, sillä ne saattavat vaikuttaa käyttäjän kykyyn suorittaa vaaditut toiminnot vaarantamatta muihin näkökohtiin kuin optiseen säteilyyn liittyvää turvallisuutta.

Silmiensuojaimia olisi säilytettävä asianmukaisesti ja ne olisi puhdistettava säännöllisesti. Ne olisi myös tarkastettava tietyn menettelyn mukaisesti.

### Silmiensuojainten valitseminen

Mikä on vaaditun suojan taso?	→	Valitse vaimentava silmiensuojain > $\frac{\text{altistumisen taso}}{\text{altistumisen raja-arvot}}$
Valon läpäisy? Näkyvyyden laatu?	→	Valitse silmiensuojain, jossa valon läpäisy on > 20 prosenttia. Ellei saatavilla, lisää valaistusta. Tarkasta, ettei suojaimissa ole naarmuja eikä murtumia.
Työympäristön värien havaitseminen?	→	Tarkista, että laitteen ohjaimet ja hätämerkit näkyvät selkeästi myös silmiensuojaimia käytettäessä.
Onko heijasteita liikaa?	→	Vältä peililaseja tai erittäin kiiltäviä suojalaseja ja kehyksiä.
Jos silmiensuojaimet toimivat verkkovirralla tai paristoilla ja jos virransyöttö keskeytyy, loppuuko suoja?	→	Valitse suodatin, joka vaimentaa säteilyä mahdollisimman paljon, silloin kun virtaa ei ole.

### 9.6.3 Ihon suojaaminen

Kun työssä altistutaan optiselle säteilylle, yleensä vaarassa olevat ihoalueet löytyvät käsistä, kasvoista, päästä ja niskasta, sillä muut osat ovat tavallisesti työvaatteiden peitossa. Kädet voidaan suojata käyttämällä käsineitä, jotka päästävät läpi vain vähän haitallista optista säteilyä. Kasvot voidaan suojata säteilyä imevällä suojamaskilla tai suojavisiirillä, joka voi suojata myös silmiä. Tarkoitukseen sopiva päähine suojaaa päätä ja niskaa.



## 9.7 Hyödyllistä lisätietoa

Neuvoston direktiivi 89/656/ETY työntekijöiden työpaikalla käyttämille henkilösuojaimille turvallisuutta ja terveyttä varten asetettavista vähimmäisvaatimuksista.

### 9.7.1 Perusstandardit

EN 165:2005 – Henkilökohtainen silmiensuojaus. Sanasto

EN 166:2002 – Henkilökohtainen silmiensuojaus. Vaatimukset

EN 167:2002 – Henkilökohtainen silmiensuojaus. Optiset testausmenetelmät

EN 168:2002 – Henkilökohtainen silmiensuojaus. Muut kuin optiset testausmenetelmät

### 9.7.2 Tuotetyyppejä koskevat standardit

EN 169:2002 – Henkilökohtainen silmien suojaus. Suodattimet hitsauksessa ja vastaavissa menetelmissä. Läpäisyvaatimukset ja suositeltu käyttö

EN 170:2002 – Henkilökohtainen silmien suojaus. Ultra-violettsäteilyn suodattimet. Läpäisyvaatimukset ja suositeltu käyttö

EN 171:2002 – Henkilökohtainen silmien suojaus. Infra-punasäteiden suodattimet. Läpäisyvaatimukset ja suositeltu käyttö

### 9.7.3 Hitsaus

EN 175:1997 – Henkilökohtainen suojelu. Hitsauksen ja sen kaltaisten työvaiheiden aikana käytettävät laitteet silmien- ja kasvojen suojaukseen

EN 379:2003 – Henkilökohtainen silmiensuojaus. Automaattiset hitsaussuodattimet

EN 1598:1997 – Hitsauksen ja siihen liittyvien prosessien työturvallisuus. Hitsausverhot ja suojaseinät karihitsausta varten

### 9.7.4 Laserit

EN 207:1998 – Suodattimet ja silmiensuojaimet lasersäteilyä vastaan

EN 208:1998 – Silmiensuojaimet laserien ja laserjärjestelmien säätötyötä varten

### 9.7.5 Voimakkaan valon lähteet

BS 8497-1:2008. Eyewear for protection against intense light sources used on humans and animals for cosmetic and medical applications. Part 1: Specification for products

BS 8497-2:2008. Eyewear for protection against intense light sources used on humans and animals for cosmetic and medical applications. Part 2: Guidance on use

# 10 Vaaratilanteet

---

Tässä oppaassa vaaratilanteilla tarkoitetaan tilanteita, joissa joku loukkaantuu tai sairastuu (onnettomuudet), sekä "läheltä piti" -tilanteita ja yllättäviä tilanteita (vaaraa aiheuttavat tilanteet).

Kollimoituja lasersäteitä käytettäessä lasersäteelle altistumisen riski on yleisesti pieni, mutta seuraukset voivat olla suuret. Keinotekoisesta optisesta säteilystä epäkoherenteille lähteille altistumisen riski on sen sijaan suuri, mutta seuraukset voivat olla pieniä.

Varosuunnitelmat kannattaa laatia kohtuullisesti ennakoitavissa olevien keinotekoisesta optisesta säteilystä aiheutuvien vaaratilanteiden varalle. Suunnitelmien tarkkuus ja laajuus riippuvat riskistä. Työnantajalla on todennäköisesti käytössä yleisiä varotoimia, joten vastaavia menettelyjä voidaan käyttää optisen säteilyn yhteydessä.

Tarkat varosuunnitelmat kannattaa laatia niille työtehtäville, joissa altistutaan todennäköisesti seuraaville optisen säteilyn lähteille:

Luokan 3B laserit

Luokan 4 laserit

Riskiryhmän 3 epäkoherentit lähteet

Varosuunnitelmissa olisi esitettävä toimet ja vastuutehtävät, kun kyseessä on

työntekijän todellinen altistuminen raja-arvot ylittävällä tasolla

työntekijän epäilty altistuminen raja-arvot ylittävällä tasolla.

# 11 Terveydentilan seuranta

Direktiivin 8 artiklassa säädetään terveydentilan seurantaan koskevista vaatimuksista ja viitataan direktiivin 89/391/ETY yleisiin vaatimuksiin. Terveydentilan seurannan yksityiskohdat perustuvat kansallisiin vaatimuksiin. Tässä luvussa esitetty ehdotus onkin hyvin yleisluonteinen.

Kyseessä olevan artiklan vaatimuksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että työntekijät ovat altistuneet keinotekoiselle optiselle säteilylle yli sadan vuoden ajan. Ilmoitettujen haitallisten terveysvaikutusten määrä on vähäinen, ja se koskee muutamia teollisuudenaloja, joilla riskienhallintatoimenpiteitä on otettu yleisesti käyttöön tapausten vähentämiseksi entisestään.

Laserin keksimisen jälkeen suositeltiin lasertyöntekijöiden rutiininomaisia silmätarkastuksia. Lähes 50 vuoden kokemusten perusteella on todettu, ettei tällaisilla tarkastuksilla ole merkitystä terveydentilan seurantaan koskevassa ohjelmassa, vaan ne saattavat aiheuttaa lisäriskejä työntekijälle.

Työssä keinotekoiselle optiselle säteilylle altistuvan työntekijän silmiä ei ole syytä tarkastaa ennen työnteon aloittamista, rutiininomaisesti työnteon aikana eikä työnteon lopettamisen jälkeen pelkästään hänen työtehtävänsä perusteella. Ihotarkastuksista saattaa vastaavasti olla hyötyä työntekijöille, mutta ne eivät tavallisesti ole perusteltuja yksin siitä syystä, että työntekijä altistuu tavallisesti keinotekoiselle optiselle säteilylle.

## 11.1 Kuka huolehtii terveydentilan seurannasta?

Terveydentilan seurannasta vastaa

- lääkäri
- työterveysalan ammattilainen
- terveydentilan seurannasta vastaava lääkintäviranomainen kansallisen lainsäädännön ja käytännön mukaisesti.

## 11.2 Terveydentilaa koskevat tiedot

Jäsenvaltiot ottavat käyttöön järjestelyjä, joilla varmistetaan, että kunkin työntekijän terveydentilaa koskevat tiedot kirjataan ja pidetään ajan tasalla. Tiedoissa on oltava yhteenveto suoritettun terveydentilan seurannan tuloksista.

Tiedot on säilytettävä sellaisessa muodossa, että niihin voidaan tutustua myöhemmin, mutta luottamuksellisuus on otettava aina huomioon.

Työntekijällä on oltava oikeus tutustua pyynnöstä omiin tietoihinsa.

## 11.3 Lääkärintarkastus

Työntekijälle on annettava mahdollisuus lääkirintarkastukseen, jos hänen epäillään tai tiedetään altistuneen keinotekoiselle optiselle säteilylle raja-arvot ylittävissä määrin.

Lääkirintarkastus on suoritettava myös, jos työntekijällä todetaan tunnistettavissa oleva sairaus tai terveyteen kohdistuvia haittavaikutuksia, joiden katsotaan johtuvan keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisesta.

Tämän vaatimuksen noudattaminen on haasteellista: monet haitalliset terveysvaikutukset voivat johtua altistumisesta luonnolliselle optiselle säteilylle. Näin ollen on tärkeää, että lääkirintarkastuksen suorittava henkilö tietää, mitkä haitalliset terveysvaikutukset voivat aiheutuvat nimenomaan altistumisesta työpaikalla olevista lähteistä peräisin olevalle keinotekoiselle optiselle säteilylle.



## 11.4 Toimet altistumisen raja-arvon ylittyessä

Jos altistumisen raja-arvojen uskotaan ylittyneen tai jos terveyteen kohdistuvien haittavaikutusten tai tunnistettavissa olevan sairauden katsotaan aiheutuneen työpaikan keinotekoisesta optisesta säteilystä, suoritetaan seuraavat toimet:

- Työntekijälle ilmoitetaan tuloksista.
- Työntekijälle annetaan tietoja ja ohjeita terveydentilan seurannan jatkumisesta.
- Työnantajalle ilmoitetaan asiasta luottamuksellisuutta noudattaen.
- Työnantaja tarkistaa riskien arviointia.
- Työnantaja tarkistaa käytössä olevat riskienhallintatoimenpiteet (joihin voi kuulua asiantuntijaavun hakeminen).
- Työnantaja järjestää mahdollisesti tarvittavan jatkuvan terveydentilan seurannan.



# Liite A Optisen säteilyn luonne

Valo on arkipäivän esimerkki optisesta säteilystä – keino-  
tekoisesta optisesta säteilystä, jos valo on lähtöisin  
lampusta. Käsitettä ”keinotekoinen optinen säteily”  
käytetään, koska valo on eräänlaista sähkömagneettista  
säteilyä ja koska sillä on vaikutusta silmään: valo saapuu  
silmään, se kohdistetaan ja havaitaan.

Valo pitää sisällään värispektrin, joka vaihtelee purp-  
puranpunaisesta ja sinisestä vihreän ja keltaisen kautta  
oranssiin ja punaiseen. Valossa havaitut värit määräy-  
tyvät valospektrin aallonpituuksien mukaan. Lyhyemmät  
aallonpituudet havaitaan spektrin sinisessä päässä, ja  
pidemmät aallonpituudet punaisessa päässä. Valon  
voidaan katsoa olevan massattomien hiukkasten, fotonien,  
virtaa. Jokaisella fotonilla on oma aallonpituutensa.

Sähkömagneettisen säteilyn spektri ulottuu kauas niistä  
aallonpituuksista, jotka ihminen pystyy näkemään. Infrapuna-  
säteily, mikroaaltosäteily ja radioaalto ovat esimerkkejä  
sähkömagneettisesta säteilystä, jonka aallonpi-  
tuudet ovat pitkiä. Ultraviolettisäteilyn, röntgensäteiden  
ja gammasäteiden aallonpituudet ovat taas lyhyitä.

Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituuden perusteella  
voidaan selvittää siitä muita hyödyllisiä tietoja.

Aina kun sähkömagneettinen säteily on kohtaa mate-  
riaalin, säteilystä vapautuu todennäköisesti jonkin ver-  
ran energiaa kohtaamispaikassa. Tällä voi olla vaikutusta  
materiaaliin. Esimerkiksi verkkokalvolle saapuvasta näky-  
västä valosta vapautuu riittävästi energiaa, niin että  
syntyy biokemiallisia reaktioita, jotka tuottavat signaalin,  
joka kulkeutuu näköhermoa pitkin aivoihin. Tällaisessa  
vuorovaikutuksessa vapautuvan energian määrä riippuu  
sekä säteilyn määrästä että siitä, miten paljon säteilyssä  
on energiaa. Sähkömagneettisessa säteilyssä olevan  
energian määrä voi liittyä aallonpituuteen. Mitä lyhyempi  
on aallonpituus, sitä enemmän säteilyssä on energiaa.

Sinisessä valossa on siis enemmän energiaa kuin vih-  
reässä valossa, jossa on puolestaan enemmän energiaa  
kuin punaisessa valossa. Ultraviolettisäteilyssä on enem-  
män energiaa kuin millään näkyvän valonaallonpituudella.

Säteilyn aallonpituuden perusteella määräytyy myös se,  
miten säteily läpäisee kehon ja on vuorovaikutuksessa  
sen kanssa. Esimerkiksi UVA-säteily välittyy verkkokal-  
volle vihreää valoa heikommin.

Osa sähkömagneettisen säteilyn spektrin näkymättö-  
mistä osuksista sisältyy optisen säteilyn käsitteeseen.  
Näitä ovat ultraviolettisäteilyn ja infrapunasäteilyn spekt-  
rialueet. Vaikka niitä ei voida nähdä (verkkokalvolla ei  
havaita näitä aallonpituuksia), näiden spektrialueiden  
säteilyä voi päästä silmään suuremmissa tai pienem-  
missä määrin. Optisen säteilyn spektri jakautuu aallonpi-  
tuuksittain seuraavasti:

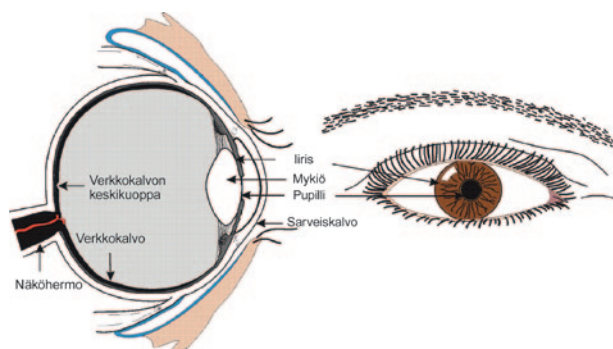
<i>Ultravioletti-C (UVC):</i>	100–280 nm
UVB	280–315 nm
UVA	315–400 nm
<i>Näkyvä valo</i>	380–780 nm
<i>Infrapuna-A (IRA)</i>	780–1 400 nm
IRB	1 400–3 000 nm
IRC	3 000–1 000 000 nm (3 µm–1 mm)

Direktiivissä on ilmoitettu altistumisen raja-arvot spekt-  
rialueella 180–3 000 nm epäkoherentin optisen säteilyn  
osalta ja spektrialueella 180 nm–1 mm lasersäteilyn  
osalta.

# Liite B Optisen säteilyn biologiset vaikutukset silmiin ja ihoon

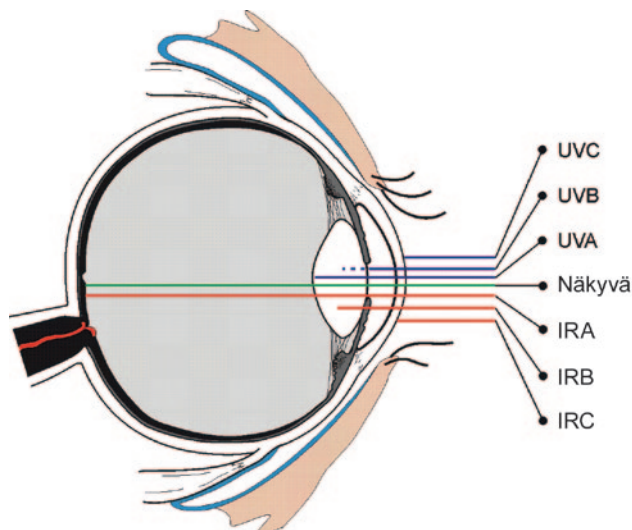
## B.1 Silmä

**Kuva B.1.1. Silmän rakenne**



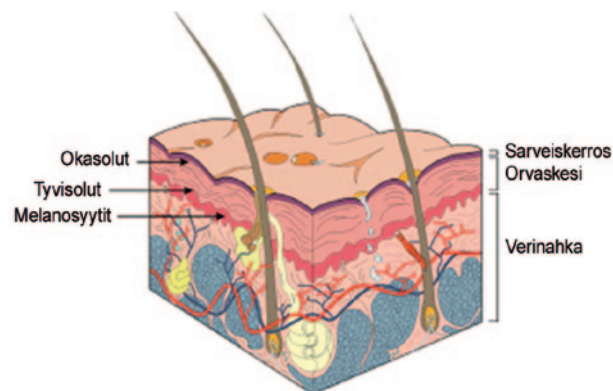
Silmään saapuva valo läpäisee ensin sarveiskalvon ja kammionesteen, sitten muuttuvan aukon (pupillin) sekä mykiön ja lasiaisen ja kohdistuu sitten verkkokalvolle. Näköhermo välittää signaalin verkkokalvon aistisoluista aivoihin.

**Kuva B.1.2. Eri aallonpituuksien kulku silmässä**



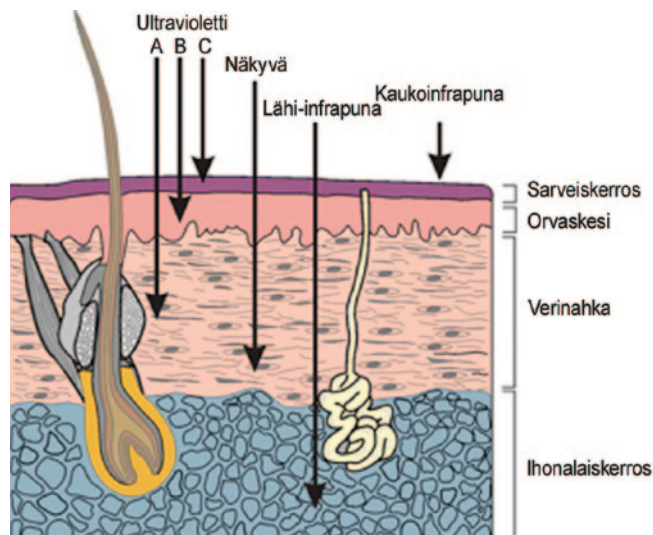
## B.2 Iho

**Kuva B.2.1. Ihon rakenne**



Ihon uloin kerros, orvaskesi, sisältää pääasiassa keratino-syyttejä (sarveissoluja), jotka syntyvät tyvikerroksessa ja nousevat vähitellen pintaan ja kuolevat. Verinahka koostuu pääasiassa kollageenisyistä, ja siinä on hermo-päätteitä, hikirauhasia, karvatuppia ja verisuonia.

**Kuva B.2.2. Eri aallonpituuksien kulku ihon läpi**



## B.3 Eri aallonpituuksien biologiset vaikutukset silmään ja ihoon

### B.3.1 Ultraviolettisäteily: UVC (100–280 nm), UVB (280–315 nm), UVA (315–400 nm)

#### Vaikutukset ihoon

Suuri osa iholle päätyvästä ultraviolettisäteilystä imeytyy orvasketeen, mutta pidemmät UVA-säteilyn aallonpituudet läpäisevät sitä selvästi enemmän.

Liiallinen lyhytaikainen UV-säteilylle altistuminen aiheuttaa eryteemaa – ihon punoitusta – ja turvotusta. Oireet voivat olla voimakkaita, ja ne ovat huipussaan 8–24 tuntia altistumisen jälkeen, ja ne kestävät 3–4 päivää, minkä jälkeen iho kuivuu ja hilseilee. Tämän jälkeen ihon pigmentti saattaa lisääntyä (viivästynyt rusketus). UVA-säteilylle altistuminen voi aiheuttaa myös välittömän mutta tilapäisen pigmenttimuutoksen (pigmentin välitön tummuminen).

Joidenkin henkilöiden iho reagoi epänormaalisti UV-säteilylle altistumiseen (valonarkuus), mikä voi johtua geneettisistä, aineenvaihdunnallisista tai muista poikkeavuuksista tai tiettyjen lääkkeiden tai kemikaalien käytöstä.

Vakavin pitkäaikaisen UV-säteilyn vaikutuksista on ihosyövän puhkeaminen. Ei-melanoottisia ihosyöpiä ovat tyvisolusyöpä ja okasolusyöpä. Ne ovat suhteellisen yleisiä valkoihoisilla, ja ne johtavat harvoin kuolemaan. Ne ilmenevät useimmiten auringolle altistuvissa kehonosissa, kuten kasvoissa ja käsissä, ja ne yleistyvät vanhemmalla iällä. Epidemiologisten tutkimusten perusteella näiden molempien ihosyöpien riski saattaa liittyä kumulatiiviseen UV-säteilylle altistumiseen, joskin näyttö on vankempaa okasolusyöpien osalta. Suurin osa ihosyöpään kuolleista on sairastanut pahanlaatuista melanoomaa, joka on kuitenkin ei-melanoottisia ihosyöpiä harvinaisempi sairaus. Melanooma on yleisempää ihmisillä, joilla on runsaasti luomia, vaalea iho ja punainen tai vaalea tukka ja jotka saavat helposti pisamia, palavat helposti auringossa eivätkä rusketu. Sekä ihon akuutti palaminen auringonvalon vaikutuksesta että krooninen altistuminen työssä tai vapaa-ajalla voivat lisätä pahanlaatuisen melanooman riskiä.

Krooninen altistuminen UV-säteilylle voi aiheuttaa myös ihon ikääntymistä, jolle on tyypillistä ryppyisyys ja kimmoisuuden katoaminen. UVA-aallonpituudet vaikuttavat kaikkein eniten, sillä ne voivat läpäistä ihon verinahkan kollageeni- ja elastiinikuituihin asti. Näyttöä on saatu myös siitä, että altistuminen UV-säteilylle voi vaikuttaa immuunivasteeseen.

UV-säteilylle altistumisen tärkein hyöty on D-vitamiini-synteesi. Lyhyt altistuminen auringonvalolle päivittäin riittää D-vitamiinin riittävään tuotantoon, jos D-vitamiinia ei saada tarpeeksi ruokavaliosta.

#### Vaikutukset silmiin

Silmiin saapuva UV-säteily imeytyy sarveiskalvoon ja mykiöön. Sarveiskalvo ja sidekalvo imevät voimakkaasti 300 nm:ä lyhyemmät aallonpituudet. UVC-säteily imeytyy sarveiskalvon pintakerrokseen, ja UVB imeytyy sarveiskalvoon ja mykiöön. UVA kulkee sarveiskalvon läpi ja imeytyy mykiöön.

Ihmisiilmä reagoi akuuttiin UV-säteilyn ylialtistukseen sarveiskalvon ja sidekalvon tulehduksilla. Kansankielellä puhutaan lumisokeudesta tai hitsarin silmästä. Oireet voivat vaihdella silmän lievästä ärtymisestä valonarkuuteen ja silmän vuotamisesta kovaan kipuun. Oireiden ilmaantuminen kestää 30 minuutista vuorokauden altistumisen intensiteetin mukaan, ja ne häviävät yleensä muutamassa päivässä.

Krooninen altistuminen UVA- ja UVB-säteilylle voi aiheuttaa kaihin, joka johtuu silmän mykiössä tapahtuvista proteiinimuutoksista. Tavallisesti UV-säteilyä pääsee silmän läpi verkkokalvolle hyvin vähän (alle yksi prosentti UVA-säteilystä), sillä se imeytyy silmän aiempiin kudoksiin. Jos mykiö on poistettu kaihileikkauksen yhteydessä eikä tilalle ole asetettu keinotekoisia mykiöitä imemään säteilyä, silmään tuleva UV-säteily voi vahingoittaa verkkokalvoa (jopa 300 nm:n aallonpituuksilla). Vaurio aiheutuu fotokemiallisesti syntyvien vapaiden radikaalien tuhotessa verkkokalvon solujen rakennetta. Normaalisti näkyvän valon laukaisemat tahattomat suojarahkiot suojaavat verkkokalvoa. UV-säteily ei kuitenkaan laukaise näitä reaktioita. Jos henkilöllä ei ole UV-säteilyä imevää mykiötä, hänellä on suurempi riski saada verkkokalvovaurio, jos hän on työssään tekemisissä UV-säteilyn lähteiden kanssa.

Krooninen altistuminen UV-säteilylle lisää selvästi sarveiskalvon ja sidekalvon vaurioita, esimerkiksi keratopatiaa (keltaisten/ruskeiden saostumien kertyminen sidekalvolle ja sarveiskalvolle), siipikalvon muodostumista (kudoksen liikakasvu, joka voi levitä sarveiskalvon yli) ja todennäköisesti myös sidekudositymyjä (pinguecula).

### B.3.2 Näkyvä säteily

#### Vaikutukset ihoon

Näkyvä säteily (valo) läpäisee ihon ja saattaa nostaa lämpötilaa paikallisesti niin paljon, että se aiheuttaa palovamman. Keho mukautuu vähittäiseen lämpötilan nousuun vilkastuttamalla verenkiertoa (joka vie lämpöä pois) ja lisäämällä hikoilua. Jos säteily riittää aiheuttamaan akuutin palovamman (enintään 10 sekunnissa), altistuvan henkilön suojana ovat kuumuudesta seuraavat luonnolliset suojareaktiot.

Pitkäaikaisen altistumisen pääasiallinen haittavaikutus on lämpökuormitus (kehon ydinlämmön nouseminen). Vaikka tämä asia ei varsinaisesti kuulu direktiivin piiriin, työtilan lämpötila ja työn määrä on syytä ottaa huomioon.

#### Vaikutukset silmiin

Silmät keräävät ja kohdistavat näkyvää säteilyä, joten verkkokalvo on suuremmissa vaarassa kuin iho. Kirkkaaseen valonlähteeseen tuijottamisesta voi aiheutua verkkokalvovaurio. Jos verkkokalvon keskikuoppa vaurioituu esimerkiksi suoraan lasersäteeseen katsottaessa, voi seurauksena olla vakava näkövamma. Pään poispäin kääntäminen kirkkaasta valosta on luonnollinen suoja-toimenpide (suojaraktio toimii noin 0,25 sekunnissa: pupilli supistuu ja vähentää verkkokalvon irradianssia noin 30-kertaisesti, pää voi kääntyä tahattomasti sivuun).

Verkkokalvon lämpötilan nouseminen 10–20 °C voi johtaa parantumattomaan vaurioon proteiinien denaturoitumisen vuoksi. Jos säteilylähde kattaa suuren osan näkökentästä niin, että verkkokalvolle heijastuva kuva on laaja, kuvan keskustassa sijaitsevien verkkokalvon solujen on hankala suojautua lämmöltä nopeasti.

Näkyvä säteily voi aiheuttaa samantyyppisiä fotokemiallisia vaurioita kuin UV-säteily (näkyvillä aallonpituuksilla pään poispäin kääntäminen kirkkaasta valosta toimii kuitenkin suojamekanismina). Vaikutus on selvempi noin

435–440 nm:n aallonpituuksilla, joten tätä kutsutaan toisinaan sinivaloriskiksi. Krooninen altistuminen suurelle määrälle näkyvää valoa voi aiheuttaa fotokemiallisia vaurioita verkkokalvon soluissa, mikä voi heikentää väri- ja hämäränäköä.

Kun säteily tulee silmään pääasiassa rinnakkaisina säteinä (divergenssi etäällä olevasta lähteestä tai laserista on hyvin pieni), se voi heijastua hyvin pienelle alalle verkkokalvoa, mikä keskittää energiaa valtavasti ja aiheuttaa vakavia vaurioita. Tällainen energian kohdistuminen voi teoriassa lisätä verkkokalvoon kohdistuvaa irradianssia koko silmään kohdistuvaan irradianssiin verrattuna jopa 500 000-kertaisesti. Tällöin kirkkaus voi olla suurempi kuin millään luonnollisella tai ihmisen rakentamalla valonlähteellä. Suurin osa laserin aiheuttamista vaurioista on palovammoja: pulsiteutet suurten tehohippujen laserit voivat nostaa lämpötilan niin nopeasti, että solut kirjaimellisesti räjähtävät.

### B.3.3 Infrapuna-A eli IRA

#### Vaikutukset ihoon

IRA läpäisee kudosta useita millimetrejä eli verinahkaan asti. Se voi aiheuttaa samoja lämpövaikutuksia kuin näkyvä säteily.

#### Vaikutukset silmiin

Näkyvän säteilyn tavoin myös IRA kohdistetaan sarveiskalvolla ja mykiössä ja välitetään verkkokalvolle. Verkkokalvolla IRA voi aiheuttaa samantyyppisiä lämpövaurioita kuin näkyvä säteily. Verkkokalvo ei kuitenkaan havaitse IRA-säteilyä, joten luonnollisista suojareaktioista ei ole apua. Spektrialuetta 380–1 400 nm (näkyvä valo ja IRA) sanotaan toisinaan "verkkokalvovaurioita aiheuttavaksi alueeksi".

Kroonisesta altistumisesta IRA-säteilylle voi seurata myös kaihi.

IRA-säteilyssä ei ole riittävästi energiaa sisältäviä fotoneja, jotta se aiheuttaisi fotokemiallisen vaurion.

### B.3.4 Infrapuna-B eli IRB

#### Vaikutukset ihoon

IRB läpäisee alle 1 mm kudoksesta. Se voi aiheuttaa samoja lämpövaikutuksia kuin näkyvä säteily ja IRA.

## Vaikutukset silmiin

Noin 1 400 nm:n aallonpituuksilla kammioneste imee säteilyä voimakkaasti. Myös lasiaisneste vaimentaa pidempiä aallonpituuksia, joten verkkokalvo säilyy suojassa. Kammionesteen ja iiriksen kuumeneminen voi nostaa viereisten kudosten, myös mykiön, lämpötilaa. Mykiössä ei ole suonia, joten se ei voi säädellä lämpötilaansa. Tämä yhdessä mykiön suoraan imemän IRB-säteilyn kanssa aiheuttaa kaihin, joka on ollut merkittävä ammattitauti tietyissä ammateissa, esimerkiksi lasinpuhaltajien ja ketjuseppien keskuudessa.

### B.3.5 Infrapuna-C eli IRC

## Vaikutukset ihoon

IRC läpäisee vain kuolleen ihosolukon ylimmän kerroksen (sarveiskerros). Tehokkaat laserit, jotka saattavat irrottaa sarveiskerroksen ja vahingoittaa alempia kudoksia, ovat vakavimpia akuutin vaaran aiheuttajia IRC-säteilyn spektrialueella. Vahinko tapahtuu lähinnä lämmön vaikutuksesta, mutta suurten tehohuippujen laserit voivat aiheuttaa mekaanisia tai akustisia vaurioita.

IRA- ja IRB-säteilyn sekä näkyvän säteilyn aallonpituuksien tavoin lämpökuormitus ja lämpökuorman aiheuttama epä mukavuuden tunne on otettava huomioon.

## Vaikutukset silmiin

IRC-säteily imeytyy sarveiskalvoon, joten vaarana ovat lähinnä sarveiskalvon palovammat. Lämpötila voi nousta silmän viereisissä rakenteissa lämmön johtumisen seurauksena, mutta lämmön häviäminen (haihtumisen ja silmien räpyttelyn kautta) ja korvautuminen (kehon lämpötilan vaikutuksesta) vaikuttavat tähän prosessiin.

# Liite C Keinotekoiseen optiseen säteilyyn liittyvät suureet ja mittayksiköt

Kuten osiossa "Optisen säteilyn luonne" todettiin, optisen säteilyn vaikutukset riippuvat säteilyn tehosta ja määrästä. Optisen säteilyn määrä voidaan laskea monella tavalla. Seuraavaksi on esitelty lyhyesti direktiivissä käytettyjä laskentatapoja.

## C.1 Perussuureet

### C.1.1 Aallonpituus

Aallonpituudella tarkoitetaan optiselle säteilylle ominaista aallonpituutta. Sitä mitataan metrin pienellä kerrannaisyksiköllä, tavallisesti nanometrillä (nm), joka on millimetrin miljoonasosa. Pidemmällä aallonpituuksilla on joskus tarkoituksenmukaisempaa käyttää yksikkönä mikrometriä ( $\mu\text{m}$ ). Yksi mikrometri on 1 000 nanometriä.

Monissa tapauksissa tarkasteltavana oleva optisen säteilyn lähde lähettää fotoneja monella eri aallonpituudella.

Kaavoissa aallonpituutta kuvataan tunnuksella  $\lambda$  (lambda).

### C.1.2 Energia

Energia mitataan jouleina (J). Energialla voidaan tarkoittaa yksittäisten fotonien energiaa (joka liittyy fotonin aallonpituuteen). Sillä voidaan tarkoittaa myös tietyn fotonimäärän, esimerkiksi laserpulssin, sisältämää energiaa.

Energiaa kuvataan tunnuksella Q.

### C.1.3 Muut hyödylliset suureet

#### Kulmakoko

Kulmakoko on esineen (tavallisesti optisen säteilyn lähteen) leveys tietystä paikasta (tavallisesti mittauspai-kasta) nähtynä. Se lasketaan jakamalla esineen todellinen leveys esineen etäisyydellä. Näiden kahden arvon on oltava samassa mittayksikössä. Arvojen kulmakoko ilmaistaan yksiköstä riippumatta radiaaneina (r).

Jos esine on vinossa kulmassa katsojaan, kulmakoko on kerrottava kulman kosinilla.

Direktiivissä kulmakokoa kuvataan tunnuksella  $\alpha$  (alfa).

#### Avaruuskulma

Avaruuskulmalla tarkoitetaan kolmiulotteista kulmakokoa. Esineen pinta-ala jaetaan etäisyyden neliöllä. Vinoa katselukulmaa voidaan korjata jälleen katselukulman kosinilla. Yksikkönä käytetään steradiaania (sr), ja tunnuksena on  $\omega$  (omega).

#### Säteen divergenssi

Säteen divergenssi ilmoittaa kulman, jossa optisen säteilyn säde hajoaa liikkueensa lähteestä pois päin. Se voidaan laskea mittaamalla säteen leveys kahdessa kohtaa ja jakamalla leveyksien välinen erotus mittauskoh-tien välisellä etäisyydellä. Yksikkönä on radiaani.



### C.1.4 Altistumisen raja-arvoissa käytetyt suureet

#### Säteilyteho

Teholla kuvataan tilan läpäisevää energiaa tietyssä paikassa. Sitä mitataan watteina (W), ja 1 watti vastaa yhtä joulea sekunnissa. Sen tunnus on  $\Phi$  (fi).

Termi "teho" voi viitata optisen säteilyn tietyn yksittäisen säteen tehoon, jolloin puhutaan usein kantoaaltotehosta. Esimerkiksi jatkuva-aaltainen laser, jonka säteen teho on 1 mW, lähettää fotoneita yhteensä 1 mJ:n teholla joka sekunti.

Teholla voidaan kuvata myös optisen säteilyn pulssia. Jos laser esimerkiksi lähettää erillisen pulssin, joka sisältää 1 mJ:n energiaa 1 ms:ssa, pulssiteho on 1 W. Jos pulssi lähetetään lyhyemmässä ajassa, kuten 1  $\mu$ s:ssa, teho on 1 000 W.

#### Irradianssi

Irradianssilla kuvataan energian saapumista tietyssä paikassa tietylle yksikköalueelle. Se siis riippuu optisen säteilyn tehosta ja pinnalle saapuvan säteen pinta-alasta. Se lasketaan jakamalla teho pinta-alalla, jolloin yksiköksi saadaan watteja neliometriä kohti ( $W m^{-2}$ ). Irradianssin tunnus on E.

#### Energiatiheys

Energiatiheys on sen energian määrä, joka on saapunut tiettyyn paikkaan tietylle yksikköalueelle. Se lasketaan kertomalla watteina neliometriä kohti ( $W m^{-2}$ ) ilmoitettu irradianssi altistumisen kestolla sekunneissa. Mittayksikkönä on joule neliometriä kohti ( $J m^{-2}$ ). Energiatiheyden tunnus on H.

#### Radianssi

Radianssi on suure, jolla kuvataan optisen säteilyn säteen tiiviyyttä. Radianssi lasketaan jakamalla tietyn paikan irradianssi lähteen kulmakoolla kyseisestä paikasta katsotuna. Yksikkönä ovat watit neliometriä ja steradiaania kohti. Radianssin tunnus on L.

### C.1.5 Spektriset suureet ja laajakaistasuureet

Kun optisen säteilyn lähde, kuten laser, lähettää vain yhtä aallonpituutta (esimerkiksi 633 nm), kaikki suureet kuvaavat tietenkin vain kyseisellä aallonpituudella etenevää säteilyä. Esimerkiksi  $\Phi = 5$  mW.

Kun säteily etenee useammalla aallonpituudella, jokaisella aallonpituudella on oma suurensa. Esimerkiksi laser voi lähettää 3 mW 633 nm:n aallonpituudella ja 1 mW 523 nm:n aallonpituudella. Tämä kuvaa lähteen spektristä tehojakaumaa, jonka tunnus on usein  $\Phi_{\lambda}$ . Yhtäläillä voidaan esittää, että tällä laserilla  $\Phi = 4$  mW, jolloin kyseessä on kokonaissäteilyteho, joka on sama kuin laajakaista-arvo.

Laajakaista-arvo lasketaan laskemalla yhteen kaikki spektriset tiedot tarkasteltavana olevalla aallonpituusalueella.

### C.1.6 Radiometriset suureet ja efektiiviset suureet

Kaikki edellä luetellut suureet ovat radiometrisiä suureita. Radiometrisillä tiedoilla mitataan ja kuvataan säteilyn eri näkökohtia. Ne eivät välttämättä kuvaa säteilyn vaikutuksia biologiseen kohteeseen. Esimerkiksi  $1 W m^{-2}$ :n irradianssi 270 nm:n aallonpituudella on sarveiskalvolle vaarallisempi kuin  $1 W m^{-2}$ :n irradianssi 400 nm:n aallonpituudella. Kun tarvitaan tietoja biologisista vaikutuksista, on käytettävä efektiivisiä suureita. Monet altistumisen raja-arvot on ilmaistu efektiivisinä suureina, koska niiden tarkoituksena on biologisten vaikutusten välttäminen.

Efektiivisiä suureita on olemassa vain silloin, kun tutki-joilla on jonkinlainen käsitys siitä, miten tietyn vaikutuksen kapasiteetti vaihtelee aallonpituuden mukaan. Esimerkiksi sarveiskalvontulehdusta aiheuttavan säteilyn vaikutus alkaa voimistua 250 nm:stä, saavuttaa huippunsa 270 nm:ssä ja heikkenee nopeasti edettäessä 400 nm:iin. Jos suhteellinen spektrinen herkkyyskerroin on tiedossa, sitä kuvataan usein tunnuksella  $S_\lambda$ ,  $B_\lambda$  tai  $R_\lambda$ . Nämä kertoimet ilmaisevat suhteellista spektristä herkkyyttä saada sarveiskalvontulehdus/eryteema, verkkokalvon fotokemiallinen vaurio ja verkkokalvon palovamma.

Suhteellisen spektrisen herkkyyskertoimen arvoilla voidaan kertoa erilaisia spektrisiä radiometrisiä tietoja, jolloin tulokseksi saadaan spektrisiä efektiivisiä tietoja. Nämä efektiiviset tiedot voidaan laskea yhteen laajakais-  
tasäteilyä kuvaavaksi efektiiviseksi suureeksi, joka merkitään usein käytettyyn spektriseen herkkyyskerroimeen viittaavalla alaindeksillä. Esimerkiksi tunnuksella  $L_b$  ilmaistaan laajakais-  
tan radianssi-arvoa ( $L$ ), joka on painotettu spektrisesti käyttämällä spektrisiä painokertoimia  $B_\lambda$ .

### C.1.7 Luminanssi

Yksi esimerkki biologisesti efektiivisestä suureesta, jota ei ole vielä mainittu, on luminanssi. Vaikkei luminanssia käytetä missään altistumisen raja-arvossa, se on erittäin hyödyllinen arvioitaessa alustavasti mahdollista verkkokalvovaurion aiheutumista laajakais-  
tasäteilyä lähettävillä valkoisen valon lähteille altistuttaessa.

Luminanssin tunnus on  $L_v$  ja mittayksikkönä on kandela neliömetriä kohti ( $\text{cd m}^{-2}$ ). Sen kuvaama biologinen vaikutus on päivänvaloon mukautuneen silmän havaitsema valon voimakkuus, ja se liittyy valaistusvoimakkuuteen ( $E_v$  mitataan lukseina), joka on tuttu suure monille valaistussuunnittelijoille.

Suhde voidaan ilmaista  $L_v = E_v / \omega$ . Luminanssi on helppo laskea, kun tiedetään lähteen valaistusvoimakkuus tietyllä pinnalla, etäisyys lähteeseen ja lähteen koko.

# Liite D Esimerkkejä

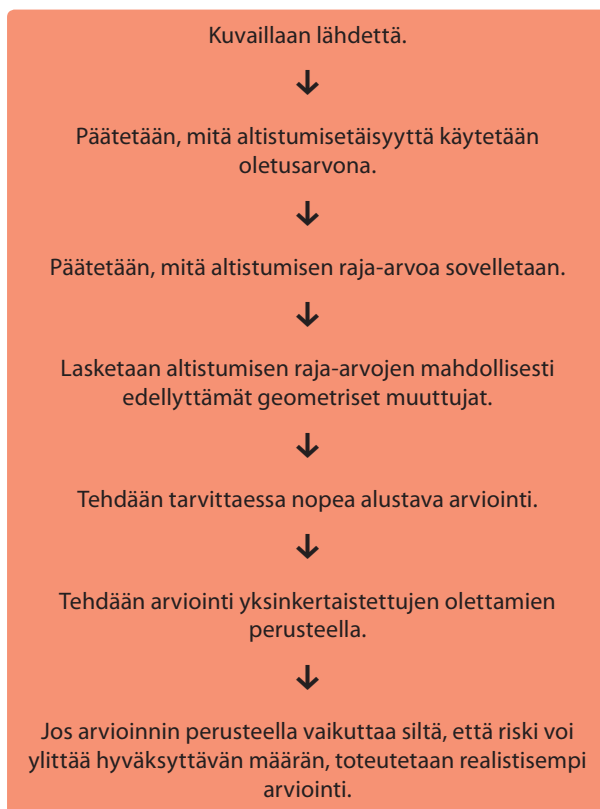
## D.1 Toimisto

Seuraavat esimerkit koskevat erilaisia yleisiä optisen säteilyn lähteitä, jotka löytyvät todennäköisesti lähes kaikista tai ainakin monista työympäristöistä.

Näistä yksinkertaisista lähteistä aiheutuva riskiä on arvioitu yhdenmukaisella lähestymistavalla. Lähestymistapaa on selvitetty hieman tarkemmin jäljempänä, ja kukin jäljempänä olevista esimerkeistä on laadittu lähestymistavan kaavaa noudattaen.

### D.1.1 Yleinen menetelmä

Yleinen menetelmä perustuu standardiin EN 62471:2008, mutta siinä käytetään aina kun mahdollista yksinkertaisettuja oletuksia, jotka ovat varmuuden vuoksi ylivarovaisia verkkokalvovaurioiden osalta. Seuraava selvitys on melko tyhjentävä, ja se kattaa kaikki jäljempänä annetut esimerkit. Riskien arviointi toteutetaan useassa vaiheessa:



Ensin lähde kuvaillaan ja sen mitat merkitään muistiin. Mittoja tarvitaan, jos lähde lähettää säteilyä näkyvän valon tai IRA:n aallonpituusalueilla.

On päätettävä, miltä etäisyydeltä riskien arviointi tehdään. Etäisyydeksi valitaan tavallisesti realistiselta, joskin hieman pessimistiseltä kannalta katsottuna läheisin etäisyys, jolle henkilöt todennäköisesti pääsevät lähteestä. Etäisyydeksi ei valita lähintä mahdollista etäisyyttä.

### Altistumisen raja-arvojen valinta

Mitkä altistumisen raja-arvoista ovat sopivia? Valinnassa otetaan huomioon pahin mahdollinen altistuminen (joku tuijottaa lähteeseen kahdeksan tuntia) ja direktiivin taulukko 1.1.

Kohta	Aallonpituus nm	Yksikkö	Kehonosa	Vaurio	Soveltuvuus
a	180–400 (UVA, UVB, UVC)	J m <sup>-2</sup>	silmä sarveiskalvo sidekalvo mykiö iho	sarveiskalvotulehdus sidekalvotulehdus harmaakaihi eryteema elastoosi ihosyöpä	Soveltuu, jos lähde tuottaa UV-säteilyä.
b	315–400 (UVA)	J m <sup>-2</sup>	silmä mykiö	harmaakaihi	Soveltuu, jos lähde tuottaa UV-säteilyä.
c	300–700 (sininen valo) (jossa $\alpha \geq 11$ mrad ja $t \leq 10\,000$ s)	W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>	silmä verkkokalvo	verkkokalvon- rappeuma	Ei sovellu. Pahin tilanne on pitkäkestoisin altistuminen.
d	300–700 (sininen valo) (jossa $\alpha \geq 11$ mrad ja $t > 10\,000$ s)	W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>			Soveltuu, jos lähde tuottaa säteilyä näkyvällä alueella. Raja-arvo kattaa pahimman tilanteen, 8 tunnin altistumisen.
e	300–700 (sininen valo) (jossa $\alpha < 11$ mrad ja $t \leq 10\,000$ s)	W m <sup>-2</sup>			Ei sovellu useinkaan, sillä yleiset lähteet ovat tavallisesti hyvin suuria.
f	300–700 (sininen valo) (jossa $\alpha < 11$ mrad ja $t > 10\,000$ s)	W m <sup>-2</sup>			
g	380–1 400 (näkyvä ja IRA) ( $t > 10$ s)	W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>	silmä verkkokalvo	verkkokalvon palovamma	Soveltuu, jos lähde tuottaa säteilyä näkyvällä alueella. Raja-arvo kattaa pahimman tilanteen, 8 tunnin altistumisen.
h	380–1 400 (näkyvä ja IRA) ( $t = 10\ \mu\text{s} - 10$ s)	W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>			Ei sovellu. Pahin tilanne on pitkäkestoisin altistuminen.
i	380–1 400 (näkyvä ja IRA) ( $t < 10\ \mu\text{s}$ )	W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>			
j	780–1 400 (IRA) ( $t > 10$ s)	W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>	silmä verkkokalvo	verkkokalvon palovamma	Ei sovellu useinkaan, sillä yleiset lähteet tuottavat tavallisesti näkyvää säteilyä, jolloin raja-arvot <b>g</b> , <b>h</b> ja <b>l</b> soveltuvat paremmin.
k	780–1 400 (IRA) ( $t = 10\ \mu\text{s} - 10$ s)	W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>			
l	780–1 400 (IRA) ( $t < 10\ \mu\text{s}$ )	W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>			
m	780–1 400 (IRA, IRB) ( $t \leq 1000$ s)	W m <sup>-2</sup>	silmä sarveiskalvo mykiö	sarveiskalvon palovamma	
n	780–3 000 (IRA, IRB) ( $t > 1\,000$ s)	W m <sup>-2</sup>			
o	380–3 000 (näkyvä, IRA, IRB)	J m <sup>-2</sup>	iho	palovamma	

Yleensä sovelletaan siis altistumisen raja-arvoja **a** ja **b** (jos lähde tuottaa UV-säteilyä) ja/tai raja-arvoja **d** ja **g** (jos lähde tuottaa näkyvää säteilyä ja IRA:ta).

Poikkeustilanteessa muut altistumisen raja-arvot saattavat soveltua, esimerkiksi raja-arvoa **c** käytetään, jos raja-arvo **d** todennäköisesti ylittyy, ja raja-arvoa **h** käytetään, jos raja-arvo **g** todennäköisesti ylittyy. Tällaiset olosuhteet tulevat ilmi vasta riskien arvioinnin edetessä.

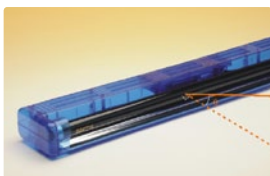
Näihin altistumisen raja-arvoihin liittyy spektristen painotuskäyrien  $S(\lambda)$ ,  $B(\lambda)$  ja  $R(\lambda)$  käyttö. Näitä kertoimia on selvitetty kohdassa 5.2. Niiden käyttö edellyttää spektrisiä tietoja.

## Geometriset muuttujat

Jos lähde tuottaa näkyvää säteilyä ja/tai infrapunasäteilyä, asianmukaiset altistumisen raja-arvot ja radiometriset suureet riippuvat geometrisistä muuttujista, jotka on laskettava. Osa näistä muuttujista on määritetty direktiivissä ja osa on selvitetty standardissa EN 62471:2008. Jos lähde tuottaa vain UV-säteilyä, muuttujilla ei ole merkitystä.

Geometriset muuttujat ovat seuraavat:

$\theta$  (kulma, joka jää lähteen pintaa vasten olevan suoran kulman ja mitauksessa käytetyn näkölinjan väliin) (katso oikeanpuoleinen diagrammi)



$Z$  (lähteen keskiarvomitta)

$\alpha$  (lähteen vastainen kulma)

$C_a$  ( $\alpha$ :sta riippuva muuttuja)

$\omega$  (lähteen vastainen avaruuskulma)

Ennen näiden muuttujien laskemista on tärkeää selvittää, tuottaako lähde säteilyä tilassa suhteellisen homogeenisella alalla. Jos lähde on homogeeninen, kaikkien mittojen (pituus, leveys jne.) katsotaan tarkoittavan koko lähteen alaa. Jos lähde ei ole homogeeninen (esimerkiksi kirkas valo heikon heijastimen edessä), mitat on otettava vain kirkkaimmalta alueelta. Jos lähteessä on vähintään kaksi identtistä pistettä, joista säteily lähtee, jokainen niistä voidaan katsoa erilliseksi lähteeksi, joka tuottaa oman suhteellisen osuutensa mitatusta säteilystä.

Kun lasketaan  $Z$ :

lähteen näkyvä pituus  $l = \text{todellinen pituus} \times \cos\theta$

lähteen näkyvä leveys  $w = \text{todellinen leveys} \times \cos\theta$

$Z$  on  $l:n$  ja  $w:n$  keskiarvo.

Kannattaa huomata:

- Jos lähdettä katsotaan kohtisuoraan sen pintaa vasten,  $\cos\theta = 1$ .
- Jos lähde on ympyränmuotoinen ja sitä katsotaan 90 asteen kulmasta,  $Z = \text{halkaisija}$ .

Lähteen näkyvä pinta-ala  $A$  on

todellinen pinta-ala  $\times \cos\theta$  (ympyränmuotoinen lähde) tai

$l \times w$  (muun muotoinen lähde).

Jos etäisyys lähteeseen =  $r$  ja jos kaikki mitat on mitattu samana mittayksikkönä,

$\alpha = Z / r$  radiaaneina (rad)

$\omega = A / r^2$  steradiaaneina (sr).

$C_a$  perustuu  $\alpha$ :aan, ja sitä käytetään vain laskettaessa arvoa verkkokalvon lämpövaurion riskiä koskevan altistumisen raja-arvoille.  $C_a$ :aa ei lasketa tässä, sillä kaikki arvioinnit perustuvat jäljempänä selitettyihin yksinkertaistettuihin oletuksiin.

## Alustava arviointi

Altistumisen raja-arvot laatiin elimen eli ICNIRP:n mukaan täydellistä spektristä arviointia ei ole tarpeen tehdä verkkokalvovaurion riskin osalta "valkoista valoa" tuottavista yleisistä valaistuslähteistä, joiden luminanssi on  $< 10^4 \text{ cd m}^{-2}$ . Tämän on ilmoitettu kattavan suodattomat hehkulamput, loistelamput ja kaarilamput.

Tämä ohjeellinen raja-arvo ei kelpaa ultraviolettisäteilystä aiheutuvien riskien arviointiin. Sitä voidaan kuitenkin käyttää päätettäessä, onko näkyvän säteilyn ja infrapunasäteilyn aiheuttamia riskejä tarpeen arvioida kokonaan.

Ohjeellista raja-arvoa sovellettaessa 380–760 nm:n spektrinen irradianssi voidaan painottaa kansainvälisen valaistuskomission CIE:n määrittämällä ihmissilmän päivänäkemisen spektrisellä herkkyyssäyrällä  $V(\lambda)$  ja laskea se sitten yhteen päivänäkemisen efektiivisen irradianssin ( $E_v$ ) laskemiseksi. Tämä ilmaistaan watteina neliometriä kohti ( $\text{W m}^{-2}$ ) ja kerrotaan valotehokkuuden vakiolla  $683 \text{ lm W}^{-1}$ , mistä saadaan valaistusvoimakkuus lukseina. Luminanssi on yhtä kuin valaistusvoimakkuus jaettuna  $\omega$ :lla.

Kannattaa kuitenkin huomata, ettei spektrisiä mittauksia ole välttämätöntä tehdä valaisimen valaistusvoimakkuuden selvittämiseksi, sillä arvo voidaan mitata kunnollisella ja kalibroidulla luksimittarilla. Näin alustava arviointi käy nopeasti ja helposti.

## Tarvittavat tiedot

Yleisesti ottaen on selvitettävä tiedot, jotka kattavat kaikkien sovellettavien altistumisen raja-arvojen spektrialueet. Pahimmillaan tarvittaisiin siis tiedot 180–1 400 nm:n aallonpituudelta.

Spektrialuetta, jota koskevat tiedot tarvitaan, voidaan kaventaa. Tämä on selkeää silloin, kun tiettyä altistumisen raja-arvoa ei sovelleta. Jos lähde ei tuota UV-säteilyä, tarvitaan tiedot vain 400–1 400 nm:n aallonpituuksilta.

Tiedossa voi myös olla, ettei lähde tuota lainkaan säteilyä tietyllä spektrialueella. Esimerkiksi:

- LED-valot tuottavat säteilyä melko kapealla aallonpituusalueella. Jos arvioitavana on vihreä LED-valo, mitattavaksi saattaa riittää noin 400–600 nm:n aallonpituusalue. Tämän alueen ulkopuolisten arvojen oletetaan olevan nolla.
- Todennäköisesti suurimmassa osassa työpaikkoja ei ole lainkaan sellaisia lähteitä, jotka tuottavat säteilyä alle 254 nm:n alueella.
- Monissa valaisimissa on lasikansi, joka ei päästä noin 350 nm:n alle jäävää säteilyä läpi.
- Hehkulamppuja lukuun ottamatta yleisimpien lähteiden infrapunäsäteily on merkityksetöntä.

Joka tapauksessa kun spektrialue on päätetty, sitä koskevat tiedot on hankittava (mittaamalla tai muilla keinoin). Hyödyllisin tieto on spektrinen irradianssi. Spektristä irradianssia voidaan painottaa käytettäviin raja-arvoihin soveltuvilla kertoimilla ( $S(\lambda)$ ,  $B(\lambda)$ ,  $R(\lambda)$ ) ja mahdollisesti  $V(\lambda)$ ). Tämän jälkeä painotetut tiedot lasketaan yhteen.

## Yksinkertaistetut olettamat

Näitä olettamia on käytetty yksinkertaistamaan mittaus- ja arviointiprosessia näkyvän säteilyn spektrialueella. Niitä ei tarvita, jos tarkastelun kohteena oleva riski aiheutuu ainoastaan UV-säteilystä.

Spektrisen irradianssin mittaukset on tehtävä aina asianmukaisella välineellä. Kun kyseessä ovat verkkokalvoa

koskevat raja-arvot, mittausvälineen näkökentän täytyy rajoittua  $\gamma$ :n arvoihin sen mukaan, mikä on oletettu altistumisaika. Altistumisen raja-arvossa  $d$  oletettu altistumisaika on 8 tuntia. Altistumisen raja-arvossa  $g$  huomioon otettava altistumisaika on enimmillään 10 sekuntia, sillä sen ylittyessä raja-arvo säilyy muuttumattomana.

Direktiivin taulukossa 2.5 on lueteltu  $\gamma$ :n asianmukaiset arvot:

- $\gamma = 110$  mrad verkkokalvon fotokemiallisen vaurion riskiä koskevissa altistumisen raja-arvoissa (eli raja-arvo  $d$  10 000 sekunnin altistumisessa).
- $\gamma = 11$  mrad verkkokalvon lämpövaurion riskiä koskevissa altistumisen raja-arvoissa (eli raja-arvo  $g$  10 sekunnin altistumisessa).

Vaikuttaa siltä, että nämä näkökenttää koskevat vaatimukset saattavat edellyttää useita mittauksia. Jos tosiasiallisen lähteen vastainen kulma on suurempi kuin  $\gamma$ , mittaaminen rajoittamattomassa näkökentässä kattaa suuremman osan irradianssia, jolloin riskien arvioinnin tulos on mieluummin liiankin varovainen. Tällöin kaikki laskelmat voidaan tehdä rajoittamattomasta näkökentästä kertaalleen saatujen mittaustulosten perusteella.

Kun radianssi lasketaan irradianssia koskevien tietojen perusteella, irradianssi on jaettava avaruuskulmalla. Avaruuskulma on joko  $\omega$ :n todellinen arvo tai  $\gamma$ :aan perustuva arvo sen mukaan, kumpi näistä on suurempi.

- Altistumisen raja-arvossa  $d$  näkökentän olisi oltava  $\gamma = 110$  mrad, joka vastaa avaruuskulmaa 0,01 sr.
- Altistumisen raja-arvossa  $g$  näkökentän olisi oltava  $\gamma = 11$  mrad, joka vastaa avaruuskulmaa 0,0001 sr.

Jäljempänä olevissa esimerkeissä arvoilla tarkoitetaan seuraavaa:

$\omega$  = lähteen vastainen todellinen avaruuskulma

$\omega_B = 0,01$  sr tai  $\omega$  sen mukaan, kumpi on isompi

$\omega_R = 0,0001$  sr tai  $\omega$  sen mukaan, kumpi on isompi

Näiden yksinkertaistettujen olettamien perusteella tulokset saattavat olla keinotekoisia suuria, kun kyseessä ovat  $\gamma$ :aa suuremmat epähomogeeniset lähteet. Jos tällaista lähdeä arvioidaan ja altistumisen raja-arvo vaikuttaa ylittävän, saattaa olla paikallaan toistaa mittaukset niin, että näkökenttä rajoitetaan tosiasiallisesti sopivaan  $\gamma$ :n arvoon.

## Altistumisen raja-arvojen vertaaminen

Raja-arvo a
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$ .
Jos efektiivinen irradianssi $E_{\text{eff}}$ ilmaistaan watteina neliometriä kohti, suurin sallittu altistumisaika on sekunteina $30 \text{ J m}^{-2} / E_{\text{eff}}$ .
<i>Jos suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia, altistumisen raja-arvo ei ole vaarassa ylittyä etäisyydellä r.</i>
Raja-arvo b
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$ .
Jos efektiivinen irradianssi $E_{\text{UVA}}$ ilmaistaan watteina neliometriä kohti, suurin sallittu altistumisaika on sekunteina $10^4 \text{ J m}^{-2} / E_{\text{UVA}}$ .
<i>Jos suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia, altistumisen raja-arvo ei ole vaarassa ylittyä etäisyydellä r.</i>
Raja-arvo d
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ .
<i>Jos efektiivinen radianssi <math>L_b</math> on alle altistumisen raja-arvon, altistumisen raja-arvo ei ole vaarassa ylittyä. Tämä pätee kaikkiin etäisyyksiin, kunhan <math>\theta</math> säilyy samana.</i>
Raja-arvo g
Altistumisen raja-arvo on $2,8 \times 10^7 / C_a$ . Tässä tapauksessa $C_a$ riippuu $\alpha$ :sta. Altistumisen raja-arvo on eniten rajoittava, kun $\alpha \geq 100 \text{ mrad}$ . Tällöin $C_a = 100 \text{ mrad}$ ja altistumisen raja-arvo on $280\,000 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ .
<i>Jos efektiivinen radianssi <math>L_R</math> on alle altistumisen raja-arvon, altistumisen raja-arvo ei ole vaarassa ylittyä. Tämä pätee kaikkiin etäisyyksiin, kunhan <math>\theta</math> säilyy samana.</i>

## Jos altistumisen raja-arvot ylittyvät

ICNIRP:n määrittämä luminanssin raja-arvo
Jos lähteen luminanssi on yli $10^4 \text{ cd m}^{-2}$ , arviointi on toistettava riittävillä tiedoilla, jotta vertailu raja-arvoihin d ja g voidaan suorittaa.
Raja-arvo a
Jos suurin sallittu altistumisaika on alle 8 tuntia, on osoitettava, että henkilön tosiasiallinen oleskelu etäisyydellä r kestää alle suurimman sallitun altistumisajan.
Raja-arvo b
Jos suurin sallittu altistumisaika on alle 8 tuntia, on osoitettava, että henkilön tosiasiallinen oleskelu etäisyydellä r kestää alle suurimman sallitun altistumisajan. Oleskelusta voidaan tässä tapauksessa laskea pois kaikki aika, jona kasvot on suunnattu pois päin lähteestä.
Jos lähde on hyvin kirkas, voidaan olettaa, että suojareaktio rajoittaa altistumiskerrat 0,25 sekuntiin.
Raja-arvo d
Jos $L_b$ on suurempi kuin altistumisen raja-arvo, suurin sallittu altistumisaika on laskettava. Tämä perustuu altistumisen raja-arvoon c.
Altistumisen raja-arvo c on $L_b \leq 10^6/t$ . Näin ollen suurin sallittu altistumisaika (sekunteina) $t_{\text{max}}$ on $\leq 10^6/L_b$ . Tällöin on osoitettava, että henkilön todellinen oleskelu näkölinjassa $\theta$ kestää vähemmän kuin $t_{\text{max}}$ . Oleskelusta voi tässä tapauksessa vähentää ajan, joka vietetään kasvot pois päin lähteestä.
Jos lähde on hyvin kirkas, voidaan olettaa, että suojareaktio rajoittaa altistumiskerrat 0,25 sekuntiin.
Myös altistumisen raja-arvoa e voidaan käyttää: suhteita $\alpha = Z/r$ ja $L_b = E_b/\omega$ olisi käytettävä laskettaessa etäisyyttä, jolla $\alpha = 11 \text{ mrad}$ . Jos tällä tai tätä suuremmalla etäisyydellä $E_b$ on $\leq 10 \text{ mW m}^{-2}$ , altistumisen raja-arvot eivät ylity tästä eteenpäin.
Raja-arvo g
Jos $L_R$ on suurempi kuin raja-arvo, raja-arvo saattaa olla liian rajoittava. Jos lähteen vastainen kulma $\alpha$ on todellisuudessa $< 100 \text{ mrad}$ , raja-arvo on laskettava uudelleen.
Jos $L_R$ on edelleen suurempi kuin uusi altistumisen raja-arvo, suurin sallittu altistumisaika on laskettava. Tämä perustuu altistumisen raja-arvoon h.
Altistumisen raja-arvo h on $L_R \text{ eli } \leq 5 \times 10^7 / c_a t^{0,25}$ . Näin ollen suurin sallittu altistumisaika (sekunteina) $t_{\text{max}}$ on $\leq (5 \times 10^7 / c_a L_R)^4$ . Käytä arvoa $c_a = \alpha$ . Tällöin on osoitettava, että henkilön todellinen oleskelu näkölinjassa $\theta$ kestää vähemmän kuin $t_{\text{max}}$ . Oleskelusta voidaan tässä tapauksessa laskea pois kaikki aika, jona kasvot on suunnattu pois päin lähteestä.
Jos lähde on hyvin kirkas, voidaan olettaa, että suojareaktio rajoittaa altistumiskerrat 0,25 sekuntiin.

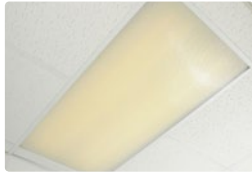
## D.1.2 Esimerkkien esitysmuoto

Jäljempänä olevat esimerkit on esitetty vaiheittain vastaavasti kuin edellä. Vaikka yksinkertaistettuja olettamia olisi käytetty, esimerkit on esitetty täydellisinä, mutta ne vaiheet, joita ei vaadita, jos oletamat hyväksytään, on merkitty harmaalla taustavärillä. Näin voidaan osoittaa alustavien olettamien soveltuvuus.

Esimerkkien tulokset on koottu tiivistetysti yhteen tämän liitteen lopussa.

## D.1.3 Diffusorin peittämät kattoon asennetut loistelamput

Kattovalaisimeen on kiinnitetty kolme yleisvalona toimivaa 36 W:n loistelamppua. Valaisimen koko on 57,5 cm x 117,5 cm. Valaisimessa on muovinen diffusori, joka peittää lamput kokonaan. Lähde on siis melko homogeeninen.



### Altistumisen raja-arvojen valinta

Tämäntyyppinen lamppu ei tuota merkittävästi infra-punasäteilyä. Ainoana riskinä on altistuminen näkyvän säteilyn tai UV-säteilyn aallonpituuksille. Muovinen diffusori vaimentaa UV-säteilyn aallonpituuksia. Vain raja-arvoa **d** sovelletaan.

### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 100 cm:n etäisyydeltä lampusta kohtisuoraan katsottuna.

## Vertaaminen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_{\text{B}} = 0,5 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Raja-arvo ei ylity.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_{\text{R}} = 8 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Raja-arvo ei ylity.

Lähteen keskimääräinen koko on 87,5 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,875 \text{ rad}$

Lähteen pinta-ala on  $6 \text{ 756 cm}^2$

Näin ollen  $\omega = 0,68 \text{ sr}$

Tällöin  $\omega_{\text{B}} = 0,68 \text{ sr}$  ja  $\omega_{\text{R}} = 0,68 \text{ sr}$

### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on  $1 \text{ 477 mW m}^{-2}$ . Tämä vastaa  $1 \text{ 009}$  luksin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on siis  $1 \text{ 009} / 0,68 = 1 \text{ 484 cd m}^{-2}$

**Lisäarviointia ei tarvita.**

### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 17 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_{\text{B}} = 338 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_{\text{R}} = 5 \text{ 424 mW m}^{-2}$

Éclairage énergétique efficace (lésion thermique),

$E_{\text{R}} = 5 \text{ 424 mW m}^{-2}$

### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_{\text{B}} = 338 \text{ mW m}^{-2} / 0,68 \text{ sr} = 0,5 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_{\text{R}} = 5 \text{ 424 mW m}^{-2} / 0,68 \text{ sr} = 8 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$



### D.1.4 Yksittäinen kattoon asennettu loistelamppu ilman diffuusoria

Yleisvalona toimiva 58 W:n loistelamppu, jonka koko on 153 cm x 2 cm, kiinnitetään kattovalaisimeen, jonka koko on 153 cm x 13 cm. Lampun takana ovat heijastimet, ja valaisin on edestä avoin. Lähde ei ole homogeeninen, ja lamppu on sen kirkkain osa.



Katso myös esimerkki D.1.5.

#### Altistumisen raja-arvon valinta

Tämäntyyppinen lamppu ei tuota merkittävästi infrapunasäteilyä. Ainoa riski aiheutuu näkyvän säteily tai UV-säteilyn aallonpituuksille altistumisesta. Raja-arvoja a, b ja d sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 100 cm:n etäisyydellä lampusta kohtisuoraan katsottuna.

Lampun keskimääräinen koko on 77,5 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,775$  rad

Lampun pinta-ala on 306 cm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,03$  sr

$\omega_b = 0,03$  sr ja  $\omega_r = 0,03$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on 1 640 mW m<sup>-2</sup>. Tämä vastaa 1 120 luksin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $1\,120/0,03 = 37\,333$  cd m<sup>-2</sup>. Verkkokalvolle aiheutuvan vaaran arviointi on ilmeisen välttämätöntä. Myös UV-säteily on arvioitava.

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 600$   $\mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 120$  mW m<sup>-2</sup>

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_b = 561$  mW m<sup>-2</sup>

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_r = 7\,843$  mW m<sup>-2</sup>

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_b = 561$  mW m<sup>-2</sup> / 0,03 sr = 19 W m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>

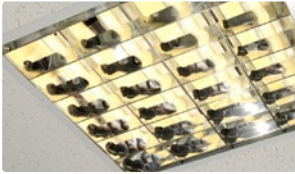
Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_r = 7\,843$  mW m<sup>-2</sup> / 0,03 sr = 261 W m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>

#### Vertaaminen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30$ J m <sup>-2</sup>	→	$E_{\text{eff}} = 600$ $\mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4$ J m <sup>-2</sup>	→	$E_{\text{UVA}} = 120$ mW m <sup>-2</sup> → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on 100 W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>	→	$L_b = 19$ W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on 280 kW m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>	→	$L_r = 261$ W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.

### D.1.5 Kattoon asennetut loistelamput ilman diffuusoria



Neljä yleisvalona käytettyä 18 W:n loistelamppua, joiden koko on 57 cm x 2 cm, kiinnitetään kattovalaisimeen, jonka koko

on 57 cm x 57 cm. Jokaisen lampun takana on heijastin, ja valaisin on edestä avoin. Valaisin on hyvin samankaltainen kuin esimerkissä D.1.4, mutta lamput ovat eri valmistajilta. Lähde ei ole homogeeninen, ja kirkkain säteily on peräisin neljästä lampusta.

#### Altistumisen raja-arvojen valinta

Tämäntyyppinen lamppu ei tuota merkittävästi infrapunasäteilyä. Ainoa riski on altistuminen näkyvän säteilyn tai UV-säteilyn aallonpituuksille. Raja-arvoja **a**, **b** ja **d** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 100 cm:n etäisyydellä lampusta kohtisuoraan katsottuna.

Jokaisen lampun keskimääräinen koko on 29,5 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,295$  rad

Jokaisen lampun pinta-ala on 114 cm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,011$  sr

$\omega_B = 0,011$  sr ja  $\omega_R = 0,011$  sr

#### Vertaaminen raja-arvoihin

##### Raja-arvo a

Altistumisen raja-arvo on  $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$  →  $E_{\text{eff}} = 1,04 \text{ mW m}^{-2}$  → Suurin sallittu altistumisaika on 8 tuntia. Tämä on lähellä raja-arvon ylittymistä.

*Vaikka käytännössä jatkuva altistuminen 100 cm:n etäisyydellä on epätodennäköistä, tämä altistuminen on pidettävä mielessä, jos muita UV-säteilyn lähteitä on samassa tilassa.*

##### Raja-arvo b

Altistumisen raja-arvo on  $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$  →  $E_{\text{UVA}} = 115 \text{ mW m}^{-2}$  → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.

##### Raja-arvo d

Altistumisen raja-arvo on  $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$  →  $L_B = 13 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$  → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.

##### Raja-arvo g

Altistumisen raja-arvo on  $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$  →  $L_R = 183 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$  → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on  $1\,788 \text{ mW m}^{-2}$ . Tämä koskee kaikkia neljää lamppua yhdessä. Jokainen lamppu on erillinen lähteensä, ja jokaisen osuus on  $447 \text{ mW m}^{-2}$  kokonaisirradianssista. Tällöin valaistusvoimakkuus on 305 luxia lamppua kohti. Kunkin lampun luminanssi on näin ollen  $305 / 0,011 = 28\,000 \text{ cd m}^{-2}$

Verkkokalvovaurion riskin arviointi on tarpeen. Myös UV-säteily on arvioitava.

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 1,04 \text{ mW m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 115 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_B = 555 \text{ mW m}^{-2}$  eli  $139 \text{ mW m}^{-2}$  per lamppu

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)  
 $E_R = 8\,035 \text{ mW m}^{-2}$  eli  $2\,009 \text{ mW m}^{-2}$  per lamppu

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_B = 139 \text{ mW m}^{-2} / 0,011 \text{ sr} = 13 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_R = 2\,009 \text{ mW m}^{-2} / 0,011 \text{ sr} = 183 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

## D.1.6 Kuvaputkinäyttö

Työpisteen tietokoneessa on kuvaputkinäyttö.



Altistumisen raja-arvon valinta

Kuvaputket eivät lähetä merkittäviä määriä ultraviolettia tai infrapunasäteilyä. Riski aiheutuu näkyvän säteilyn aallonpituuksille altistumisesta. Sovelletaan raja-arvoa **d**.

### Geometriset muuttujat

Näyttö sekoittaa kolmea pääväriä värikuvien tuottamiseksi. Tilanne on pahin silloin, kun kaikki kolme pääväriä ovat näkyvillä eli kun kuva on valkoinen. Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 10 senttimetrin etäisyydeltä homogeenisestä valkoisesta suorakaiteesta kohtisuoraan katsottuna.

Lähteen keskimääräinen koko on 17 cm

Näin ollen  $\alpha = 1,7$  rad

Lähteen pinta-ala on  $250 \text{ cm}^2$

Näin ollen  $\omega = 2,5$  sr

Tällöin  $\omega_b = 2,5$  sr ja  $\omega_r = 2,5$  sr

### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on  $64 \text{ mW m}^{-2}$ . Tämä vastaa 43 luxin valaistusvoimakkuutta.

Tämän lähteen luminanssi on näin ollen  $43 / 2,5 = 17 \text{ cd m}^{-2}$

**Lisäarviointia ei tarvita.**

### Radiometriset tiedot

Mitatus efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 130 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 8 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)

$E_b = 61 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_R = 716 \text{ mW m}^{-2}$

### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_b = 61 \text{ mW m}^{-2} / 2,5 \text{ sr} = 24 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_R = 716 \text{ mW m}^{-2} / 2,5 \text{ sr} = 286 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

### Vertaaminen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 130 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 8 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 24 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisaika ei ylitä.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 286 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisaika ei ylitä.

### D.1.7 Kannettavan tietokoneen näyttö



Kannettavassa tietokoneessa on nestekidenäyttö (LCD).

#### Altistumisen raja-arvot

LCD-näytöt eivät tuota merkittäviä määriä ultraviolettia tai infrapunasäteilyä. Ainoa riski aiheutuu näkyvän valon aallonpituuksille altistumisesta. Raja-arvoa **d** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

LCD-näyttö sekoittaa kolmea pääväriä värikuvien tuottamiseksi. Tilanne on pahin, kun kaikki kolme pääväriä ovat läsnä eli kun kuva on valkoinen. Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 10 cm:n etäisyydeltä homogeenisesta valkoisesta suorakaiteesta kohtisuoraan katsottuna.

Lähteen keskimääräinen koko on 13 cm

Näin ollen  $\alpha = 1,3 \text{ rad}$

Lähteen pinta-ala on  $173 \text{ cm}^2$

Näin ollen  $\omega = 1,7 \text{ sr}$

Tällöin  $\omega_b = 1,7 \text{ sr}$  ja  $\omega_r = 1,7 \text{ sr}$

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on  $134 \text{ mW m}^{-2}$ . Tämä vastaa 92 luksin valaistusvoimakkuutta. Lähteen luminanssi on näin ollen  $92 / 1,7 = 54 \text{ cd m}^{-2}$

**Lisäarviointia ei tarvita.**

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 70 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 4 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)

$E_B = 62 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_R = 794 \text{ mW m}^{-2}$

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_B = 62 \text{ mW m}^{-2} / 1,7 \text{ sr} = 36 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_R = 794 \text{ mW m}^{-2} / 1,7 \text{ sr} = 467 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

#### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 70 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 4 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 36 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 467 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.

## D.1.8 Monimetallilampun sisältävä ulkovalonheitin



Valaisimessa on 70 W:n monimetallilamppu, jonka taustalla on taustaheijastin. Valaisimen koko on 18 x 18 cm, ja sen kansi on läpinäkyvä. Se on tarkoitettu kiinnitettäväksi rakennuksen kaiteisiin valaisemaan alla olevaa aluetta. Lähde ei ole homogeeninen. Kirkkain alue on itse kaari, jonka arvioidaan olevan suurin piirtein ympyränmuotoinen ja läpimitaltaan noin 5 mm.

### Raja-arvojen valitseminen

Riski aiheutuu altistumisesta näkyvän säteilyn ja mahdollisesti myös ultraviolettisäteilyn aallonpituuksille. Monimetallilamput tuottavat runsaasti ultraviolettisäteilyä. Esimerkissä on säteilyä mahdollisesti vähentävä ulko-kuori, ja valaisimessa on säteilyä vähentävä kansi, mutta UVA-säteilyä saattaa silti olla sen verran, että asiaan on kiinnitettävä huomiota. Raja-arvoja **b**, **d** ja **g** sovelletaan.

### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 100 cm:n etäisyydeltä lampusta kohtisuoraan katsottuna. Kaaren keskimääräinen koko on 0,5 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,005$  rad. Tämä on  $< 11$  mrad, joten raja-arvo **d** voidaan korvata raja-arvolla **f**, jos haetaan kiinteää katselua lähteeseen. Tässä tapauksessa ei ole kyse tästä, joten arviointiin käytetään raja-arvoa **d**. Katso direktiivin

### Vertaaminen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on 3 tuntia.
<i>Lampun voimakas kirkkaus vähentää todennäköisesti jokaisen altistumiskerran noin 0,25 sekuntiin.</i>		
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 233 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ylittyy.
<i>Tällöin on käytettävä raja-arvoa c suurimman sallitun altistumisaajan laskemiseksi.</i>		
Raja-arvo c		
Altistumisen raja-arvo on $L_b < 10^6 / t \text{ W m}^{-2}$	→	$t_{\text{max}} = 10^6 / L_b$ → Suurin sallittu altistumisaika lähteelle on noin 70 minuuttia.
<i>Lampun voimakas kirkkaus vähentää todennäköisesti jokaisen altistumiskerran noin 0,25 sekuntiin. Huom. Jos haetaan kiinteää katselua, <math>t_{\text{max}}</math> perustuu raja-arvoon <math>e = 100 / E_g</math> eli se on noin 40 sekuntia.</i>		
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 302 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ylittyy, kun yksinkertaistettuna olettamana on $\alpha > 0,1$ rad.
<i>Jos altistumisen raja-arvo laskettaisiin uudelleen todellisen <math>\alpha</math>:n (<math>= 5</math> mrad) perusteella, realistisemmaksi altistumisen raja-arvoksi saataisiin <math>5600 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}</math>. Tällöin altistumisen raja-arvo ei ylittyisi.</i>		

taulukkoa 1.1 koskeva huomautus 2.

Lähteen pinta-ala on  $0,2 \text{ cm}^2$

Näin ollen  $\omega = 0,00002 \text{ sr}$

Tällöin  $\omega_b = 0,01 \text{ sr}$  ja  $\omega_r = 0,0001 \text{ sr}$

### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on  $4369 \text{ mW m}^{-2}$ . Tämä vastaa  $2984$  luxin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $2984 / 0,00002 = 149\,000\,000 \text{ cd m}^{-2}$

Verkkokalvovaurion riskin arviointi on tarpeen, ja myös mahdollinen UV-säteilyn riski on arvioitava.

### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 915 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)

$E_b = 2329 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_r = 30172 \text{ mW m}^{-2}$

### Yksinkertaistetut olettamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_b = 2329 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 233 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_r = 30172 \text{ mW m}^{-2} / 0,0001 \text{ sr} = 302 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

### D.1.9 Energiansäästölampan sisältävä ulkovalonheitin



Valaisimessa on 26 watin energiansäästölamppu, jonka taustalla on hiomaton taustaheijastin. Valaisimessa on läpinäkyvä kansi, ja se on tarkoitettu kiinnitettäväksi rakennuksen kaiteisiin valaisemaan alla olevaa aluetta. Lähde ei ole homogeeninen, ja sen voimakkain säteilylähde on lamppu.

#### Altistumisen raja-arvojen valinta

Tämäntyyppinen lamppu ei tuota merkittäviä määriä infrapunasäteilyä. Riski aiheutuu altistumisesta näkyvän säteilyn tai ultraviolettisäteilyn aallonpituuksille. Muovinen diffuusori vaimentaa UV-säteilyn aallonpituuksia. Raja-arvoa **d** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 100 cm:n etäisyydeltä lampusta kohtisuoraan katsottuna.

Lähteen keskimääräinen koko on 8 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,08$  rad

Lähteen pinta-ala on  $39 \text{ cm}^2$

Näin ollen  $\omega = 0,0039$  sr

Tällöin  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,0039$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on  $366 \text{ mW m}^{-2}$ . Tämä vastaa 250 luksin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $250 / 0,0039 = 64\,000 \text{ cd m}^{-2}$

Verkkokalvovaurion riskin arviointi on tarpeen.

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 10 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 2 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_b = 149 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_r = 1\,962 \text{ mW m}^{-2}$

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_b = 149 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 15 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_r = 1\,962 \text{ mW m}^{-2}$

#### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 2 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 15 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 503 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.

## D.1.10 Sähköinen hyönteispyydys



Sähköisissä hyönteispyydöksissä käytetään usein pieni-paineisia elohopeapurkauslamppuja, jotka tuottavat UVA-säteilyä ja spektrin sinisiä sävyjä ja joilla houkuttelevaan lentäviä hyönteisiä suurijännitteiseen verkkoon. Esimerkkipyydys kuluttaa 25 W energiaa, ja siinä on kaksi 26 x 1 cm:n kokoista lamppua, jotka on kiinnitetty 10 cm:n etäisyydelle toisistaan vaakasuoralle tasolle.

### Altistumisen raja-arvon valinta

Sähköisten hyönteispyydysten on oltava tuotestandardin EN 60335-2-59 mukaisia. Kyseisen standardin mukaan UV-säteilyn efektiivisen irradianssin on oltava 1 metrin etäisyydellä  $\leq 1 \text{ mW m}^{-2}$ . Näin ollen raja-arvoa **a** ei tarvitse ottaa huomioon. Raja-arvoa **b** sovelletaan edelleen. Koska kyseessä ei ole valkoisen valon lähde, luminanssia ei voi käyttää tarkistustoimenpiteenä. Sähköiset hyönteispyydykset tuottavat tavallisesti vain vähän näkö-ärsykeitä, joten verkkokalvovaurion riskiä ei pitäisi olla tarpeen ottaa huomioon.

### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 34 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_{\text{b}} = 0,85 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_{\text{r}} = 33 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.

### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 100 senttimetrin etäisyydellä sähköisestä hyönteispyydyksestä. Koska hyönteispyydys kiinnitetään seinälle, mittaukset tehdään suurin piirtein pään korkeudelta. Mittalaite suunnataan ylös hyönteispyydykseen noin 30 asteen kulmassa vaakalinjasta katsottuna. Sähköisen hyönteispyydysten lamput ovat poikkileikkaukseltaan ympyränmuotoisia, joten edelleen voidaan olettaa, että niihin katsotaan 90 asteen kulmasta niiden pintaan nähden.

Jokaisen lampun keskimääräinen koko on 13,5 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,135 \text{ rad}$

Jokaisen lampun näkyvä pinta-ala on  $26 \text{ cm}^2$

Näin ollen  $\omega = 0,0026 \text{ sr}$

Tällöin  $\omega_{\text{b}} = 0,01 \text{ sr}$  ja  $\omega_{\text{r}} = 0,0026 \text{ sr}$

### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 10 \text{ } \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 34 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  
 $E_{\text{b}} = 17 \text{ mW m}^{-2} = 8,5 \text{ mW m}^{-2}$  per lamppu

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)  
 $E_{\text{r}} = 172 \text{ mW m}^{-2} = 86 \text{ mW m}^{-2}$  per lamppu

### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)  
 $L_{\text{b}} = 8,5 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 0,85 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)  
 $L_{\text{r}} = 86 \text{ mW m}^{-2} / 0,026 \text{ sr} = 33 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

### D.1.11 Kattoon asennettu kohdevalo



Kattoon asennetussa kohdevalossa on 50 watin halogeenilamppu suljetussa valaisinkotelossa, jossa on dikromaattinen heijastin ja lasinen etukansi. Suljetun valaisinkotelon halkaisija on 4 cm. Päällä ollessaan lähde vaikuttaa homogeeniselta.

#### Raja-arvojen valinta

Riski aiheutuu altistumiselta näkyvän säteilyn aallonpituuksille (halogeenilampuista lähtee jonkin verran ultra-violettsäteilyä, mutta esimerkkivalaisimessa on etukansi, joka vähentää säteilyä). Raja-arvoja **d** ja **g** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 100 cm:n etäisyydeltä lampusta kohtisuoraan katsottuna.

Lähteen keskimääräinen koko on 4 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,04$  rad

Lähteen pinta-ala on  $13 \text{ cm}^2$

Näin ollen  $\omega = 0,001$  sr

Tällöin  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_R = 0,001$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on  $484 \text{ mW m}^{-2}$ . Tämä vastaa 331 luksin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $331 / 0,001 = 331\,000 \text{ cd m}^{-2}$

Verkkokalvovaurion riskin arviointi on tarpeen.

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 12 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_B = 129 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_R = 2\,998 \text{ mW m}^{-2}$

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_B = 129 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 12,9 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_R = 2\,998 \text{ mW m}^{-2} / 0,001 \text{ sr} = 2\,998 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

#### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 12 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 12,9 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 2\,998 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.



### D.1.12 Pöytään kiinnitetty työvalaisin



Pöytään kiinnitetyssä työvalaisimessa on vakio-mallin hehkulamppu, ja se on edestä avoin. Valaisimen halkaisija on 17 cm. Himmeä 60 watin lamppu on halkaisijaltaan 5,5 senttimetriä. Lähde ei ole homogeeninen, vaan lampusta lähtevä säteily on voimakkaampaa kuin heijastimesta lähtevä.

#### Altistumisen raja-arvojen valinta

Riski aiheutuu altistumisesta näkyvän valon aallonpituuksille (hehkulampun hehkulangat tuottavat jonkin verran UV-säteilyä, mutta lasikuori toimii suodattimena). Raja-arvoja **d** ja **g** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 50 cm:n etäisyydeltä lampusta kohtisuoraan katsottuna. Lähteen keskimääräinen koko on 5,5 cm  
Näin ollen  $\alpha = 0,11$  rad

Lähteen pinta-ala on 24 cm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,0096$  sr

Tällöin  $\omega_B = 0,01$  sr ja  $\omega_R = 0,0096$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on 522 mW m<sup>-2</sup>. Tämä vastaa 357 luksin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $357 / 0,006 = 37\,188$  cd m<sup>-2</sup>

Verkkokalvovaurion riskin arviointi on tarpeen.

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 50 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 18 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_B = 92 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_R = 4\,815 \text{ mW m}^{-2}$

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_B = 92 \text{ mW m}^{-2} / 0,1 \text{ sr} = 0,92 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_R = 4\,815 \text{ mW m}^{-2} / 0,0096 \text{ sr} = 501 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$

#### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a			
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 50 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b			
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 18 \text{ mW m}^{-2}$	→ Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d			
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_B = 0,92 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ Altistumisen raja-arvo ei ylity.
Raja-arvo g			
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_R = 501 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→ Altistumisen raja-arvo ei ylity.

### D.1.13 Työpöytään kiinnitetty "päivänvalolamppu"



Työpöytään kiinnitetyssä työvalaisimessa on 60 watin hehkulamppu, ja se on edestä avoin. Lamppu on värjätty niin, että sen väriominaisuudet vastaavat luonnollista päivänvaloa, mutta sen pintaa ei ole käsitelty hajanaista valoa välittäväksi. Valaisimen halkaisija on 14 cm. Lähde ei ole homogeeninen. Kun lamppu on päällä, hehkulanka erottuu selkeästi. Hehkulangan kokoa on vaikea määrittää, mutta sen pituus on noin 3 cm ja halkaisija noin 0,5 mm.

Kun lamppu on päällä, hehkulanka erottuu selkeästi. Hehkulangan kokoa on vaikea määrittää, mutta sen pituus on noin 3 cm ja halkaisija noin 0,5 mm.

#### Altistumisen raja-arvojen valinta

Riski aiheutuu altistumisesta näkyvän säteilyn aallonpituuksille (hehkulangat tuottavat jonkin verran UV-säteilyä, mutta lasikuori toimii suodattimena). Raja-arvoja **d** ja **g** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 50 cm:n etäisyydeltä lampusta kohtisuoraan katsottuna.

Hehkulangan keskimääräinen koko on 1,5 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,03$  rad

Hehkulangan pinta-ala on 0,15 cm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,00006$  sr

Tällöin  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_R = 0,0001$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on 559 mW m<sup>-2</sup>. Tämä vastaa 383 luksin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $382 / 0,00006 = 6\,000\,000$  cd m<sup>-2</sup>

Verkkokalvovaurion riskin arviointi on tarpeen.

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 26 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_B = 138 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_R = 5\,172 \text{ mW m}^{-2}$

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_B = 138 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 14 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_R = 5\,172 \text{ mW m}^{-2} / 0,0001 \text{ sr} = 52 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

#### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 110 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 26 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 14 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 52 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.

## D.1.14 Kopiokone



Kopiokoneessa on kaksi viivan muotoista sivuttaissuunnassa liikkuvaa valonlähdettä. Valonauhat ovat 21 cm pitkiä ja 1,5 cm:n etäisyydellä toisistaan. Ne näkyvät kopiokoneen valotuslasin vasemmassa reunassa oikealla olevassa kuvassa. Kumpikin valonauha on noin 3 mm:n paksuinen.

### Altistumisen raja-arvojen valinta

Riski aiheutuu altistumisesta näkyvän valon aallonpituuksille (valotuslasin pitäisi vähentää mahdollista UV-säteilyä). Raja-arvoja **d** ja **g** sovelletaan.

### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 30 senttimetrin etäisyydeltä valotuslasista. Valotuslasin ja optisen säteilyn lähteen välisellä etäisyydellä ei ole merkitystä. Mittaukset tehdään lähteeseen kohtisuoraan katsottuna. Lähtökohta on pessimistinen, sillä ihminen altistuu säteilylle todennäköisesti viistossa kulmassa.

Kunkin lähteen keskimääräinen koko on 10,7 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,36$  rad

Kunkin lähteen pinta-ala on 6,3 cm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,007$  sr

Tällöin  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,007$  sr

### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on 197 mW m<sup>-2</sup>. Tämä koskee molempia kahta nauhaa. Kumpikin nauha on oma valonlähteensä, ja kummankin osuus kokonaisirradianssista on 98,5 mW m<sup>-2</sup>. Tämä vastaa 67 luksin valaistusvoimakkuutta per lamppu.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $67 / 0,007 = 9\,643$  cd m<sup>-2</sup>

*Lisäarviointi ei ole tarpeen.*

### Radiometriset tiedot

Mitattujen efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 22 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  
 $E_b = 124 \text{ mW m}^{-2} = 62 \text{ mW m}^{-2}$  per valonauha

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)  
 $E_r = 1\,606 \text{ mW m}^{-2} = 803 \text{ mW m}^{-2}$  per valonauha

### Yksinkertaistetut oletukset

Efektiivinen radianssi (sininen valo)  
 $L_b = 62 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 6,2 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)  
 $L_r = 803 \text{ mW m}^{-2} / 0,007 \text{ sr} = 115 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

## Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 10 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 22 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 6,2 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 115 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.

### D.1.15 Digitaalinen pöytäprojektorori



150 watin dataprojektorin etulinssin halkaisija on 4,7 cm.

Katso myös esimerkki D.1.16.

Projektorori tuottaa kuvia sekoittamalla kolmea pääväriä. Tilanne on pahin silloin, kun kaikki värit ovat läsnä eli kun heijastetaan valkoinen kuva. Grafiikkaohjelmalla voidaan luoda tyhjä valkoinen kuva. Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 200 cm:n etäisyydeltä projektorista niin, että projektorori on kohdistettu tuottamaan pienin mahdollinen terävä kuva kyseiseltä etäisyydeltä. Projektorin linssin näkyvä halkaisija on 4,7 cm. Käytön aikana valaistuna linssi ei kuitenkaan vaikuta homogeeniselta. Keskeinen valaistu alue on mitaltaan noin 3 senttimetriä.

#### Altistumisen raja-arvojen valinta

Tämäntyyppinen lähde ei tuota mitattavia määriä ultravioletti- tai infrapunasäteilyä, joten riski aiheutuu näkyvän säteilyn aallonpituuksille altistumisesta. Raja-arvoja **d** ja **g** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Kolmea pääväriä sekoitetaan värikuvien tuottamiseksi. Tilanne on pahin, kun kaikki kolme pääväriä ovat läsnä eli kun kuva on valkoinen. Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 200 cm:n etäisyydeltä lampusta kohtisuoraan katsottuna.

Lähteen keskimääräinen koko on 3 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,02$  rad

Lähteen pinta-ala on  $7 \text{ cm}^2$

Näin ollen  $\omega = 0,0001$  sr

Tällöin  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,0001$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on  $2\,984 \text{ mW m}^{-2}$ . Tämä vastaa  $2\,038$  luksin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $2\,038 / 0,0001 = 20\,000\,000 \text{ cd m}^{-2}$

Verkkokalvovaurion riskin arviointi on tarpeen.

#### Radiometriset tiedot

Mitattujen efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 1,0 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)

$E_b = 2\,237 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_r = 24\,988 \text{ mW m}^{-2}$

#### Yksinkertaistetut oletukset

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_b = 2\,237 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ msr} = 224 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_r = 24\,988 \text{ mW m}^{-2} / 0,0001 \text{ msr} = 250 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

## Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 1 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 224 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja arvo ylittyy.
<i>Näin ollen raja-arvoa c on käytettävä suurimman sallitun altistumisaajan laskemiseksi.</i>		
Raja-arvo c		
Altistumisen raja-arvo on $L_B < 10^6 / t \text{ W m}^{-2}$	→	$t_{\text{max}} = 10^6 / L_B$ → Suurin sallittu altistumisaika on noin 70 minuuttia.
<i>Lähteen voimakas kirkkaus rajoittaa todennäköisesti kunkin altistumiskerran noin 0,25 sekuntiin.</i>		
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 250 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.

### D.1.16 Kannettava digitaalinen dataprojektori



180 watin dataprojektorin etulinssi on halkaisijaltaan 3,5 cm. Katso myös esimerkki D.1.15.

Projektori muodostaa kuvia sekoittamalla kolmea pääväriä. Tilanne on pahin silloin, kun kaikki värit ovat läsnä eli kun heijastetaan valkoinen kuva. Grafiikkaohjelmaa voidaan käyttää tyhjän valkoisen kuvan luomiseen. Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 200 cm:n etäisyydeltä projektorista niin, että projektori on kohdistettu tuottamaan pienin mahdollinen terävä kuva kyseiseltä etäisyydeltä. Projektorin linssin halkaisija on 3,5 cm, ja se vaikuttaa käytettäessä homogeeniselta.

#### Altistumisen raja-arvojen valinta

Tämäntyyppinen lähde ei tuota mitattavia määriä ultraviolettii- tai infrapunasäteilyä, joten riski aiheutuu näkyvän säteilyn aallonpituuksille altistumisesta. Raja-arvoja **d** ja **g** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Kaikkia kolmea pääväriä sekoitetaan värikuvien tuottamiseksi. Tilanne on pahin, kun kaikki kolme pääväriä ovat

läsnä eli kuva on valkoinen. Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 200 cm:n etäisyydellä lampusta kohtisuoraan katsottuna.

Lähteen keskimääräinen koko on 3,5 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,02$  rad

Lähteen pinta-ala on 9,6 cm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,0002$  sr

Tällöin  $\omega_B = 0,01$  sr ja  $\omega_R = 0,0002$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on 681 mW m<sup>-2</sup>. Tämä vastaa 465 luksin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $465 / 0,0002 = 2\,325\,000$  cd m<sup>-2</sup>

Verkkokalvovaurion riskin arviointi on tarpeen.

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} > 10$   $\mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 0,5$  mW m<sup>-2</sup>

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_B = 440$  mW m<sup>-2</sup>

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_R = 5\,333$  mW m<sup>-2</sup>

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_B = 440$  mW m<sup>-2</sup> / 0,01 msr = 44 W m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_R = 5\,333$  mW m<sup>-2</sup> / 0,0002 msr = 27 kW m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>

#### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30$ J m <sup>-2</sup>	→	$E_{\text{eff}} = 30$ $\mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4$ J m <sup>-2</sup>	→	$E_{\text{UVA}} = 1$ mW m <sup>-2</sup> → Suurin sallittu aika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on 100 W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>	→	$L_B = 44$ W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> → Altistumisen raja-arvo ei ylity.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on 280 kW m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup>	→	$L_R = 27$ kW m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> → Altistumisen raja-arvo ei ylity.

### D.1.17 Digitaalinen interaktiivinen valkotalu



Seinälle kiinnitetyn digitaalisen interaktiivisen valkotaulun koko on 113 x 65 cm.

#### Altistumisen raja-arvojen valinta

Tämäntyyppinen lähde ei tuota mitattavia määriä ultra-violetti- tai infrapunasäteilyä, joten riski aiheutuu vain altistumisesta näkyvän säteilyn aallonpituuksille. Altistumisen raja-arvoa  $d$  sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Interaktiivinen valkotalu sekoittaa kolmea pääväriä värikuvan tuottamiseksi. Tilanne on pahin, kun kaikki kolme pääväriä ovat läsnä eli kun kuva on valkoinen. Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 200 cm:n etäisyydeltä lähteestä kohtisuoraan katsottuna.

Lähteen keskimääräinen koko on 89 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,45$  rad

Lähteen pinta-ala on 7 345 cm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,18$  sr

Tällöin  $\omega_b = 0,18$  sr ja  $\omega_R = 0,18$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on 11 mW m<sup>-2</sup>. Tämä vastaa 8 luksin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $8 / 0,18 = 44$  cd m<sup>-2</sup>

**Lisäarviointi ei ole tarpeen.**

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 250 \mu\text{W m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_b = 10 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)  $E_R = 112 \text{ mW m}^{-2}$

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_b = 10 \text{ mW m}^{-2} / 0,18 \text{ sr} = 56 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_R = 112 \text{ mW m}^{-2} / 0,18 \text{ sr} = 0,6 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

#### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a			
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b			
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 250 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d			
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 56 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Altistumisen raja-arvo ei ylity.
Raja-arvo g			
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 0,6 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Altistumisen raja-arvo ei ylity.

### D.1.18 Kattoon upotettu energiansäästölamppu



Kaksi energiansäästölamppua, joiden koko on 2 cm x 13 cm ja teho 26 W, on kiinnitetty kattoon upotettuun ja edestä avoimeen valaisimeen. Valaisimessa on taustahajastin, ja sen halkaisija

on 17 cm. Hajastin on laadukas, ja lähde vaikuttaa lähes homogeeniselta. Sitä arvioidaan kuitenkin varmuuden vuoksi ikään kuin se ei olisi homogeeninen.

#### Altistumisen raja-arvojen valinta

Tämäntyyppinen lamppu ei tuota merkittäviä määriä infrapunasäteilyä. Riski aiheutuu näkyvän säteilyn tai ultraviolettisäteilyn aallonpituuksille altistumisesta. Raja-arvoja **a**, **b** ja **d** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 100 cm:n etäisyydeltä lampusta kohtisuoraan katsottuna.

Jokaisen lampun keskimääräinen koko on 7,5 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,075$  rad

Jokaisen lampun pinta-ala on 26 cm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,0026$  sr

Tällöin  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,0026$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on 1 558 mW m<sup>-2</sup>. Tämä koskee kahta lamppua yhteensä. Koska kumpikin lamppu on oma erillinen lähteensä, kummankin osuus kokonaisirradianssista on 779 mW m<sup>-2</sup>. Valaistusvoimakkuus on tällöin 532 luksia lamppua kohti. Kunkin lampun luminanssi on näin ollen  $532 / 0,0026 = 204\,615$  cd m<sup>-2</sup>

Verkkokalvovaurion riskin arviointi on tarpeen. UV-säteily on edelleen arvioitava.

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 55 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)

$E_b = 321 \text{ mW m}^{-2} = 161 \text{ mW m}^{-2}$  per lamppu

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_r = 5\,580 \text{ mW m}^{-2} = 2\,790 \text{ mW m}^{-2}$  per lamppu

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_b = 161 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 16 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_r = 2\,790 \text{ mW m}^{-2} / 0,0026 \text{ sr} = 1\,073 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

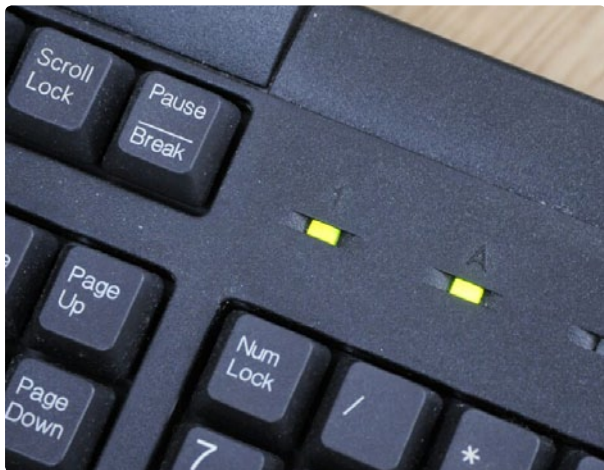
#### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 55 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 16 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 1\,073 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.



### D.1.19 LED-merkkivalo

Vihreitä LED-valoja käytetään tietokoneen näppäimistön merkkivaloina. Jokainen LED-valo on oma erillinen lähteensä, kooltaan 1 x 4 mm.



#### Altistumisen raja-arvojen valinta

LED-valot tuottavat säteilyä vain kapealla aallonpituuksien alueella. Tässä on kyseessä vihreä LED-valo, joten UV- tai infrapunasäteilyä ei synny. Vain raja-arvoa **d** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 5 mm:n etäisyydeltä LED-valosta kohtisuoraan katsottuna.

Valon keskimääräinen koko on 2,5 mm

Näin ollen  $\alpha = 0,5$  rad

Valon pinta-ala on 4 mm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,16$  sr

Tällöin  $\omega_B = 0,16$  sr ja  $\omega_R = 0,16$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on 30 mW m<sup>-2</sup>. Tämä vastaa 20 luksin valaistusvoimakkuutta. Lähteen luminanssi on näin ollen  $20 / 0,16 = 125$  cd m<sup>-2</sup>

*Lisäarviointi ei ole tarpeen.*

#### Vaaditut tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_B = 190 \mu\text{W m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)  $E_R = 35 \text{ mW m}^{-2}$

#### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_B = 190 \mu\text{W m}^{-2} / 0,16 \text{ sr} = 1,2 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_R = 35 \text{ mW m}^{-2} / 0,16 \text{ sr} = 0,22 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

#### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a			
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b			
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 40 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d			
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_B = 1,2 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Suurin sallittu altistumisaika ei ylitä.
Raja-arvo g			
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_R = 0,22 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Suurin sallittu altistumisaika ei ylitä.

## D.1.20 Kämmentietokone

Kämmentietokoneen (PDA-laitteen) näyttö on 5 cm x 3,5 cm.



### Altistumisen raja-arvojen valinta

Kämmentietokoneen näyttö ei tuota merkittäviä määriä UV- tai infrapunasäteilyä. Riski aiheutuu ainoastaan näkyvän säteilyn aallonpituuksille altistumisesta. Raja-arvoa **d** sovelletaan.

### Geometriset muuttujat

Näyttö sekoittaa kolmea pääväriä värikuvien tuottamiseksi. Tilanne on pahin, kun kaikki kolme pääväriä ovat läsnä eli kun kuva on valkoinen. Spektrisen irradianssin tiedot mitataan kohtisuoraan katsottuna 2 cm:n etäisyydeltä näytöstä, joka on mahdollisimman valkoinen.

### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→ $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→ $E_{\text{UVA}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$	→ Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ $L_b = 6 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Altistumisen raja-arvo ei ylitä.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ $L_R = 75 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→ Altistumisen raja-arvo ei ylitä.

Lähteen keskimääräinen koko on 4,25 cm

Näin ollen  $\alpha = 2,1 \text{ rad}$

Lähteen pinta-ala on  $17,5 \text{ cm}^2$

Näin ollen  $\omega = 4,4 \text{ sr}$

Tällöin  $\omega_b = 4,4 \text{ sr}$  ja  $\omega_R = 4,4 \text{ sr}$

### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on  $47 \text{ mW m}^{-2}$ . Tämä vastaa 32 luksin valaistusvoimakkuutta. Lähteen luminanssi on näin ollen  $32 / 4,4 = 7,3 \text{ cd m}^{-2}$

*Lisäarviointi ei ole tarpeen.*

### Vaaditut tiedot

Mitattujen efektiivisten irradianssien arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} < 10 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_b = 27 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)  $E_R = 330 \text{ mW m}^{-2}$

### Yksinkertaistetut oletukset

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

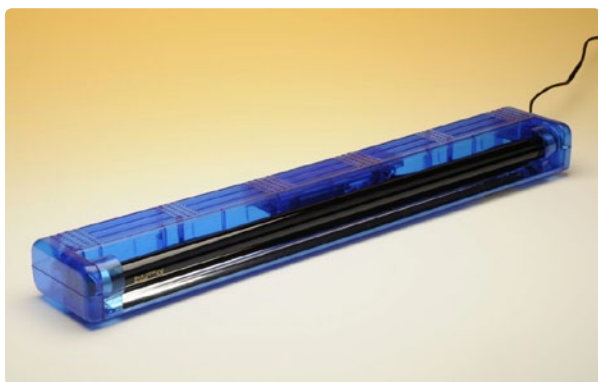
$L_b = 27 \text{ mW m}^{-2} / 4,4 \text{ sr} = 6 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_R = 330 \text{ mW m}^{-2} / 4,4 \text{ sr} = 75 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

## D.1.21 UVA-mustavalolamppu

UVA-mustavalolamput ovat usein pienipaineisia elohopeapurkauslamppuja, jotka tuottavat UVA-säteilyä ja vähän myös näkyvää säteilyä. Niitä käytetään fluoresenssin aikaansaamiseksi monissa eri tarkoituksissa (rikkomaton aineenkoetus, väärennösten tutkinta, omaisuuden merkintä, viihde). Tässä esimerkkilamputta on yksi 20 W:n lamppu, jonka koko on 55 x 2,5 cm. Lamppu on kiinnitetty avoimeen orteen (eli sen päällä ei ole lasi- tai muovikantta).



### Altistumisen raja-arvojen valinta

Lähde vastaa loistelamppua, mutta näkyvää säteilyä on huomattavasti vähemmän kuin UVA-säteilyä. Verkkokalvoaurion riskiä ei näin ollen tarvitse ottaa huomioon, ja raja-arvoja **a** ja **b** sovelletaan. Luminanssin arvioiminen ei ole asianmukaista, sillä kyseessä ei ole valkoisen valon lähde.

### Geometriset muuttujat

Spektrisen irradianssin tiedot mitataan 50 cm:n etäisyydeltä lampusta.

Lampun keskimääräinen koko on 29 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,575$  rad

Lampun näkyvä pinta-ala on 138 cm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,055$  sr

Tällöin  $\omega_b = 0,055$  sr ja  $\omega_r = 0,055$  sr

### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 176 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_b = 3 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)  $E_r = 14 \text{ mW m}^{-2}$

### Yksinkertaistetut oletamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$$L_b = 3 \text{ mW m}^{-2} / 0,055 \text{ sr} = 55 \text{ mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$$L_r = 14 \text{ mW m}^{-2} / 0,055 \text{ sr} = 255 \text{ mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$$

### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 30 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 176 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on yli 8 tuntia
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_b = 55 \text{ mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$	→	$L_r = 255 \text{ mW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylitä.

### D.1.22 Monimetallilampun sisältävä katuvalo



Katuvalossa on 150 W:n monimetallilamppu, jonka kotelo ympäröivät hopeiset metalliset häikäisy-suojat. Häikäisy-suojat on suunnattu alaspäin, ja ne ovat 2,5 cm:n etäisyydellä toisistaan. Lampun koko on noin 1 x 2 cm, ja se on

kiinnitetty sisemmän kotelon sisään. Sisemmän kotelon koko on 8 x 5 cm. Koko valaisin on vielä sijoitettu sääkestävän sylinterinmuotoisen muovikuvun sisälle. Lähde ei ole homogeeninen. Kirkkain alue on lampun poltimo. Lampun voi nähdä suoraan, kun katsoo sopivassa kulmassa suoraan ylöspäin häikäisy-suojien läpi.

#### Altistumisen raja-arvojen valinta

Riski voi aiheutua altistumisesta näkyvän säteilyn tai mahdollisesti ultraviolettisäteilyn aallonpituuksille. Monimetallilamput tuottavat runsaasti UV-säteilyä. Esimerkkinä lampussa on ulompi kotelo, joka voi vähentää säteilyä, ja valaisimessa on säteilyä vähentävä kansi, mutta UVA-säteilyä voi syntyä niin paljon, että se on syytä ottaa huomioon. Raja-arvoja **b**, **d** ja **g** sovelletaan.

#### Geometriset muuttujat

Lampun kotelo on tarkoitettu käytettäväksi lyhtypylvään nokassa, joten pahin tilanne (eli suoraan häikäisy-suojien läpi katsominen) on mahdollista vain noin 7 m:n

etäisyydeltä. Spektrisen irradianssin tiedot mitataan kuitenkin 100 cm:n etäisyydeltä lampusta häikäisy-suojien läpi ylöspäin katsottuna.

Kaaren keskimääräinen koko on 1,5 cm

Näin ollen  $\alpha = 0,015$  rad

Lähteen pinta-ala on 2 cm<sup>2</sup>

Näin ollen  $\omega = 0,0002$  sr

Tällöin  $\omega_b = 0,01$  sr ja  $\omega_r = 0,0002$  sr

#### Alustava arviointi

Päivänäkemisen efektiivinen irradianssi mitattiin, ja se on 327 mW m<sup>-2</sup>. Tämä vastaa 223 luksin valaistusvoimakkuutta.

Lähteen luminanssi on näin ollen  $223 / 0,0002 = 1\,115\,000$  cd m<sup>-2</sup>

Verkkokalvovaurion riskin arviointi on tarpeen, ja myös mahdollinen UV-säteilyn riski on vielä arvioitava.

#### Radiometriset tiedot

Mitatut efektiivisen irradianssin arvot ovat seuraavat:

Efektiivinen irradianssi  $E_{\text{eff}} = 7 \mu\text{W m}^{-2}$

UVA-irradianssi  $E_{\text{UVA}} = 29 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (sininen valo)  $E_b = 86 \text{ mW m}^{-2}$

Efektiivinen irradianssi (lämpövaurio)

$E_r = 1\,323 \text{ mW m}^{-2}$

#### Yksinkertaistetut olettamat

Efektiivinen radianssi (sininen valo)

$L_b = 86 \text{ mW m}^{-2} / 0,01 \text{ sr} = 8,6 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

Efektiivinen radianssi (lämpövaurio)

$L_r = 1\,323 \text{ mW m}^{-2} / 0,0002 \text{ sr} = 6,7 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$

#### Vertaaminen altistumisen raja-arvoihin

Raja-arvo a		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{eff}} = 7 \mu\text{W m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on alle 8 tuntia.
Raja-arvo b		
Altistumisen raja-arvo on $H_{\text{UVA}} = 10^4 \text{ J m}^{-2}$	→	$E_{\text{UVA}} = 29 \text{ mW m}^{-2}$ → Suurin sallittu altistumisaika on alle 8 tuntia.
Raja-arvo d		
Altistumisen raja-arvo on $100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_b = 8,6 \text{ mW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.
Raja-arvo g		
Altistumisen raja-arvo on $280 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$	→	$L_r = 6,7 \text{ kW m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ → Altistumisen raja-arvo ei ylity.

**D.1.23** Kooste esimerkeistä

Edellä esitetyissä 18 esimerkissä ilmoitettuja tietoja voi verrata altistumisen raja-arvoihin jakamalla efektiivinen radianssi tai 8-tuntinen säteilylle altistuminen

asianmukaisella altistumisen raja-arvolla. Nämä arvot on esitetty alla: arvoja, joiden suuruus on alle yksi prosentti altistumisen raja-arvosta, ei käsitellä enempää. Yli yhden prosentin arvot on merkitty punaisella.

Lähde	Etäisyys	Riski (säteilyn osuus altistumisen raja-arvosta)				
		Luminanssi	Efektiivinen UV-säteily (raja-arvo a)	UVA-säteily (raja-arvo b)	Sinivaloriski (raja-arvo d)	Verkkokalvon lämpövaurion riski (raja-arvo g)
Loistelamppu, aluevalo (diffusorin peittämä)	100 cm	0,15	< 0,01	0,05	0,01	< 0,01
Loistelamppu, aluevalo (ei diffusoria)	100 cm	3,7	0,58	0,35	0,19	< 0,01
Neljä loistelamppua, aluevalo (ei diffusoria)	100 cm	2,8	1,0	0,33	0,13	< 0,01
Kuvaputkinäyttö	10 cm	< 0,01	0,12	0,02	< 0,01	< 0,1
Kannettavan tietokoneen näyttö	10 cm	< 0,01	0,07	0,01	< 0,01	< 0,01
Monimetallilamppu, valonheitin	100 cm	15 000	0,1	2,6	2,3	1,08
Energiansäästölamppu, valonheitin	100 cm	6,4	0,01	< 0,01	0,15	< 0,01
Hyönteispyydys	100 cm	–	0,01	0,10	< 0,01	< 0,1
Halogeenilamppu, kohdevalo	100 cm	33,1	0,03	0,04	0,13	0,01
Työvalo	50 cm	3,7	0,05	0,05	< 0,01	< 0,01
Työvalo (päivänvalolamppu)	50 cm	600	0,11	0,08	0,14	0,19
Kopiokone	30 cm	0,96	0,01	0,06	0,06	< 0,01
Pöytäprojektor	200 cm	2 000	0,03	< 0,01	2,2	0,89
Kannettava projektori	200 cm	233	< 0,01	< 0,01	0,44	0,10
Interaktiivinen valkotaulu	200 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Energiansäästölamppu, aluevalo	100 cm	20	0,04	0,16	0,16	< 0,01
LED-merkkivalo	0,5 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Kämmenietokone	2 cm	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
UVA-mustavalolamppu	50 cm	–	0,03	0,51	< 0,01	< 0,01
Katuvalo	100 cm	112	< 0,01	0,08	0,09	0,02

Taulukosta käy ilmi, että kaikissa tapauksissa, joissa lähteen luminanssi on alle  $10^4$  cd m<sup>-2</sup>, kumpikaan verkkokalvovaurion riskiä koskevista altistumisen raja-arvoista (**d** ja **g**) ei yly. Vaikka lähteen luminanssi on yli  $10^4$  cd m<sup>-2</sup>, myöhemmässä vaiheessa pystyttiin osoittamaan lähes aina, ettei lähde aiheuta vaaraa verkkokalvolle.

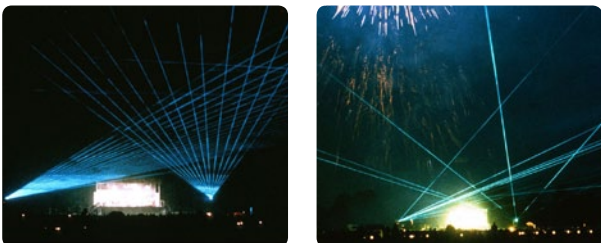
Tässä tarkastelluista lähteistä altistumisen raja-arvot saattavat ylittyä vain valonheittimessä käytetyn monimetallilampun ja pöytäprojektorin osalta. Kyseessä olivat lähes aina verkkokalvon suojaamiseksi määritetyt altistumisen raja-arvot. Jatkolaskelmien perusteella (katso yksittäiset esimerkit) vaikuttaa siltä, etteivät altistumisen raja-arvot

todennäköisesti ylity suojareaktioiden ansiosta eivätkä siksi, että alkuperäisen arvion olosuhteet olivat ylivarovaiset. Tämä ei tarkoita sitä, ettei näiden lähteiden kanssa tulisi olla varovainen, sillä suojareaktiot eivät välttämättä toimi. Jos lähde on näkökentän taka-alalla, suojareaktiot eivät välttämättä laukea. Tällöin altistumisen raja-arvot voisivat ylittyä.

Tarkastelun kohteena oli kaksi hyvin samanlaista edestä avointa kattoon kiinnitettyä loistelamppua. Kannattaa huomata, että kun valaistuksen voimakkuus on noin 1 100–1 200 luksia, toinen valaisin on lähellä efektiivisen UV-säteilyn raja-arvoa, mutta toinen ei. Ero johtuu siitä, että loistelampuilla oli eri valmistajat, mikä osoittaa, että näennäisesti samanlaisten lamppujen tuottaman tahattoman säteilyn määrä voi erota huomattavasti.

Samankaltaisten lähteiden säteilymäärien väliset erot näkyvät myös vertailtaessa kahta tarkasteltua dataprojektorista. Vaikka pöytäprojektorissa oli vähemmän tehoa (lähteen alaa koskevien olettamien mukaisesti), se oli kannettavaa projektorista haitallisempi.

## D.2 Laseresitykset



Lasereita on käytetty viihteessä livemusiikin ja tallennetun musiikin elävöittäjänä 1970-luvulta lähtien. Pääasiallisena huolena on ollut yleisön altistuminen lasersäteilylle raja-arvojen ylittävänä määrinä. Direktiivissä vaaditaan kuitenkin vain työntekijöiden altistumisen ottamista huomioon. Tässä esimerkissä tarkastellaan laserlaitteiden asentamista ja laseresityksen toteutusta tilapäisessä tapahtumassa. Periaatteita pitäisi kuitenkin voida soveltaa mihin tahansa laseresitykseen.

### D.2.1 Riskit ja riskeille altistuvat ihmiset

Tässä tarkastellaan ainoastaan lasersäteestä aiheutuvia riskejä. Muut riskit saattavat aiheuttaa suuremman loukkaantumisvaaran tai jopa hengenvaaran.

Monissa laseresityksissä käytetään luokan 4 lasereita. Määritelmän mukaan säteilyteho on yli 500 mW. Kun oletuksena on yksittäinen silmän tahaton altistuminen lasersäteelle, altistumisen raja-arvo voidaan määrittää direktiivin liitteessä II olevan taulukon 2.2 perusteella.

Altistumisen raja-arvo on  $18 t^{0,75} \text{ J m}^{-2}$ , kun kyseessä ovat 400–700 nm:n aallonpituudet. Kun  $t = 0,25$  sekuntia, altistumisen raja-arvo on  $6,36 \text{ J m}^{-2}$ . Koska lasersäde tuetaan todennäköisesti jatkuvana säteenä, energiatiheys kannattaa muuntaa irradianssiksi jakamalla se altistumisen kestolla (0,25 s). Tällöin altistumisen raja-arvo on irradianssina  $25,4 \text{ W m}^{-2}$ .

Silmän altistumista näkyvälle lasersäteelle rajaava aukko on 7 mm. Tällöin voidaan määrittää 7 mm:n aukolla sallittu enimmäisteho, jolla altistumisen raja-arvo ei varmasti ylity. Tämä lasketaan kertomalla altistumisen raja-arvo 7 mm:n aukon alalla. Aukon oletetaan olevan ympyrä, joten ala on  $3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ . Kun  $25,4 \text{ W m}^{-2}$  kerrotaan  $3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ :llä, saadaan tulokseksi noin 0,001 W eli 1 mW.



Altistumisen raja-arvo ylittyy muuttujalla, joka on vähintään 500, mikä on 1 mW:n ylittävien mW:n määrä, jos lasersäde on halkaisijaltaan 7 mm tai pienempi.

Arviointi osoittaa, ettei sädettä saa suunnata työntekijän silmään, ellei sädettä hajoteta riittävästi, niin että irradianssi saadaan laskettua arvoon, joka on alle  $25,4 \text{ W m}^{-2}$ .

Seuraavaksi on ehdotettu luetteloa työntekijöistä, jotka saattavat olla vaarassa laserin asennusvaiheessa. Huomioon otetaan vain ne vaiheet, joissa lasersädettä tuotetaan.

Lasersäteiden säätö
Laserin asennusinsinööri
Laserin käyttäjä
Muut asennusinsinöörit
Turvallisuushenkilöstö
Tilan henkilökunta
Laseresitys
Laserin käyttäjä
Valo- ja äänitekniikasta vastaava
Esiintyjät
Turvallisuushenkilöstö
Tilan henkilökunta
Myyjät

Laseresityksissä lasersäteet ovat harvoin staattisia. Kuviot toteutetaan liikuttamalla lasersädettä tavallisesti tietokoneohjatuilla galvanometriin kiinnitetyillä kohtisuorilla peileillä. Monet kuviot edellyttävät, että säde kulkee samasta kohdasta toistuvasti, joten henkilön silmään voi tulla sarja laserpulsseja, kun kuvio kulkee kasvojen ohi.

Pulssitettua laseria käytettäessä arvioinnissa on otettava huomioon, voisiko altistumisen raja-arvo ylittyä altistuttaessa yksittäiselle laserpulsille tai kokonaiselle pulssisarjalle tietyssä kohdassa, jossa altistuminen on mahdollista.

## D.2.2 Riskien arviointi ja priorisointi

Mahdollisen altistumisen vertaaminen altistumisen raja-arvoon osoittaa raja-arvon todennäköisesti ylittyvän. Jos kyseessä on 500 mW:n laser, on mahdollista määrittää myös aika, joka tarvitaan, ennen kuin mikään riskienhallintatoimenpide tehoaa. Standardin IEC TR 60825-3 mukaan kyseessä on aika, joka alkaa vikatilän ilmenemisestä ja päättyy riskienhallintatoimenpiteen tehoamiseen.

Kun oletetaan, että säde sisältää 500 mW, irradianssi on  $0,5 \text{ W} / 3,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  eli noin  $13\,000 \text{ W m}^{-2}$ . Koska altistumisen raja-arvot ilmoitetaan energiatihytenä ( $\text{J m}^{-2}$ ), kun altistumisaika on alle 10 sekuntia, irradianssi voidaan muuntaa energiatihydeksi kertomalla altistumisaika seuraavasti:  $13\,000 \times t \text{ J m}^{-2}$ .

Altistumisajan arvo  $t$  määritetään ratkaisemalla kukin altistumisen raja-arvoista ajan funktiona, kunnes  $t$  on altistumisen raja-arvon sovellettavuuden rajoissa. Tämä määritetään seuraavasti:  $3,8 \times 10^{-7} \text{ s}$ , kun altistumisen raja-arvo on  $5 \times 10^{-3} \text{ J m}^{-2}$  aikavälillä  $10^{-9}$ – $1,8 \times 10^{-5} \text{ s}$ .



Kun kyseessä on 500 mW:n jatkuva-aaltainen laser, jokaisen riskienhallintatoimenpiteen, jolla varmistetaan, ettei silmän altistumiselle määritetty raja-arvo ylity, on tehottava  $0,38 \mu\text{s}$ :n kuluessa.

Tämän perusteella lasersäteelle altistumista olisi ensiarvoisen tärkeää välttää.

## D.2.3 Ennalta ehkäisevistä toimista päättäminen ja toimien toteuttaminen

Koska lasersäde aiheuttaa suuren loukkaantumisvaaran, on tärkeää, että silmän altistumisen riskiä vähennetään mahdollisimman paljon. Lasersäteen on kuitenkin oltava näkyvä joko ilmassa tai heijasteena näytöllä, jotta sillä olisi tarkoituksenmukainen viihteellinen vaikutus. Riski olisi siis hallittava varmistamalla, ettei työntekijöitä ole säteen reitillä. Riskiä voidaan hallita esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

Laserin käyttäjillä ja tukihenkilöstöllä on asianmukainen koulutus.
Säätövaiheessa läsnä on mahdollisimman vähän henkilöitä.
Kaikki säteet suunnataan alueille, joilla ei ole ihmisiä.
Laserit ja apuvälineet, kuten heijastavat peilit, kiinnitetään kunnolla niin, etteivät ne pääse liikahtamaan missään vaiheessa esityksen aikana.
Säteen reitti katkaistaan fyysisillä esteillä, jotta säde ei kohdistu alueelle, jolla on ihmisiä. Ohjelmistolla tehtävää katkaisua voidaan käyttää vain, jos ohjelmisto täyttää asianmukaiset turvallisuusstandardit.
Käyttäjien täytyy sijoittua niin, että he pystyvät valvomaan kaikkia säteen reittejä ja pysäyttämään laserin tarvittaessa.
Ulkotiloissa on otettava huomioon lentoliikenteen turvallisuus. Kansallisia vaatimuksia voi olla olemassa.

## D.2.4 Seuranta ja tarkistaminen

Henkilöstön on valvottava lasersäteen reittiä jatkuvasti säädön ja esityksen aikana ja oltava valmiina korjaamaan tilanne ajoissa, jos tarve vaatii. Jos laser on asennettu pysyvästi, arviointia on syytä tarkistaa säännöllisin väliajoin, ja todennäköisesti esitystä edeltävä tarkistusluettelo olisi syytä olla käytössä.

## D.2.5 Päätelmät

Laseresityksen suunnittelu niin, etteivät työntekijät varmasti altistu lasersäteelle, ei edellytä yksityiskohtaisia eikä tavallisesti monimutkaisia eikä aikaa vieviä raja-arvoihin vertaamiseen perustuvia arviointeja. Käyttäjien koulutuksella ja välittömällä riskienhallintatoimenpiteillä tulisi varmistaa, etteivät työntekijöiden altistumista koskevat raja-arvot ylity.

## D.3 Optista säteilyä hyödyntävät lääkinälliset laitteet

Keinotekoisien optisten säteilyn lähteitä käytetään lääketieteessä monessa eri tarkoituksessa. Jotkin lähteet, esimerkiksi aluevalaistuksessa, näyttölaitteissa (katso kuva), merkivaloissa, valokuvauksessa, laboratorio-analyysissä ja ajoneuvojen valoissa käytetyt lähteet, ovat hyvin tavallisia muissakin ympäristöissä, ja niistä keskustellaan toisaalla tässä oppaassa. Jos lähteitä ei ole muutettu eikä niitä käytetä merkittävästi eri tavalla, niistä peräisin olevalla säteilyllä altistuminen ei eroa merkittävästi altistumisesta yleisemmässä ympäristössä.



Radiografiassa käytettäviä näyttöjä

On kuitenkin useita erikoislähteitä, jotka on kehitetty nimenomaan lääkinällisiä laitteita varten. Tällaisia ovat esimerkiksi seuraavat:

Työvalaistus	Hoitavat laitteet
Leikkaussalin valot	UV-valohoitolaitteet
Synnytyssalin valot	Sinivalolaitteet
Kohdevalot	Fotodynaaminen laite
Röntgenkuvien katseluun tarkoitettut valotaulut	Fysioterapian laserlaitteet
Diagnostiikkavalaisimet	Kirurgian laserlaitteet
Sikiön läpivalaisulaitteet	Oftalmologian laserlaitteet
Silmäntähystimet ja oftalmologian laitteet	Valoimpulssilaitteet
Diagnostiikkalaitteet, kuten verkkokalvoskannerit	Erikoistestauslaitteet
Fluoresenssilamput (Woods-lamput)	Auringonvalosimulaattorit

### D.3.1 Työvalaistus

Työvalaisimista kaikkein voimakkaimpia ovat yleensä leikkaussalin valot. Taulukossa D.3.1 on esimerkkiarviointeja useista leikkaussalin valoista. Taulukosta voidaan nähdä, että yksi arvioituista valaisimista voi aiheuttaa sinivaloriskin kohtisuoraan lähteeseen katsottuna.



Esimerkkejä leikkaussalin valoista

#### Taulukko D.3.1. Arviointi leikkaussalinvaloista kohtisuoraan lähteeseen katsottaessa (\*)

Lähde	Aktiivinen UV-riski	UVA-riski	Sinivaloriski	Muun optisen säteilyn riskit
Hanalux 3210	Ei	Ei	Voi ylittyä katsottaessa kohtisuoraan ~30 minuuttia	Ei
Hanalux Oslo	Ei	Alle altistumisen raja-arvon 8 tunnin altistumisen aikana	Voi ylittyä katsottaessa kohtisuoraan ~30 minuuttia	Ei
Hanalux 3004	Ei	Ei	< 20% altistumisen raja-arvosta	Ei
Martin ML702HX	Ei	Ei	< 20% altistumisen raja-arvosta	Ei
Martin ML502HX	Ei	Ei	< 20% altistumisen raja-arvosta	Ei
Martin ML 1001	Ei	Ei	< 20% altistumisen raja-arvosta	Ei
(*) Arviointitietoihin liittyvät oikeudet: Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, Lontoo.				



On syytä huomata, että lamppuja käytetään tuottamaan valoa ylhäältäpäin, joten on epätodennäköistä, että kukaan katsoisi suoraan lähteeseen lähietäisyydeltä. Lisäksi valot ovat kirkkaat, joten olisi epämukavaa katsoa niihin suoraan pidempiaikaisesti. Käytännössä altistuminen on siis paljon vähäisempää kuin taulukossa D.3.1 on arvioitu, ja on epätodennäköistä, että siitä aiheutuisi vaaraa.

Muita lääketieteen alalla käytettyjä työvalaisimia ovat tutkimuksen aikana käytetyt paikallista valaistusta tuottavat kohdevalot ja synnytyssalin valot. Kummankin tyyppisille valoille altistumiseen liittyy samoja kysymyksiä kuin leikkaussalivaloihin. Molemmat ovat suunnattavia lähteitä, joita käytetään tuottamaan paikallista valaistusta, ja on epätodennäköistä, että kukaan tuijottaisi lähteeseen merkittäviä aikoja. Yleensä sekä kohdevalojen että synnytyssalin valojen teho on pienempi kuin leikkaussalin valojen, joten tämän perusteella niiden ei yleensä oleteta aiheuttavan vaaraa.



Esimerkkejä synnytyssalin valoista

Valaistuja suurennuslaseja käytetään laajalti lääketieteessä, ja niiden tarkoituksena on pääasiassa tuottaa paikallista valoa yhdessä suurentavan linssin kanssa. Katso alla oleva kuva.



Esimerkki valaistusta suurennuslasista (Luxo Wave Plus)

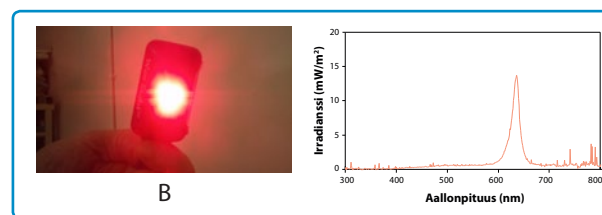
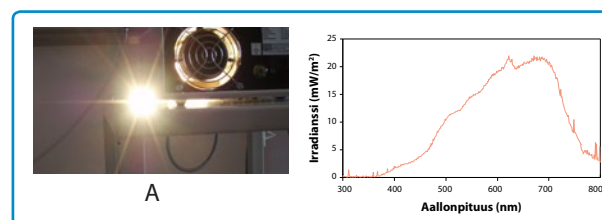
Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust -säätiön lääketieteellisen fysiikan osaston (Medical Physics Department) tekemän arvioinnin mukaan Luxo Wave Plus -suurennuslasi tuotti ultraviolettisäteilyn ja näkyvän säteilyn aallonpituuksia. Jatkuva altistuminen lähietäisyydellä ei

kuitenkaan ylitä aktiiviselle UV-säteilylle altistumisen raja-arvoa. Vaikka sinivalosäteily oli merkittävää, se ei ollut yli yhtä prosenttia kyseisestä altistumisen raja-arvosta. UVA-säteilyn tai lämpövaurion merkittävää riskiä ei ollut. On todennäköistä, että muissa vastaavissa laitteissa riskit ovat yhtä lailla pienet.

Röntgenkuvien valotauluista lähtee suhteellisen vähätehoista hajanaista valoa. Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust -säätiön lääketieteellisen fysiikan osaston toteuttaman arvioinnin mukaan suora katselu lähteeseen lähietäisyydeltä, mikä on todennäköistä tämän tyyppisen lähteen käyttötarkoituksen perusteella, altistaisi sinivalolle, jonka määrä on alle viisi prosenttia altistumisen raja-arvosta. Aktiivisen UV-säteilyn, UVA-säteilyn tai lämpövaurion riskiä ei ole.

### D.3.2 Diagnostiikkalamput

Sikiön läpivalaisulaitteita käytetään yleisesti äitiyspoli-klinikoilla ja niitä voidaan käyttää sisäisten rakenteiden kuvantamiseen diagnosoinnin apuna tai verisuonten etsimiseen. Lähteet tuottavat näin ollen valoa pienellä alalla, mutta tehon täytyy riittää kudosten läpäisemiseen ja niiden toisella puolella näkymiseen.



Kuvia sikiön läpivalaisulaitteista ja mittausten tulosspektrit (A) Neonate 100, (B) Wee Sight™

Neonate 100 -läpivalaisulaitteen tulosspektristä näkyy, että säteilyä on runsaasti koko näkyvän säteilyn alueella ja jonkin verran sekä UVA-säteilyn että IRA-säteilyn alueilla. Arvioinnin mukaan altistuminen edes lähietäisyydeltä UV-säteilylle ei aiheuta vaaraa (taulukko D.3.2). Sinivalosäteily on kuitenkin huomattavaa, ja se voisi aiheuttaa vaaraa, jos altistuminen kestää yli 10 minuuttia. Kuten yllä olevasta valokuvasta näkyy,

lähde on äärimmäisen kirkas, ja normaalien suoja-reaktioiden voidaan odottaa rajoittavan yksittäisen altistumiskerran 0,25 sekuntiin. Altistumisia kertyisi useita työpäivän aikana, mutta laitteen kokonaiskäyttö on niin pientä, että jopa pessimististen olettamien perusteella kertyvien altistumisten odotetaan olevan alle viisi prosenttia altistumisen raja-arvosta. Kun säteily on voimakasta koko näkyvän säteilyn alueella

ja lähi-infrapuna-alueella, on myös verkkokalvon lämpöaurion riskiä arvioitava. Suojareaktio vähentää kuitenkin riskiä, eikä altistumisen raja-arvo ylitä kahta prosenttia edes tuijotettaessa lähteeseen pidempiaikaisesti, mikä olisi lisäksi äärimmäisen epämukavaa. Wee Sight™ -läpivalaisulaitteen säteily on suhteellisen kapeaa, mikä on tyypillistä LED-lähteille, eikä siitä aiheudu optista riskiä, kuten on odotettavissa.

### Taulukko D.3.2. Sikiön läpivalaisulaitteiden arviointi (\*)

Lähde	Aktiininen UV-riski	UVA-riski	Sinivaloriski	Lämpöaurion riski
Neonate 100	Ei	Ei	< 5 % altistumisen raja-arvosta	~2 % altistumisen raja-arvosta
Wee Sight™	Ei	Ei	Ei	Ei

(\*) Mittaustuloksiin liittyvät oikeudet: Radiation Protection Department, Royal Berkshire NHS Foundation Trust, Reading.

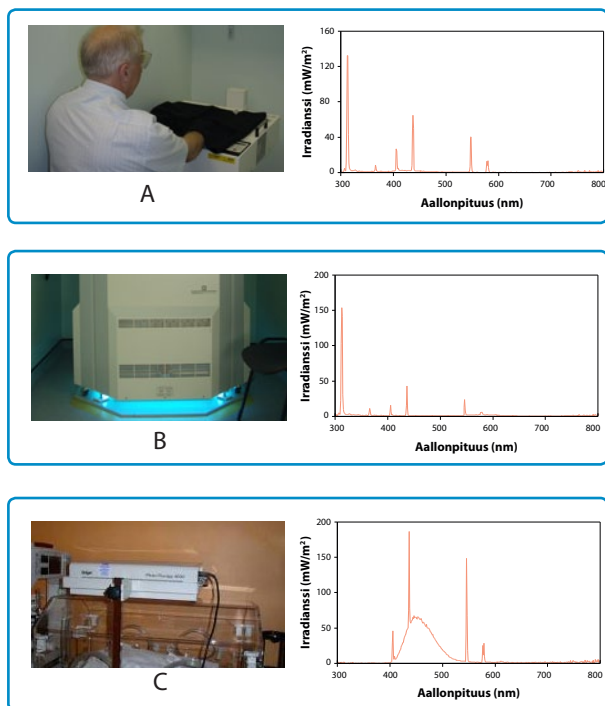
Silmäntähystimiin ja muihin oftalmologian laitteisiin sisältyy lamppu, mutta ne on tarkoitettu käytettäväksi silmien tutkimisessa, joten niiden aiheuttaman riskin on oltava mahdollisimman pieni. Lisäksi ne suunnataan tarkasti, joten on hyvin epätodennäköistä, että tahaton altistuminen niille työssä olisi merkittävää. Vastaavasti uudet oftalmologian diagnostiikkalaitteet, kuten verkkokalvoskannerit, voivat sisältää laserlähteitä, mutta ne on arvioitu tarkoituksellisen altistumisen varalta, ja ne ovat yleensä luokan 1 laserlaitteita. Henkilöstölle haittaa aiheuttavan altistumisen riski on siis erittäin pieni.

Fluoresenssilamppuja (Woods-lamppuja) voidaan käyttää diagnosoinnissa. Ne ovat pääasiassa elohopealamppuja, joissa on lasinen Woods-suodatin, joka estää sekä lyhyen aallonpituuden UV-säteilyn että näkyvän säteilyn. Näin ollen niiden odotetaan aiheuttavan UVA-riskin sekä

suodattimen tehokkuuden mukaan mahdollisesti myös aktiivisen UV-säteilyn riskin. Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust -säätien lääketieteellisen fysiikan osaston tekemän arvioinnin perusteella suora yli 50 minuuttia kestävä altistuminen fluoresenssilampulle aiheuttaisi UVA-säteilylle altistumisen raja-arvon ylittymisen. Saman arvioinnin mukaan altistumisen tulisi kestää yli 7,5 tuntia, jotta aktiiviselle UV-säteilylle altistumisen raja-arvo ylittyisi. Muun optisen säteilyn riskit olivat merkityksettömiä. Fluoresenssilamppuja käytetään tutkimuksissa. Käyttäjille annettavan koulutuksen ja suojausvälineiden käytön avulla vähennetään sekä suoraa altistumista lähteelle että sirotuneelle UVA-säteilylle. Koska aktiiviselle UV-säteilylle altistumisen raja-arvo ylittyisi vasta pitkäaikaisessa altistumisessa suoralle säteilylle, on epätodennäköistä, että sirotunut aktiivinen UV-säteily aiheuttaisi merkittävää vaaraa.

### D.3.3 Hoidossa käytetyt lähteet

Valohoidossa käytettäviä lähteitä on paljon. Etenkin UV-valohoitoa käytetään ihosairauksien hoitoon ja sini-valohoitoa käytetään yleisesti vastasyntyneiden koholla olevan bilirubiinipitoisuuden laskemiseen. Bilirubiinipitoisuus on koholla jopa 60 prosentilla vastasyntyneistä.



Kuvia valohoitolaiteista ja mitatut tulosspektrit: (A) Waldmann UV 7001 UVB, (B) Waldmann UV 181 BL, (C) Dräger PhotoTherapy 4000

#### Taulukko D.3.3. Valohoitolaiteiden arviointi

Lähde	Aktiinisen UV-säteilyn riski	UVA-säteilyn riski	Sinivaloriski	Muun optisen säteilyn riski
Waldmann UV 7001 UVB (*)	Voi ylittyä ~5 tunnissa	Alle altistumisen raja-arvon	Alle altistumisen raja-arvon	Ei
Waldmann TL01 UV5000 (†)	Voi ylittyä ~7,5 tunnissa	Alle altistumisen raja-arvon	Ei	Ei
Waldmann UV6 UV5001BL (†)	Voi ylittyä ~4 tunnissa	Alle altistumisen raja-arvon	Ei	Ei
Waldmann UV 181 BL (*)	Alle altistumisen raja-arvon	Alle altistumisen raja-arvon	Alle altistumisen raja-arvon	Ei
Waldmann UV 7001 UVA (†)	Ei	Voi ylittyä ~5 tunnissa	Alle altistumisen raja-arvon	Ei
Sellamed UVA1 24000 (†)	Ei	Voi ylittyä ~45 minuutissa	Alle altistumisen raja-arvon	Ei
Draeger 4000 (*) (†)	Ei	Alle altistumisen raja-arvon	Alle altistumisen raja-arvon	Ei

(\*) Mittaustuloksia koskevat oikeudet: Radiation Protection Department, Royal Berkshire NHS Foundation Trust, Reading.  
 (†) Arviointitietoja koskevat oikeudet: Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, Lontoo.

Edellä esitetty tulosspektri osoittaa, että UV-valohoitolaitteet (esimerkit A ja B) tuottavat yleensä voimakkaampaa säteilyä spektrin UV-alueella ja saattavat tuottaa lisäksi näkyvää säteilyä etenkin spektrin sinisestä päästä. Kuten odotettua, riskien arvioinnin mukaan (taulukko D.3.3) näiden laitteiden pääasialliset riskit liittyvät joko aktiiviseen UV-säteilyyn tai UVA-säteilyyn. Esimerkistä C käy ilmi sinivalohoitolaitteen spektri, ja kuten odotettua, säteily on voimakasta näkyvän säteilyn spektrialueen sinisellä osalla ja vain vähäistä tai sitä ei ole lainkaan ultraviolettia tai lähi-infrapuna-alueilla.

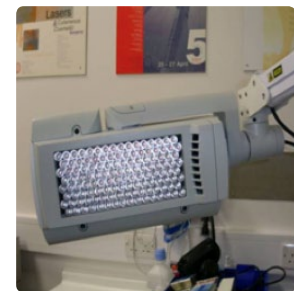
Yleisimmin käytössä olevat UV-valohoitokaapit estävät altistumisen suoralle säteilylle laitteen ollessa käynnissä. Vuotoja voi kuitenkin tapahtua (katso edellä oleva esimerkki A), mikä voi aiheuttaa huolta henkilöstölle. Kaapin yläosa on usein avoin, koska ilman on päästävää vaihtumaan, ja näin vähennetään myös suljetun tilan aiheuttamaa ahtaan paikan kammaa. Tällöin UV-säteilyä voi sirotta merkittävästi katosta. Yleensä riski on melko pieni, sillä henkilöstö ei todennäköisesti seisoskele kaapin lähellä koko käytön ajan. Kumulaatiivisesta UV-säteilyllä altistumisesta aiheutuvien pitkäaikaisvaikutusten riski on kuitenkin olemassa, ja tätä voidaan vähentää käyttämällä yksinkertaisia teknisiä ratkaisuja, kuten erillisiä hoitohuoneita, verhoja kaapin ympärillä ja etävalvontapisteistä tapahtuvaa kauko-ohjausta. Edellä olevassa esimerkissä A verhon käyttäminen kaapin ympärillä lisäsi aikaa, jonka jälkeen aktiiviselle UV-säteilylle altistumisen raja-arvo ylittyi, viidestä tunnista lähes 13 tuntiin. Jotkin muut valohoitolaitteet, kuten esimerkissä B kyseessä oleva käsien ja jalkojen hoitolaite, edellyttävät merkittävää prosessinhallintaa henkilöstön altistumisen minimoimiseksi. Kyseessä olevassa tapauksessa henkilöstö pani mustia pyyhkeitä laitteen päälle käytön ajaksi vähentääkseen ympäristöön pääsevää UV-hajasäteilyä. Tämän riskienhallintatoimenpiteen sijasta yksikkö voitaisiin sijoittaa yksinkertaisesti verhoiltuun kaappiin. Sairaalahenkilökunta voi joutua olemaan tilapäisesti laitteen lähellä laadunvarmistustarkastusta suorittaessaan. Henkilökunta saattaa joutua käyttämään UV-säteilyltä suojaavaa kasvosuojainta, asianmukaisia käsineitä ja suojavaatteita osana riskienhallintatoimenpiteitä. Jos prosessinhallintatoimenpiteet ovat merkittävällä sijalla, on asia dokumentoitava selkeästi.

Sinivalohoitoyksiköt sijoitetaan vastasyntyneiden sänkyjen päälle yleensä noin 0,3 metrin korkeudelle sängystä. Yleensä tämä estää henkilökuntaa katso-  
masta suoraan lähteeseen, ja joka tapauksessa henkilö-  
kunta seuraa vauvoja säännöllisesti kymmenen  
minuuttia kerran tunnissa, niin että altistuminen rajoittuu  
muutoinkin. Vaikka joissakin yksiköissä voidaan työsken-  
nellä 12 tunnin vuoroissa, altistuminen jäisi tuolloinkin  
alle yhteen prosenttiin altistumisen raja-arvosta.

Fotodynaamisessa hoidossa käytetään optista säteilyä  
tuottamaan fotokemiallisia reaktioita ja usein ennen  
hoitoa käytetään kemiallista valoherkistäjää. Yleensä  
UV-säteilyn aallonpituudet ovat hyvin tehokkaita akti-  
voimaan valoherkistäjiä, mutta niitä ei käytetä yleisesti,  
sillä ne läpäisevät kudoksia heikosti. Odotettavaa on, että  
altistuminen vaikuttaa paljon vähemmän henkilöstöön,  
joka ei ole saanut valoherkistäjää, mutta asianmukaiset  
riskienhallintatoimenpiteet on oltava käytössä asian  
varmistamiseksi.

A

B



Kuvia fotodynaamisista laitteista: (A) UV-X, (B) Aktilite CL128

### Taulukko D.3.4. Fotodynaamisten laitteiden arviointi (\*)

Lähde	Aktiivisen UV-säteilyn riski	UVA-säteilyn riski	Sinivaloriski	Lämpövaurion riski
UV-X	Alle altistumisen raja-arvon	Alle altistumisen raja-arvon	Ei	Ei
Aktilite CL128 -lamppu	Ei	Ei	< 3 % altistumisen raja-arvosta	Ei

(\*) Arviointitietoja koskevat oikeudet: Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, Lontoo.

Taulukossa D.3.4 esitetyt arvioinnit osoittavat odotetulla tavalla, että fotodynaamisista laitteista aiheutuu vain vähän riskiä, kun valoherkistäjää ei ole käytetty.

Luokan 3B laserlaitteita voidaan käyttää fysioterapiassa antamaan energiaa suoraan vaurioituneille kudoksille. Tällaisista lasereista aiheutuu vaaraa silmälle (tavallisesti verkkokalvon lämpövaurion riski), mutta ne ovat yleensä

erittäin hajanaisia ja näin ollen vaarallisia ainoastaan suhteellisen pieneltä etäisyydeltä. Riskiä hallitaan tavallisesti prosessiin liittyvin keinoin (verhoillut kaapit, varoituskyltit ja henkilöstön koulutus) ja käyttämällä lasersäteeltä suojaavia suojalaseja.

Lasereita käytetään kirurgiassa laajalti erilaisissa prosesseissa, ja tavallisesti ne ovat luokan 4 lasereita, joista voi olla merkittävää vaaraa silmille ja iholle. Riskejä hallitaan jälleen yleensä prosessiin liittyvin riskienhallintakeinoin ja käyttämällä henkilösuojaimia. Joissakin tapauksissa säde voidaan johtaa kehoon endoskoopin kautta ohjatulla kuidulla. Tällöin riski on huomattavasti pienempi edellyttäen, ettei kuitu katkea. Lasereita käytetään laajalti myös silmätautien hoidossa, ja ne ovat yleensä joko luokan 3B tai luokan 4 lasereita. Muussa lääketieteellisessä tarkoituksessa käytetyistä laserlaitteista silmille ja mahdollisesti myös iholle aiheutuvia riskejä hallitaan prosessiin liittyvin riskienhallintatoimenpitein ja henkilösuojaimin.

Koska heijasteita saattaa palautua endoskoopin katselukuituun, niissä olisi oltava asianmukaiset suodattimet tai endoskooppia olisi katsottava kameran välityksellä.

Valoimpulssilaitteita käytetään laajalti ihon hoidossa. Laitteet perustuvat tavallisesti ksenonsalamavaloon, josta on poistettu suodattamalla lyhyet aallonpituudet UV-säteilyn spektrialueella. Suuritehoisten impulssien vuoksi laitteet voivat aiheuttaa lämpövaurion riskin silmille ja iholle. Riskiä hallitaan tavallisesti käyttämällä sekä prosessiin liittyviä hallintatoimenpiteitä, jotta henkilöstö ei altistuisi suoralle säteilylle, että henkilösuojaimia. Suodattimen laadusta riippuen tällaiset laitteet saattavat aiheuttaa myös sinivaloriskin.

### D.3.4 Erikoisalan testauslaitteet



Auringonvalo-simulaattori

Joillakin lääketieteen aloilla saataan käyttää erilaisia erikoislaitteita diagnosoiminn ja tutkimuksen apuna. Yleensä nämä on todennäköisesti arvioitava tapauskohtaisesti. Alla olevassa taulukossa D.3.5 annettu esimerkki osoittaa, että laajakaistalähteissä, kuten auringonvalosimulaattoreissa, voi olla välttämätöntä suorittaa arviointi useiden mahdollisten optisen säteilyn riskien varalta.

Taulukko D.3.5. Auringonvalosimulaattorin arviointi (\*)

Lähde	Aktiivisen UV-säteilyn riski	UVA-säteilyn riski	Sinivaloriski	Muun optisen säteilyn riski
Oriel 81292 Solar Simulator: suora altistuminen	Voi ylittyä ~6 minuutissa	Voi ylittyä ~3 minuutissa	Alle altistumisen raja-arvon	Ei
Oriel 81292 Solar Simulator: heijastuminen kehosta	Alle altistumisen raja-arvon	Alle altistumisen raja-arvon	Alle altistumisen raja-arvon	Ei

(\*) Arviointitietoja koskevat oikeudet: Medical Physics Department, Guy's & Thomas' NHS Foundation Trust, Lontoo.

Yleensä sairaanhoidossa käytetyn työ- ja diagnostiikkavalaistuksen ei odoteta aiheuttavan merkittävää riskiä normaalissa käytössä.

Hoitolaitteet voivat olla vaarallisia joissakin olosuhteissa. Monissa laitteissa on mahdollisuus altistua ultraviolettisäteilyn ja sinivaloriskin aallonpituuksille, kun altistuminen on kumulatiivista työpäivän aikana, jolloin tähän saattaa liittyä pitkäaikaisten haitallisten terveysvaikutusten riski. Altistumista arvioitaessa onkin tärkeää arvioida realistisia altistumisskenaarioita ja yhdistää tähän työtapojen tarkastelu kokonaisaltistumisen arvioimiseksi. Jos merkittäviä riskejä havaitaan, riskit olisi hallittava rajoittamalla säteilylle altistumista, aina kun se on mahdollista. Jos prosessiin liittyvien riskienhallintatoimenpiteiden käyttö on välttämätöntä, niiden on oltava asianmukaisia ja ne on merkittävä muistiin.

## D.4 Ajaminen työssä

Ihmiset voivat altistua työssä autoista peräisin olevalle optiselle säteilylle

- ajaessaan
- työskennellessään teiden varsilla esimerkiksi liikennepoliisina tai tietyöntekijänä
- huoltaessaan ja korjatessaan autoja korjaamoilla.

➤ Kuten jäljempänä osoitetaan, kahdessa ensimmäisessä esimerkissä on kyse merkityksettömästä altistumisesta, eli näkyvyyttä ja liikenneturvallisuutta ei tarvitse vaarantaa altistumisen vähentämiseksi. Mahdollista altistumista raja-arvot ylittävälle optiselle säteilylle auton huollon ja korjauksen aikana voidaan hallita asianmukaisin työmenetelmin ja paikallisin säännöin.

Optiselle säteilylle altistumisen taso selvitettiin seuraavien neljän auton osalta:



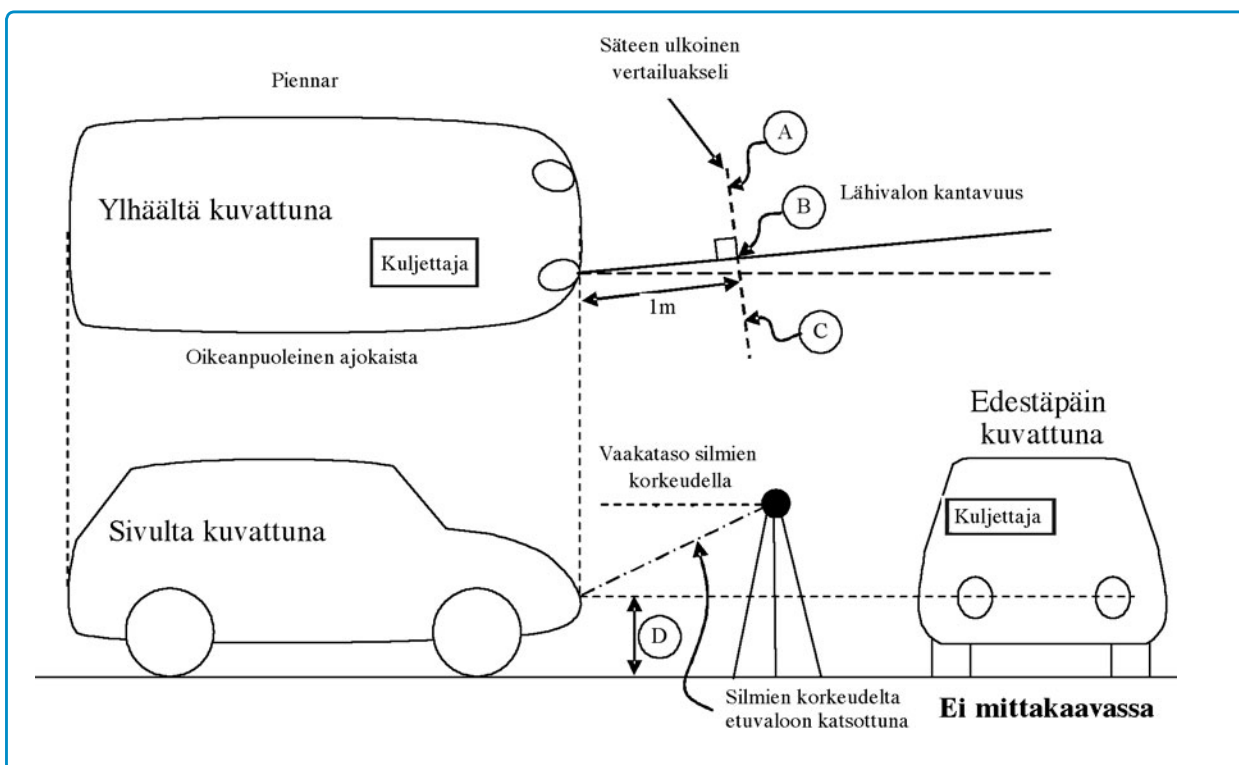
- tehokas Mazda RX8, jossa on ksenonetuvalot
- keskiluokan perheauto Mercedes A180
- pienen kokoluokan Fiat 500
- pienoisbussi LDV.

Arvioinnin olosuhteiksi valittiin pahin ennakoitavissa oleva työssä altistumisen tilanne. Katso taulukko D.4.6 ja kaavio D.4.1.

### Taulukko D.4.6. Autonvalojen arvioinnin olosuhteet

	Asema suhteessa lamppuun		Etäisyys	Tilanne, jossa ihmiset saattavat altistua
Etuvalot: lähivalot ja kaukovalot	Lampun korkeudella suoraan säteeseen katsottuna		0,5 m, 1 m, 2 m ja 3 m	Huolto ja korjaus: auto korotetulla alustalla Ajo
	Silmien korkeudella	Katsotaan lamppuun	1 m	Huolto ja korjaus: auto lattian tasalla Tietyöntekijät, liikennepoliisi
Katsotaan vaakasuoraan				
Merkki-, jarru-, peruutus- ja sumuvalot	Lampun korkeudella suoraan säteeseen katsottuna		0,5 m	Ajo Huolto ja korjaus Tietyöntekijät, liikennepoliisi

**Kaavio D.4.1. Diagrammi auton valojen mittauksista**



Optisen säteilyn riskin arvioinnissa ja vertaamisessa altistumisen raja-arvoihin käytettiin spektrisen irradianssin mittaustuksia ja autonvalojen erityisiä säätöjä.

**Taulukko D.4.7. Tiivistelmä autonvaloista aiheutuvista optisen säteilyn riskeistä**

Riski	RX8	A180	F500	LDV
Aktiivisen UV-säteilyn riski	Ei	Ei	Ei	Ei
UVA-säteilyn riski	Ei	Ei	Ei	Ei
Sinivaloriski	Voi ylittyä. Katso tarkemmat tiedot taulukosta D.4.8.	Voi ylittyä. Katso tarkemmat tiedot taulukosta D.4.8.	Voi ylittyä. Katso tarkemmat tiedot taulukosta D.4.8.	Voi ylittyä. Katso tarkemmat tiedot taulukosta D.4.8.
Verkkokalvon lämpövaurio	< 30 % altistumisen raja-arvosta	< 10 % altistumisen raja-arvosta	< 3 % altistumisen raja-arvosta	< 2 % altistumisen raja-arvosta

**Taulukko D.4.8. Autonvaloista aiheutuva sinivaloriski**

Sinivalolle altistumista koskevan raja-arvon ylittymiseen vaadittu aika	RX8	A180	F500	LDV
Lampun korkeudella suoraan säteeseen katsottaessa	~3 minuuttia	~5 minuuttia	~30 minuuttia	~1 tunti
Silmien korkeudella säteeseen katsottaessa	~2 tuntia	~8 tuntia	> 8 tuntia	> 8 tuntia
Silmien korkeudella vaakasuoraan katsottaessa	> 8 tuntia	> 8 tuntia	> 8 tuntia	> 8 tuntia

Taulukko D.4.9. Mercedes A180:n valoista aiheutuva sinivaloriski

Autonvalot	Sinivalolle altistumista koskevien raja-arvojen ylittymiseen vaadittu aika		Ylialtistumisen riski
Etuvalo, lampun korkeudella 1 metrin etäisyydellä suoraan säteeseen katsottaessa – asema B kaaviossa D.4.1	lähivalot	~45 minuuttia	Epätodennäköistä. Suoraan säteeseen katsomiselta pitäisi välttyä kirkkaan valon laukaisevan suojareaktion ansiosta. Tarpeeton altistuminen olisi minimoitava työmenetelmien avulla.
	kaukovalot	~15 minuuttia	
Etuvalo, lampun korkeudella 1 metrin etäisyydellä suoraan säteeseen katsottaessa – asemat A ja C = 0,5 m kaaviossa D.4.1	lähivalot	> 8 tuntia	Ei
	kaukovalot	> 8 tuntia	
Etuvalo, silmien korkeudella 1 metrin etäisyydellä lamppuun katsottaessa	lähivalot	> 8 tuntia	Ei
	kaukovalot	> 8 tuntia	
Etuvalo, silmien korkeudella 1 metrin etäisyydellä vaakasuoraan katsottaessa	lähivalot	> 8 tuntia	Ei
	kaukovalot	> 8 tuntia	
Sumuvalo	> 8 tuntia		Ei
Jarruvalo	> 8 tuntia		Ei
Merkinantovalot	> 8 tuntia		Ei
Peruutusvalo	> 8 tuntia		Ei

Etulampun korkeudella suoraan säteeseen katsominen voi aiheuttaa sinivaloriskin ja ylialtistumisen vaaran. Ylialtistuminen on kuitenkin epätodennäköistä, koska

- hyvin kirkkaan valon laukaiseman suojareaktion pitäisi estää pidempiaikainen säteeseen katsominen
- riskitaso laskee nopeasti siirryttäessä pois säteen keskustasta
- riskitaso laskee merkittävästi silmien korkeudella.

Autonvalojen ei odoteta aiheuttavan optiselle säteilylle ylialtistumisen riskiä tienkäyttäjille kuljettajat, liikennepoliisi ja tietyöntekijät mukaan lukien. Tietyistä toiminnoista, joissa pidempiaikainen suora katselu etuvaloihin lampun korkeudella on välttämätöntä, voi aiheutua pieni sinivaloriski.

#### Tärkeää

Autonvalojen ei odoteta aiheuttavan UV-säteilyn riskiä, kun lampun etulasi on ehjä tai kun suodattimet ovat ehjät. Autonvalojen kanssa työskentely etulasin ollessa pois tai rikki voi kuitenkin lisätä UV-säteilylle altistumisen riskiä. Altistumista autonvaloille etulasin tai suodattimien ollessa rikki on vältettävä erilaisin työmenetelmin.

Etuvalojen tai niiden ominaisuuksien säätö voi muuttaa riskien tasoa.

Vaikka ylialtistumisen riski autonvalojen säteeseen suoraan katsottaessa on alhainen, tarpeeton altistuminen olisi minimoitava erilaisin työmenetelmin.



## D.5 Sotilaalliset välineet

Keinotekoisien optisten säteilyn lähteitä käytetään laajalti sotilaallisissa välineissä. Taisteluoperaatioissa komentajat voivat joutua tekemään päätöksiä eri asiainkulkujen hyödyistä ja haitoista sekä punnitsemaan vaakakupissaan todellisen vaurion pientä riskiä altistumisen raja-arvojen ylityksessä sekä muiden vaarojen aiheuttamaa vakavaa loukkaantumisen tai jopa kuoleman riskiä. Näin ollen tämä osio koskee ainoastaan muualla kuin taisteluissa, esimerkiksi koulutuksessa, sovellettavia ohjeita.

Keinotekoisista optista säteilyä voidaan hyödyntää muun muassa seuraavissa sotilaallisissa välineissä:

Etsintävalot	
Sotilaslentokenttien valaistus	
Infrapunaviestintäjärjestelmät	
Infrapunatähtäimet	
Maalinosoitulasarit	
Asesimulaattorijärjestelmät	
Infrapunavastatoimet	
Magnesiumvaloammukset	
Räjähdyksistä lähtevä optinen säteily	

Suurimmassa osassa näitä laitteita optinen säteily tapahtuu väistämättä avoimessa ympäristössä, tavallisesti ulkona. Ensijaisena riskienhallintatoimenpiteenä pidetty optisen säteilyn rajaaminen suljettuun tilaan ei siis todennäköisesti sovi tähän. Koulutuksella on suuri painoarvo: sotilashenkilöstö on koulutettu noudattamaan ohjeita ja käskyjä.

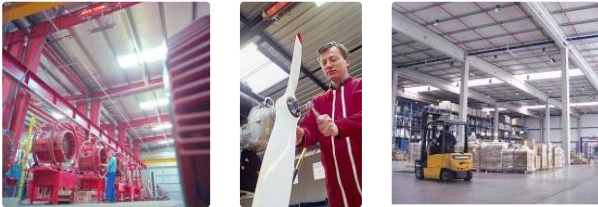
Toteutettaessa riskien arviointia direktiivin 4 artiklan mukaisesti huomioon on otettava sotilastehtävissä ja muissa tehtävissä työskentelevät työntekijät. Aina ei ehkä ole mahdollista varmistaa, että mahdollinen altistuminen jää altistumisen raja-arvojen alle. Tämän vuoksi alalla käytetään riskien todennäköisyysarviointia, jota voidaan käyttää 4 artiklassa vaaditun "todennäköisen" altistumisen laskemiseen. Riskien todennäköisyysarvioinnin yhteydessä voidaan hyväksyä monia arvoja. Tapahtumaa, jossa todennäköisyys on  $10^{-8}$ , pidetään kuitenkin hyväksyttävänä myös sellaisissa haitallisissa vaikutuksissa, joilla olisi toteutuessaan katastrofaaliset seuraukset.

Tapahtumaa, jonka todennäköisyys on alle  $10^{-8}$ , ei pidetä todennäköisenä.

Riskien todennäköisyysarviointi on monimutkaista, ja se edellyttää erikoisosaamista. Armeija hyötyy tästä kuitenkin siinä, että näin keinotekoisista optista säteilyä voidaan käyttää tilanteissa, joissa sitä ei ehkä pidettäisi hyväksyttävänä epätarkempia arviointeja tehtäessä.

## D.6 Kaasukäyttöiset säteilylämmittimet

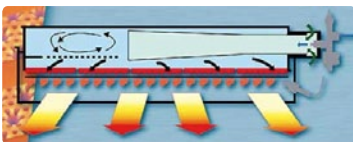
Tätä arviointia koskevat oikeudet kuuluvat eurooppalaiselle ELVHIS-yhdistykselle.



Ihmiset voivat altistua kaasukäyttöisistä säteilylämmittimistä peräisin olevalle optiselle säteilylle. Tällaisilla lämmittimillä lämmitetään monenlaisia tiloja, esimerkiksi

- teollisuusrakennuksia
- julkisia rakennuksia
- logistiikkarakennuksia
- paloasemia
- näyttelyhalleja
- urheiluhalleja
- ravintoloiden ja baarien terasseja ja monia muita vastaavia.

Valmistajan tuotetietojen mukaan tällaiset lämmittimet on asennettava työntekijöiden yläpuolelle tietyllä vähimmäiskorkeudelle niin, etteivät ne ole suoraan näkölinjassa.



Kaasukäyttöinen säteilylämmitin (hehkuva)

Kaasukäyttöisten hehkuvien säteilylämmittimien pintalämpötila on 700–1 000 °C, mikä vastaa aallonpituutta  $\lambda_{\max}$  2 275–2 980 nm Wienin siirtymälakia käyttäen:

$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{4,965 \cdot kT} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T} \text{ [m}^\circ\text{K]}$$

Kuten LVI-insinöörien ranskalainen järjestö AICVF suosittelee, säteily voidaan laskea seuraavasti:

$$E_{\text{IR}} [\text{W m}^{-2}] = 0,71 \times \alpha_k \times f_p \times \eta_r \times P_u / d^2$$

jossa

$\alpha_k$  – imeytymistä ihmiseen kuvaava muuttuja

$f_p$  – suuntamuuttuja

$\eta_r$  – säteilytehomuuttuja

$P_u$  – lämmittimen teho

$d$  – ihmisen ja lämmittimen välinen etäisyys

Suurimmat arvot (pahimman tilanteen skenaario SBM-valmistajalla):

$$\alpha_k = 0,97$$

$$f_p = 0,10$$

$$\eta_r = 0,65$$

$$P_u = 27\,000 \text{ W}$$

Pahin tilanne ihmisen ja lämmittimen välisellä etäisyydellä  $d$  ja lämmittimen teholla  $P$ , kun suurin kallistuskulma  $I$  on 35°, lasketaan seuraavasti:

$$d = h_i - 1, \text{ jossa } h_i = \left[ \left( \sqrt{\frac{P_u}{540}} - 0,5 \right) \times \cos I \right] + 2$$

jolloin  $d = 6,4 \text{ m}$

Pahin altistumisen tilanne on tässä tapauksessa

$$E_{\text{IR max}} = 29,1 \approx 30 \text{ W m}^{-2}$$

Altistumisen raja-arvot aallonpituusalueella 780–3 000 nm, kun altistumisen kesto  $t > 1\,000 \text{ s}$ :

$$E_{\text{IR}} = 100 \text{ W m}^{-2}$$

Kaasukäyttöisten hehkuvien säteilylämmittimien ei odoteta aiheuttavan optiselle säteilylle ylialtistumisen riskiä ja ne voidaan katsoa merkityksettömiksi lähteiksi. Tällaisille lämmittimille altistumisen pahimmassa ennakoitavissa olevassa tilanteessa sovellettavat raja-arvot alittuvat huomattavasti.

### Lisätietoja

AICVF: Association des Ingénieurs en Climatologie, Ventilation et Froid (LVI-insinöörien järjestö, Ranska)

ELVHIS: Association Européenne Principale des Fabricants de Panneaux Radiants Lumineux a Gaz (kaasukäyttöisten hehkuvien säteilylämmittimien valmistajien eurooppalainen järjestö)

AICVF:n suositus 01-2006 "CHAUFFAGE: déperditions de base", joka perustuu maaliskuussa 2004 annettuun standardiin EN 12831 – Rakennusten lämmitysjärjestelmät. Lämmitystarpeen laskenta

SBM International, osoite: 3 Cottages de la Norge – 21490 Clenay – France

## D.7 Laserkäsittelylaitteet

Lasereita käytetään monissa erilaisissa laitteissa, joita kutsutaan yleisesti laserkäsittelylaitteiksi. Esimerkkinä tarkastellaan metallin leikkauksessa käytettävää laseria, mutta periaatteet ovat samat laserhitsauksessa, -porauksessa ja -merkinnässä.

Oletuksen mukaan laserpulssin säteilyteho tai energia on niin suuri, että laser kuuluu luokan 4 järjestelmään. Näin ollen joko silmien tai ihon tahaton altistuminen lasersäteelle aiheuttaa todennäköisesti vakavan vamman.



Tuhansia tällaisia lasereita käytetään päivittäin eri puolilla Eurooppaa. Arviointi koskee vain lasersädettä. Muissa riskeissä voi olla suurempi loukkaantumisen tai kuoleman vaara.

### D.7.1 Riskien ja riskeille altistuvien henkilöiden määrittäminen

Laserkäsittelylaitteen elinkaarissa on useita vaiheita, joissa työntekijät voivat altistua lasersäteilylle:

Käyttöönotto
Normaali toiminta
Perushuolto
Määräaikaishuolto

Joistakin laserlaitteen elinkaaren vaiheista saattavat vastata toiselle työnantajalle, esimerkiksi tavarantoimittajalle tai huoltoyhtiölle, työskentelevät työntekijät. Näistä toiminoista aiheutuvat riskit on kuitenkin välttämätöntä määrittää paikan päällä työskentelevien työntekijöiden osalta.

Käytettyjen lasersäteiden luonteen vuoksi suora säde ylittää aina altistumisen raja-arvon lähietäisyydellä. Sirotunut säde on kuitenkin ehkä tarpeen arvioida.

Jos työstettävä kappale on hyvin suuri, kuten laivanrakennusteollisuudessa, silmävaurion turvaetäisyys voi olla pienempi kuin työstettävän kappaleen koko.

### D.7.2 Riskien arviointi ja priorisointi

Yksinkertaisinta on olettaa, että lasersäde ylittää aina altistumisen raja-arvon, joten säteelle altistumista on rajoitettava. Myös prosessi saattaa olla aiheellista ottaa huomioon prosessiin liittyvien muiden riskien vuoksi. Jotkin muut riskit voivat aiheuttaa työntekijöille suuremman vaaran kuin lasersäde.

Lasersäteen irradianssia tai energiatiheyttä arvioitaessa voidaan joutua määrittämään suojatoimenpiteet. Pahin tilanne on olettaa, että laserin kollimoitu säde osuu tarkastelun kohteena olevaan kohtaan.

### D.7.3 Ennalta ehkäisevistä toimista päättäminen

Ennalta ehkäisevistä toimista tehtävissä päätöksissä olisi otettava huomioon vaadittu suojelun taso ja työntekijöiltä tietyn työtehtävän suorittamiseen vaaditut seikat. Suojatoimenpiteet, jotka estävät työtehtävän suorittamisen, eivät toimi.

Lisäksi kannattaa huomata, ettei koko laserkäsittelylaitteen ympärille tarvitse välttämättä rakentaa suojusta. Suojusta saatetaan tarvita vain varsinaisen käsittelyosan ympärille.

Tavoitteena on, että kaikki työtehtävät – myös perus- ja määräaikaishuollot – voitaisiin suorittaa ilman henkilösuojaimia. Jos prosessin näkeminen on välttämätöntä, voidaan käyttää sopivia suodattavia tarkastusikkunoita tai esimerkiksi kameran välityksellä toimivia etävalvontalaitteita.

Suojatoimenpiteistä päätettäessä prosessin osana syntyvää optista säteilyä saattaa olla välttämätöntä arvioida. Säteily voi tapahtua jollain muulla optisen spektrin alueella kuin lasersäteiden alueella, ja se on todennäköisesti epäkoherenttia.

## D.8 Teollinen kuumakäsittely

Näiden arvioiden toteuttamisessa on avustanut M. Brose (Fachbereich Elektrotechnik, Referat Optische Strahlung, Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik, Saksa), jolle esitetään tästä suuret kiitokset.

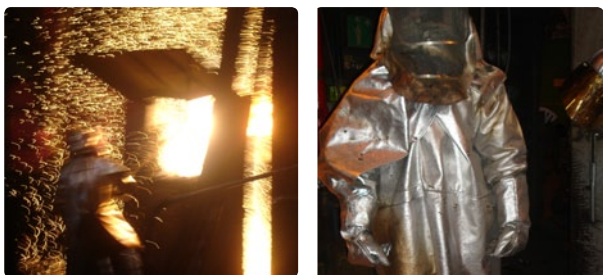
### D.8.1 Teräksen käsittely



(Saarstahl AG, Völklingen, Saksa)

Saarstahl AG on erikoistunut terässäikeiden, terästankojen ja eriasteisten puolivalmiiden tuotteiden tuotantoon. Völklingenin tuotantotiloissa on teräksenvalmistusyksiköt, valssaamot ja takomot, joissa taataan harkkoja jopa 200 tonnia.

Optisen säteilyn turvallisuus on olennainen osa yrityksen työturvallisuuden hallintaa.



Vaikka optiselle säteilylle (pääasiassa infrapunasäteilylle) altistuminen erittäin vaarallisessa määrin on ominaista teräksen tuotannolle ja käsittelylle, toteutetuilla riskienhallintatoimenpiteillä vähennetään ihmisten altistumista vaaralliselle optiselle säteilylle ja taataan turvalliset työolot. Tällaisia toimenpiteitä ovat seuraavat:

- Valmistusprosessin kauko-ohjaus ja etävalvonta minimoivat ihmisen altistumisen vaarallisille määrille optista säteilyä.
- Työmenetelmillä rajoitetaan kuumissa olosuhteissa toimiminen 15 minuuttiin, minkä jälkeen on pakko vaihtaa toimintoa.
- Suunnitteilla on työntekijöiden kehon lämpötilan seuranta liiallisen kuumenemisen välttämiseksi.
- Henkilökunnalle annetaan runsaasti ammatillista koulutusta ja turvallisuuskoulutusta.
- Koko keho on peitettävä henkilösuojaimin, kun valmistusprosessi edellyttää ihmisen läsnäoloa.

- Riskien arvioinnissa otetaan huomioon terveydentilan seuranta.
- Työntekijöiden edustajat otetaan mukaan työterveys- ja -turvallisuusasioiden hoitamiseen.

### D.8.2 Lasiteollisuus

Lasinkäsittelyn ja -muovauksen ohessa syntyy haitallisia määriä optista säteilyä pääasiassa ultravioletti- ja infrapunasäteilyn spektrialueilla. Käsin tehtävät toiminnot edellyttävät ihmisen läsnäoloa haitallisen säteilyn lähteiden, esimerkiksi polttouunien, läheisyydessä.

Koska työntekijöiden altistumisen odotetaan ylittävän altistumisen raja-arvot, riskien arviointi on välttämätöntä sen varmistamiseksi, että optisen säteilyn riskejä saadaan hallittua asianmukaisesti. Tässä tapauksessa altistumisen raja-arvot voivat ylittyä useamman kuin yhden optisen säteilyn riskin osalta, jolloin on sovellettava rajoittavimpia olosuhteita.

Riskien arvioinnissa olisi otettava huomioon seuraavat seikat:

- laitteista ja mahdollisista lisäpolttimista lähtevä säteily työntekijän sijaintipaikassa (esimerkiksi kädet ja kasvot)
- ennakoitavissa oleva altistumisaika työvuoron aikana – UV-säteilyn raja-arvot koskevat 8 tunnin aikana kertyvää altistumista
- suojien ja henkilösuojainten vaimentava vaikutus.

UV-säteilylle altistumisen raja-arvot ovat kertyviä. Jos raja-arvot ylittyvät, ihmisen altistumista olisi rajoitettava joko vähentämällä säteilyn määrää (suojat, silmiensuojaimet, suojakäsineet) tai altistumisaikaa (sallittua enimmäisaikaa).

Jos silmiensuojaimet on toimitettu laitteiston mukana, niiden soveltuvuutta on arvioitava uudelleen, jos käytetään lisäpolttimia tai uusia aihauttavia toissijaisia käyttöön.

Jos laite tuottaa optista säteilyä aktiivisen UV-säteilyn riskin alueella (180–400 nm), jossa altistumisen raja-arvoja sovelletaan niin ihoon kuin silmiin, myös käsien altistumista on arvioitava. Jos suojakäsineet ovat epäkäytännöllisiä tai jos ne saattavat aiheuttaa toissijaisia turvallisuushuolia, altistumisaikaa on rajoitettava.

### D.8.3 Lisätietoja

BGFE • Informationen für die Glasbearbeitung mit Brennern – SD 53

## D.9 Valokuvaaminen salamavalolla

Keinotekoisien optisen säteilyn lähteet ovat oleellinen osa studiossa tapahtuvaa ammattivalokuvausta. Lähteitä käytetään alue- ja kohdevalaistuksessa sekä tausta- ja salamavaloina.

Tässä tapauksessa huomioon on otettava kaksi työssään altistuvaa henkilöryhmää:

- valokuvaajat
- kuvattavat henkilöt (esimerkiksi mallit).



Kuvausstudioissa voi olla



- hajavalon lähde
- salamaheijastin
- ammattikameran salama
- harrastelijakameran salama.

Taulukko D.9.1. Pahin altistumisskenaario samanaikaisessa suorassa säteelle altistumisessa

	Hajavalon lähde	Salamaheijastin	Ammattikameran salama	Harrastelijakameran salama
Valokuvaaja	√	√	-	-
Malli	√	√	√	√

Kunkin lähteen spektristä irradianssia ja aikaominaisuuksia (salaman kesto) tarkasteltiin eri etäisyyksillä arvioitaessa altistumisen pahinta tilannetta ja verrattaessa sitä sovellettaviin altistumisen raja-arvoihin.

UV-säteilyn ja sinivalon raja-arvoissa altistumisen pahin tilanne on kahdeksan tunnin aikana kertyvä altistuminen, mikä voidaan joutua lisäämään monista lähteistä peräisin oleville säteilyille altistumiseen. Altistuminen ilmaistaan valokuvaotosten (salaman tai valaistuksen) lukumääränä, joka ylittää sovellettavan altistumisen raja-arvon.

Verkkokalvon lämpövaurion riski ei muutu yli 10 sekuntia kestävässä altistumisessa, ja se rajoittuu 100 mrad:n näkökenttään. Riskiä arvioitaessa otetaan siis huomioon vain yhden lähteen säteily yhdessä ainoassa otoksessa.

UV-säteilyn, UVA-säteilyn ja infrapunasäteilyn riskit olivat merkityksettömiä kaikissa testatuissa lähteissä.

Taulukko D.9.2. Pahin altistumisen riski valokuvattaessa salamavalolla

	Hajavalon lähde	Salamaheijastin	Ammattikameran salama	Harrastelijakameran salama
Otosten määrä, jolla sinivalolle altistumisen raja-arvo ylittyy	> 10 <sup>7</sup>	> 10 <sup>6</sup>	> 20 000	> 13 000
Yhden otoksen osuus verkkokalvon lämpövauriota koskevasta altistumisen raja-arvosta	< 0,03 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %

Valokuvauksen ei odoteta aiheuttavan todellista optiselle säteilylle ylialtistumisen riskiä valokuvaajalle eikä valokuvattavalle. Salaman välähdysten lukumäärä, jolla sinivalolle altistumisen raja-arvo ylittyisi, on useita tuhansia altistuttaessa samanaikaisesti suoraan eri lähteistä peräisin oleville säteille.

# Liite E Muiden EU-direktiivien vaatimukset

---

EU-direktiivi syntyy keskinäisesti sitovista yhteisistä päätöksistä, joita jäsenvaltiot tekevät omien hallitustensa ministerien (Euroopan unionin neuvostossa) ja Euroopan parlamentin jäsenten kautta. Sekä neuvoston että parlamentin on hyväksyttävä direktiivin teksti yhtenäisin ehdoin. Direktiivissä säädetään sovitua tavoitteista, joihin jäsenvaltioiden on päästävä, mutta jätetään valinnanvaraa keinojen suhteen. Jokainen jäsenvaltio panee direktiivin täytäntöön oman oikeusjärjestyksensä mukaisesti, ja tavat voivat vaihdella. Käytännössä EU osoittaa direktiivit kaikille jäsenvaltioille ja täsmentää päivämäärän, johon mennessä jäsenvaltioiden on pantava direktiivi täytäntöön.

Toimenpiteistä työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden parantamisen edistämiseksi työssä annettu direktiivi 89/391/ETY julkaistiin vuonna 1989. Direktiivissä käsitellään työterveyden ja työturvallisuuden hallintaa ja siinä säädettyt velvoitteet on esitetty hallintaa koskevien periaatteiden muodossa. Koska direktiivin soveltamisala on laaja, sitä on mahdotonta esittää lyhyesti tiivistettynä. Direktiivi ja kansalliset säädökset, joilla direktiivi on saatettu osaksi kansallista lainsäädäntöä, on käytävä läpi kokonaisuudessaan siinä maassa, jossa työnantaja toimii. Yleisesti ottaen direktiivissä asetetaan velvoite suorittaa riskien arviointi direktiivissä säädettyjen yleisten periaatteiden mukaisesti.

Direktiivistä 89/391/ETY puhutaan usein ”puitedirektiivinä”. Tämä johtuu siitä, että yhden sen artiklan nojalla on annettu useita yksittäisiä erityisdirektiivejä, joissa säädetään tarkemmin työterveys- ja työturvallisuusnäkökohtien

hallinnasta tietyillä aloilla tai tietyissä riskeissä. Näitä yksittäisiä erityisdirektiivejä on noudatettava puitedirektiivien periaatteiden mukaisella tavalla.

Keinotekoista optista säteilyä koskeva direktiivi 2006/25/EY on yksi puitedirektiivin 89/391/ETY nojalla annetuista erityisdirektiiveistä. Muita asiaan liittyviä direktiivejä ovat työpaikoille asetettavista turvallisuutta ja terveyttä koskevista vähimmäisvaatimuksista annettu direktiivi 89/654/ETY (työpaikkadirektiivi) ja työntekijöiden työssään käyttämille työvälineille asetettavista turvallisuutta ja terveyttä koskevista vähimmäisvaatimuksista annettu direktiivi 89/655/ETY (työvälineiden käyttöä koskeva direktiivi).

Työvälineiden käyttöä koskevaa direktiiviä on muutettu direktiivillä 95/63/EY (joka koskee samoin työntekijöiden työssään käyttämille työvälineille asetettavia turvallisuutta ja terveyttä koskevia vähimmäisvaatimuksia).

Keinotekoista optista säteilyä koskevien lakimääräisten velvoitteiden noudattamiseksi työnantajien on täytettävä ainakin edellä mainittujen neljän direktiivin vaatimukset. Missä tahansa jäsenvaltiossa valtion omassa lainsäädännössä voidaan kuitenkin säätää myös muista velvoitteista kuin direktiivissä säädettyistä.

Kun työnantaja pyrkii siis noudattamaan keinotekoista optista säteilyä koskevan direktiivin vaatimuksia, kannattaa muistaa, että optisen säteilyn työterveys- ja työturvallisuusnäkökohtien hallintaan liittyy myös muita velvoitteita.

Puitedirektiivi	Työpaikkadirektiivi	Työvälineiden käyttöä koskeva direktiivi (muutettuna)
<p>Riskit on pyrittävä välttämään mahdollisuuksien mukaan.</p> <p>Ne riskit, joita ei voida välttää, on arvioitava.</p> <p>Riskejä on torjuttava lähteessä.</p> <p>Työmenetelmät on sovitettava henkilölle erikseen.</p> <p>Työmenetelmiä on muutettava tekniikan edistyessä.</p> <p>Kaikki vaarallinen on korvattava vaarattomilla tai vähemmän vaarallisilla vaihtoehdoilla.</p> <p>On laadittava johdonmukainen ennaltaehkäisyyn tähtäävä kokonais-toimintamalli, joka kattaa tekniikan, organisaation, työmenetelmät ja sosiaaliset suhteet.</p> <p>Kollektiiviset suojatoimenpiteet ovat ensisijaisia yksilöllisiin nähden.</p> <p>Työntekijöille on annettava asianmukaiset ohjeet.</p>	<p>Laitteiden tekninen huolto on suoritettava ja viat on korjattava mahdollisimman nopeasti.</p> <p>Turvalaitteita on huollettava ja tarkistettava säännöllisin väliajoin.</p> <p>Työntekijöille (tai heidän edustajilleen) on ilmoitettava työterveyttä ja työturvallisuutta koskevista työpaikalla toteutettavista toimenpiteistä.</p> <p>Niin ulkona kuin sisällä sijaitsevien työtilojen on oltava riittävän valoisia työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden varmistamiseksi. Jos luonnonvalo ei riitä, on käytettävä keinotekoisista valaistusta.</p>	<p>Sellaisia välineitä, joihin liittyy erityinen terveysriski, saavat käyttää vain ne, joiden tehtäväksi niiden käyttö on annettu.</p> <p>Korjaukset, muutokset ja huollot saa suorittaa vain henkilö, joka on nimetty tehtävään.</p> <p>Työntekijöille annetaan asianmukainen koulutus laitteen käyttöön.</p> <p>Turvallisuuden kannalta oleellisten hallintalaitteiden on oltava selvästi näkyvillä.</p> <p>Hallintalaitteiden on sijaittava vaara-alueen ulkopuolella.</p> <p>Käyttäjän tulee voida nähdä, ettei kukaan ole vaara-alueella, tai varoitettava äänimerkki on annettava, jos laitteesta aiheutuu vaaraa.</p> <p>Hallintajärjestelmän viasta ei saa aiheutua vaaratilannetta.</p> <p>Laitteisto saa käynnistyä vain hallintalaitteen tarkoituksellisen käytön seurauksena.</p> <p>Laitteisto saa käynnistyä uudelleen vain hallintalaitteen tarkoituksellisen käytön seurauksena.</p> <p>Laitteistossa on oltava katkaisin, joka keskeyttää toiminnan kokonaan ja turvallisesti.</p> <p>Tiloissa, joissa laitteistoa käytetään, on oltava asianmukainen valaistus.</p> <p>Varoitusten on oltava yksiselitteisiä, selkeästi nähtävillä ja helposti ymmärrettäviä.</p> <p>Huolto täytyy pystyä suorittamaan turvallisesti.</p> <p>Laitteistossa on oltava varoitukset ja merkinnät työntekijöiden turvallisuuden varmistamiseksi.</p> <p>Jos turvallinen käyttö riippuu asennuksesta, laitteisto on tarkistettava kokoamisen jälkeen ennen käyttöönottoa.</p> <p>Laitteisto, jota käytetään kuntoa heikentävissä olosuhteissa, on tarkastettava säännöllisesti ja tulokset on kirjattava muistiin.</p>

Viisi muutakin direktiiviä on jossain määrin oleellisia keinotekoisien optisten säteilyn kanssa turvallisesti työskentelemisen kannalta. Ne kaikki koskevat sellaisten laitteiden toimitusta, jotka saattavat aiheuttaa optista säteilyä tai joiden on tarkoitus vähentää optisen säteilyn vaikutuksia. Ne koskevat siis pääasiassa laitteiden valmistajia ja toimittajia, eivät niinkään työnantajia.

Työnantajan on kuitenkin oltava tietoinen näiden direktiivien olemassaolosta sekä siitä, että jokaisen Euroopan markkinoilta löytyvän tuotantotilan, -laitteen tai suojavälineen on oltava niiden mukaisia. Kahdessa direktiivissä säädetään lisäksi, että tavarantoimittajan on annettava käyttäjälle yksityiskohtaiset tiedot säteilyn luonteesta, keinoista suojella käyttäjää, keinoista välttää virheellinen käyttö ja keinoista poistaa mahdolliset asennukseen liittyvät riskit.

Tavarantoimittajia koskevat direktiivit ovat

- direktiivi 2006/42/EY koneista ("konedirektiivi")
- direktiivi 2006/95/EY tietyllä jännitealueella toimivia sähkölaitteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä ("pienjännitedirektiivi")
- direktiivi 89/686/ETY henkilösuojaimia koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä ("henkilösuojaindirektiivi")
- direktiivi 93/42/ETY lääkinnällisistä laitteista ("lääkinnällisiä laitteita koskeva direktiivi")
- direktiivi 98/79/EY *in vitro* -diagnostiikkaan tarkoitetuista lääkinnällisistä laitteista ("*in vitro* -direktiivi").

Muutamia direktiivien oleellisista säännöksistä on esitelty lyhyesti seuraavassa taulukossa.

Konedirektiivi	Pienjännitedirektiivi	Henkilösuojaindirektiivi	Lääkinnällisiä laitteita koskeva direktiivi ja <i>in vitro</i> -direktiivi
<p>Koneet on toimitettava niin, että niissä on niihin kuuluva asianmukainen valaistus turvallista käyttöä varten.</p> <p>Ei-toivotut päästöt on poistettava tai niitä on pienennettävä sellaisille tasoille, ettei niillä ole haitallisia vaikutuksia henkilöihin.</p> <p>Asennuksen, käytön ja puhdistuksen aikaiset toiminnalliset säteilypäästöt on rajoitettava sellaisille tasoille, ettei niillä ole haitallisia vaikutuksia henkilöihin.</p> <p>Jos koneessa on laserlaite, vahingossa tapahtuva säteily on vältettävä.</p> <p>Laserit on asennettava niin, ettei haja-, heijastus- tai sekundaarisäteily vahingoita terveyttä.</p> <p>Lasersäteiden havainnointiin tai säätöön tarkoitettujen optisten laitteiden on oltava sellaiset, ettei terveydelle aiheudu vaaraa.</p> <p>Jos suunnitellut ominaisuudet on toteutettu edellä esitettyjen vaatimusten täyttämiseksi, asianomaiset standardit olisi ilmoitettava.</p>	<p>Pienjännitedirektiiviä sovelletaan kaikkiin työlaitteisiin, jotka toimivat vaihtovirralla nimellijännitealueella 50–1000 V tai tasavirralla nimellijännitealueella 75–1500 V. Direktiivin mukaan tällainen laite ei saa tuottaa säteilyä, joka aiheuttaisi vaaraa.</p>	<p>Henkilösuojainten on suojattava käyttäjää muiden henkilöiden terveyttä tai turvallisuutta vaarantamatta.</p> <p>Suurimman osan todennäköisesti haitallisesta säteilystä on imeytyttävä tai heijastuttava pois niin, ettei se vaikuta käyttäjän näköön.</p> <p>Henkilösuojaimet on valittava niin, ettei käyttäjän silmien altistuminen ylitä missään olosuhteissa suurinta sallittua altistumisen raja-arvoa.</p> <p>Henkilösuojaimen näkyvyysominaisuudet eivät saa heikentyä altistuttaessa säteilylle, jolta niiden on määrä suojata henkilöä, ennakoitavissa olevissa käyttöolosuhteissa.</p>	<p>Laitteet on suunniteltava niin, että potilaiden, käyttäjien ja muiden henkilöiden altistuminen vähenee.</p> <p>Käyttäjän tulee voida hallita säteilypäästön määrää.</p> <p>Laitteissa on oltava säteilyä kertova näkyvä tai kuuluva varoitusmerkki.</p> <p>Käyttöohjeissa on oltava yksityiskohtaiset tiedot säteilyn luonteesta, keinoista suojella käyttäjää, keinoista välttää virheellistä käyttöä ja keinoista poistaa mahdolliset asennukseen liittyvät riskit.</p>



# Liite F EU:n jäsenvaltioiden antamat ohjeet sekä kansalliset säädökset, joilla direktiivi 2006/25/EY on saatettu osaksi kansallista lainsäädäntöä (tilanne 10. joulukuuta 2010)

Maa	Voimassa oleva lainsäädäntö	Voimassa olevat ohjeet
Itävalta	<p>Oö. Landes- und Gemeinde-Dienstrechtsänderungsgesetz 2007 [Landesgesetzblatt (LGBl.), 25/07/2007, 56/2007]. Verordnung der Landesregierung über den Schutz der Landes- und Gemeindebediensteten vor der Gefährdung durch künstliche optische Strahlung [Landesgesetzblatt (LGBl.), 18/02/2010, 4/2010]. Oö. Gemeinde- und Landes-Dienstrechtsänderungsgesetz 2008 [Landesgesetzblatt (LGBl.), 29/08/2008, 73/2008]. Verordnung der Wiener Landesregierung, mit der die Verordnung der Wiener Landesregierung über den Schutz der in Dienststellen der Gemeinde Wien beschäftigten Bediensteten vor der Einwirkung durch optische Strahlung erlassen und die Verordnung der Wiener Landesregierung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz in Dienststellen der Gemeinde Wien geändert wird [Landesgesetzblatt (LGBl.), 51/2010, 24/09/2010]. Verordnung der Oö. Landesregierung, mit der die Verordnung über den Schutz der Dienstnehmerinnen und Dienstnehmer in der Land- und Forstwirtschaft vor der Einwirkung durch künstliche optische Strahlung (Oö. VOPST-LF) erlassen wird und mit der die Verordnung über die Gesundheitsüberwachung in der Land- und Forstwirtschaft und die Verordnung über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche in land- und forstwirtschaftlichen Betrieben geändert werden [Landesgesetzblatt (LGBl.), 65/2010, 30/09/2010]. Gesetz, mit dem die Dienstordnung 1994 (28. Novelle zur Dienstordnung 1994), die Besoldungsordnung 1994 (36. Novelle zur Besoldungsordnung 1994), die Vertragsbedienstetenordnung 1995 (32. Novelle zur Vertragsbedienstetenordnung 1995), die Pensionsordnung 1995 (20. Novelle zur Pensionsordnung 1995), das Ruhe- und Versorgungsgesetz (Ruhe- und Versorgungsrechtsgesetz 1995) (9. Novelle zum Ruhe- und Versorgungsgesetz 1995), das Unfallfürsorgegesetz 1967 (17. Novelle zum Unfallfürsorgegesetz 1967), das Wiener Bedienstetenschutzgesetz 1998 (5. Novelle zum Wiener Bedienstetenschutzgesetz 1998), das Wiener Personalvertretungsgesetz (16. Novelle zum Wiener Personalvertretungsgesetz), das Wiener Bezügegesetz 1995 (10. Novelle zum Wiener Bezügegesetz 1995), das Wiener Verwaltungssenat-Dienstrechtsgesetz 1995 (11. Novelle zum Wiener Verwaltungssenat-Dienstrechtsgesetz 1995) und das Gesetz über den Unabhängigen Verwaltungssenat Wien (8. Novelle zum Gesetz über den Unabhängigen Verwaltungssenat Wien) geändert werden und das Wiener Eltern-Karenz-geldzuschussgesetz aufgehoben wird [Landesgesetzblatt (LGBl.), 42/2010, 17/09/2010]. Verordnung der Salzburger Landesregierung vom 1. Juli 2010 über Schutzvorschriften vor Gefährdung durch künstliche optische Strahlung (S.kos-V) [Landesgesetzblatt (LGBl.), 55/2010, 06/08/2010]. Verordnung des Bundesministers für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz, mit der die Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmerinnen vor der Einwirkung durch optische Strahlung (Verordnung optische Strahlung – VOPST) erlassen wird und mit der die Verordnung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz und die Verordnung über Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche geändert werden [Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (BGBl.), II Nr. 221/2010, 08/07/2010].</p>	<p>Sicherheitsinformation der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt: Sicherheit Kompakt: M 014 UV-Strahlenbelastung am Arbeitsplatz M 080 Grundlagen der Lasersicherheit</p>
Belgia	<p>FEDERALE OVERHEIDSDIENST WERKGELEGENHEID, ARBEID EN SOCIAAL OVERLEG, 22 APRIL 2010 – Koninklijk besluit betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van kunstmatige optische straling op het werk (Moniteur Belge, 6.5.2010, biz. 25349-25386).</p>	

Maa	Voimassa oleva lainsäädäntö	Voimassa olevat ohjeet
Bulgaria	<p>Наредба № 5 от 11 юни 2010 г. за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рисковете, свързани с експозиция на изкуствени оптични лъчения [Държавен вестник, 49, 29/06/2010, 00035-00048]</p> <p>Кодекс на труда [Държавен вестник, 15, 23/02/2010]</p> <p>Закон за здравословни и безопасни условия на труд [Държавен вестник, 12, 12/02/2010]</p> <p>Наредба № 7 от 23.09.1999 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване [Държавен вестник, 40, 18/04/2008]</p>	
Kypros	<p>Ο Πρωτοβάθμιος και Υψίστος στην Εργασία (Τεχνική Οπτική Ακτινοβολία) Κανονισμός του 2010 [Cyprus Gazette, 4433, 11/06/2010, 01473-01493]</p>	
Tšekki	<p>Zákon č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s u-končením činnosti okresních úřadů [Sbirka Zakonu CR, 18/07/2002].</p> <p>Zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu [Sbirka Zakonu CR, 30/03/1966].</p> <p>Zákon č. 111/2007 Sb., kterým se mění zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů a některé další zákony [Sbirka Zakonu CR, 15/05/2007].</p> <p>Zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) [Sbirka Zakonu CR, 22/06/2006].</p> <p>Nařízení vlády č. 106/2010 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením [Sbirka Zakonu CR, 19/04/2010].</p> <p>Zákon č. 14/1997 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů, a zákon České národní rady č. 36/1975 Sb., o pokutách za porušování právních předpisů o vyvážení a ochraně zdravotních podmínek, ve znění zákona České národní rady č. 137/1982 Sb. [Sbirka Zakonu CR, 24/02/1997].</p> <p>Zákon České národní rady č. 548/1991 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění zákona České národní rady č. 210/1990 Sb. a zákona České národní rady č. 425/1990 Sb. [Sbirka Zakonu CR, 30/12/1991].</p> <p>Nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením [Sbirka Zakonu CR, 09/01/2008].</p> <p>Zákon č. 392/2005 Sb., kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony [Sbirka Zakonu CR, 27/09/2005].</p> <p>Zákon č. 274/2003 Sb., kterým se mění některé zákony na úseku ochrany veřejného zdraví [Sbirka Zakonu CR, 27/08/2003].</p> <p>Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů [Sbirka Zakonu CR, 11/08/2000].</p> <p>Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce [Sbirka Zakonu CR, 07/06/2006].</p> <p>Zákon č. 48/1997 Sb., o veřejném zdravotním pojištění a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů [Sbirka Zakonu CR, 07/03/1997].</p> <p>Zákon č. 362/2007, kterým se mění zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony [Sbirka Zakonu CR, 28/12/2007].</p>	<p>Ohjeet laserlaitteiden käytöstä työssä, N:o 61 UV Zareni poster (varoitus UV-säteilyn vaaroista) ICNIRP:n ohjeet</p>
Tanska	<p>Bekendtgørelse om beskyttelse mod udsættelse for kunstig optisk stråling i forbindelse med arbejdet [Lovtidende A, 29/05/2010].</p> <p>Bekendtgørelse om beskyttelse mod risici ved udsættelse for kunstig optisk stråling på offshoreanlæg m.v. [Lovtidende A, 21/04/2010].</p>	<p>Tanskan työympäristölain tarkoituksena on taata "turvallinen ja terveellinen työympäristö". Työturvallisuus- ja työterveys- ja työturvallisuus-hallinnossa käytetään ohjeena optista säteilyä koskevia ICNIRP:n suosituksia sekä asiaankuuluvia eurooppalaisia standardeja (esimerkiksi EN 60825 ja EN 207/208).</p>

Maa	Voimassa oleva lainsäädäntö	Voimassa olevat ohjeet
Viro	<p>VOIMASSA OLEVA LAINSÄÄDÄNTÖ</p> <p>TÖÖTÄRVIKSHOIJU JA TÖÖOHUTUSE SEADUSE MUUTMISE SEADUS [Elektroniline Riigi Teataja, RTI, 16.01.2007, 3, 11].</p> <p>Töötärvishoiu ja tööohutuse nõuded tehnikust optilisest kiirgusest mõjutatud töökohas, tehnikust optilisest kiirguse piirnormid ja kiirguse mõõtmise kord1 [Elektroniline Riigi Teataja, RTI, 22.04.2010, 16, 84].</p>	
Suomi	<p>Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemiseksi optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvilta vaaroilta / Statsrådets förordning om skydd av arbetstagare mot risker som uppstår vid exponering för optisk strålning [Suomen säädöskokoelma (SK), 05/03/2010, 00703-007/20, 146/2010]</p>	
Ranska	<p>Décret no 2010-750 du 2 juillet 2010 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels [Journal Officiel de la République Française (JORF), 04/07/2010]</p>	
Saksa	<p>Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung und zur Änderung von Arbeitsschutzverordnungen vom 19. Juli 2010 [Bundesgesetzblatt Teil 1 (BGB 1), 38, 26/07/2010, 00960-00967]</p>	<p>Information BGI 5006: "Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung"</p> <p>Non-ionizing Radiation Guideline: "Laser Radiation"</p> <p>Non-ionizing Radiation Guideline: "Ultraviolet Radiation from Artificial Sources"</p> <p>Non-ionizing Radiation Guideline: "Visible and Infrared Radiation"</p> <p>Keinotekoisisille optisen säteilyn lähteille altistumisen riskien arviointia koskevia menetelmiä on kuvattu seuraavissa asiakirjoissa:</p> <p>Unfallverhütungsvorschrift BGV B2: "Laserstrahlung"</p> <p>DIN EN 60825-1:2008: "Safety of Laser Products – Part 1: Equipment Classification, Requirements and User's Guide"</p> <p>DIN EN 14255-1:2005: "Measurement and Assessment of Personal Exposures to Incoherent Optical Radiation – Part 1: Ultraviolet Radiation Emitted by Artificial Sources in the Workplace"</p> <p>IEC 62471:2006: "Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems"</p> <p>DIN EN 12198-1:2000 "Safety of Machinery – Assessment and Reduction of Risks Arising from Radiation Emitted by Machinery – Part 1: General Principles"</p> <p>Non-ionizing Radiation Guideline: "Ultraviolet Radiation from Artificial Sources"</p> <p>BGR 107: Sicherheitsregel "Durchlaufrockner von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen"</p> <p>Keinotekoisen optisen säteilyn riskien vähentämismenetelmiä on kuvattu seuraavissa asiakirjoissa:</p> <p>Unfallverhütungsvorschrift BGV B2: "Laserstrahlung"</p> <p>Information BGI 5006: "Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung"</p> <p>Information BGI 5007: "Laser-Einrichtungen für Show- oder Projektionszwecke"</p> <p>DIN EN 12198-2:2002 "Safety of Machinery – Assessment and Reduction of Risks arising from radiation emitted by machinery – Part 3: Reduction of Radiation by Attenuation or Screening"</p> <p>Non-ionizing Radiation Guideline: "Laser Radiation"</p> <p>Non-ionizing Radiation Guideline: "Ultraviolet Radiation from Artificial Sources"</p> <p>Riskien vähentämismenetelmiä yritystasolla on kuvattu seuraavissa asiakirjoissa:</p> <p>Unfallverhütungsvorschrift BGI D1: "Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren"</p> <p>"UV-Drying": Professional Association Printing and Paper Conversion</p> <p>Merkblatt über Betrachtungsplätze für die fluoreszierende Prüfung mit dem Magnetpulver- und Eindringverfahren – Ausrüstung und Schutzmaßnahmen bei Arbeiten mit UV-Strahlung</p> <p>Information BGI 5092 "Auswahl von Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen"</p> <p>Information BGI 5031 "Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikations-Systemen (LWKS)"</p> <p>Esitteet ja tiedotelehtiset:</p> <p>Saksan työterveyslaitoksen (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) esite "Damit nichts ins Auge geht... - Schutz vor Laserstrahlung"</p> <p>Saksan työterveyslaitoksen (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) tiedotelehtinen "Dazzle: Blind for a Moment. Protection Against Optical Radiation"</p> <p>Saksan työterveyslaitoksen (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) tiedotelehtinen "Hand-held Lasers to Work Materials"</p>

Maa	Huidige wetgeving	Voimassa oleva lainsäädäntö
Kreikka	Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφαλείας οσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδυνουσιγενείς από φυσικούς παράγοντες (εργατική οπτική ακτινοβολία), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2006/25/ΕΚ [Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) (Τεύχος Α), 145, 01/09/2010, 03075-03094]	
Unkari	1991. évi XI. Törvény az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálatról [Magyar Közlöny, 00753-00759]. 2/1998. (I. 16.) MüM rendelet a munkahelyen alkalmazandó biztonsági és egészségvédelmi jelekről [Magyar Közlöny, 16/01/1998, 174-192, 2]. A Kormány 218/1999. (XII. 28.) Korm. rendelete az egyes szabálysértésekről [Magyar Közlöny, 28/12/1999, 08942-08968, 1999/125]. Az egészségügyi miniszter 22/2010. (V. 7.) EüM rendelete a munkavállalókat érő mesterséges optikai sugárzás expozícióra vonatkozó minimális biztonsági követelményekről [Magyar Közlöny, 14597-14614]. 1997. évi XLVII. Törvény az egészségügyi és a hozzájuk kapcsolódó személyes adatok kezeléséről és védelméről [Magyar Közlöny, 05/06/1997, 03518-03528, 1997/49]. 2009. évi CLIV. Törvény az egyes egészségügyi tárgyú törvények módosításáról [Magyar Közlöny, 47035-47090]. 1993. évi XCIII. tv. a munkavédelemről [Magyar Közlöny, 03/11/1993, 9942-9953, 160]. 33/1998. (VI. 24.) NM rendelet a munkaköri, szakmai, illetve személyi higiénés alkalmasság orvosi vizsgálatáról és véleményezéséről [Magyar Közlöny, 24/06/1998, 4489-4516, 54].	Eurooppalaisia standardeja sovelletaan myös Unkarissa: IEC 60825-1, -2, -4, -12, IEC 60335-2-27 IEC 60601-2-22 EN 12198-1 EN 14255-1, -2, -4
Irlanti	S.I. No. 176 of 2010 SAFETY, HEALTH AND WELFARE AT WORK (GENERAL APPLICATION) (AMENDMENT) REGULATIONS 2010 Ilris Oifigiúil, 04/05/2010, 00628-00629, 176 of 2010.	ICNIRP:n ohjeet
Italia	Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro [Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, 30/04/2008, S.O. N.108/L – GU N. 101].	
Latvia	Ministru kabineta 2009.gada 30.jūnija noteikumi Nr.731 «Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret mākslīgā optiskā starojuma radīto risku darba vidē» [Latvijas Vēstnesis, 07/07/2009, 105].	Latvialainen standardi: Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation – Part 2: Visible and infrared radiation emitted by artificial sources in the workplace
Liettua	LIETUVOS RESPUBLIKOS ADMINISTRACINIŲ TEISĖS PAŽEIDIMŲ KODEKSO 5, 41, 51(3), 51(12), 55, 58, 70, 76, 77, 77(1), 81, 82, 84(1), 87, 89(1), 91, 99(8), 183, 188(4), 188(9), 189(1), 214(3), 221, 224, 225, 232(1), 237, 242, 244, 246(2), 259(1), 262, 263, 268, 320 STRAIPSNIŲ PAKEITIMO BEI PAPILDYMO IR KODEKSO PAPILDYMO 42(4), 51(18), 51(19), 51(20), 51(21), 51(22), 56(2), 58(1), 78(1), 89(2), 99(9), 99(10), 148, 173(20), 173(21) STRAIPSNIAIS [STATYMAS Nr. X-691 [Nouvelles de l'Etat, 30/06/2006, 73]. Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. spalio 5 d. įsakymas Nr. A1-277/V-785 «Dėl 2007 m. birželio 20 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2007/30/EB, iš dalies keičiančios Tarybos direktyvą 89/391/EEB, jos atskiras direktyvas ir Tarybos direktyvas 83/477/EEB, 91/383/EEB, 92/29/EEB bei 94/33/EEB, siekiant supaprastinti ir racionalizuoti praktinio įgyvendinimo ataskaitas, įgyvendinimo» 2007 m. spalio 5 d. Nr. A1-277/V-785 [Nouvelles de l'Etat, 11/10/2007, 105]. Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. gruodžio 14 d. įsakymas Nr. A1-366/V-1025 «Dėl darbuotojų apsaugos nuo dirbtinės optinės spinduliuotės ke- liamos rizikos nuostatų patvirtinimo» [Nouvelles de l'Etat, 22/12/2007, 136]. Lietuvos Respublikos administracinių teisės pažeidimų kodekso pakeitimo ir papildymo įstatymas Nr. VIII-1543 [Nouvelles de l'Etat, 15/03/2000, 22].	

Maa	Huidige wetgeving	Voimassa oleva lainsäädäntö
Luxemburg	Règlement grand-ducal du 26 juillet 2010 relatif aux prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des salariés aux risques dus aux agents physiques (rayonnements optiques artificiels et rayonnement solaire) 2. portant modification du règlement grand-ducal modifié du 17 juin 1997 concernant la périodicité des examens médicaux en matière de médecine du travail [Mémorial Luxembourggeois A, 131, 12/08/2010, 02164-02182]	
Malta	L.N. 250 of 2010 OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY AUTHORITY ACT (Cap. 424) Work Place (Minimum Health and Safety Requirements for the Protection of Workers from Risks resulting from Exposure to Artificial Optical Radiation) Regulations, 2010 [The Malta government gazette, 30/04/2010, 02403-02450, 18586].	
Alankomaat	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 [Staatsblad (Bulletin des Lois et des Décrets royaux), 09/03/2010, 00001-00021, Stb. 2010, 103].	Optische straling in arbeidsituaties
Puola	Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne [Dziennik Ustaw, 2010/100/643, 09/06/2010] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [Dziennik Ustaw, 2010/141/950, 06/08/2010]	Joitakin optisen säteilyn kattavia julkaisuja on saatavilla työissä aiheutuvien riskien arviointimenetelmistä ja -ohjeista. Tällaisia ovat seuraavat: "Occupational risk assessment. Part 1: Methodological basis"; toim. M. W. Zawieska, CIOP-PIB, Warszawa 2004 (3. painos) "Occupational risk assessment. Part 2: STER-computer aided support"; toim. M. W. Zawieska, CIOP, Warszawa 2000 "Occupational risk. Methodological basis of evaluation"; toim. M. W. Zawieska, CIOP-PIB Warszawa, 2007
Portugali	Assembleia da República-Estabelece as prescrições mínimas para protecção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais, transpondo a Directiva n.º 2006/25/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril [Diário da República, 168, 30/08/2010, 03770-03782] Assembleia da RepúblicaRectifica a Lei n.º 25/2010, de 30 de Agosto, que estabelece as prescrições mínimas para protecção dos trabalhadores contra os riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais, transpondo a Directiva n.º 2006/25/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, publicada no Diário da República, 1.ª série, n.º 168, de 30 de Agosto de 2010 [Diário da República I, 209, 27/10/2010, 04849-04859]	
Romania	Hotărârea Guvernului privind cerințele minime de securitate și sănătate în muncă referitoare la expunerea lucrătorilor la riscuri generate de radiațiile optice artificiale [Monitorul Oficial al României, 427, 25/06/2010, 00002-00015]	
Slovakia	Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov [Zbierka zákonov SR, 31/07/2007, 154]. Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 410/2007 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou umelému optickému žiareniu [Zbierka zákonov SR, 01/09/2007, 178].	

Maa	Voimassa oleva lainsäädäntö	Voimassa olevat ohjeet
Slovenia	Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem [Uradni list RS, 34/2010, 30/04/2010, 04892-04909]	Voimassa olevat ohjeet
Espanja	Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [Boletín Oficial del Estado (B.O.E), 24/04/2010, 36103-36120, 99/2010]. Corrección de errores del Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales [Boletín Oficial del Estado (B.O.E), 06/05/2010, 40171-40171, 110/2010].	STANDARDIT UNE-CR 13464:1999 "Guía para la selección, utilización y mantenimiento de los protectores oculares y faciales de uso profesional" UNE EN 166:2002 "Protección individual del ojo. Requisitos" UNE EN 169:2003 "Protección individual de los ojos. Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado" UNE EN 170: 2003 "Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado" UNE EN 207 "Filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser (gafas de protección láser)" (Standardia on laajennettu ja muutettu.) UNE EN 208 "Gafas de protección para los trabajos de ajuste de láser y sistemas láser (gafas de ajuste láser)" (Standardia on laajennettu ja muutettu.) UNE-EN 60825 "Seguridad de los productos láser" (Standardissa on useita osia, ja siihen on tehty useita korjauksia.) UNE-EN 14255 "Medición y evaluación de la exposición de las personas a la radiación óptica incoherente" (Standardissa on useita osia.) ESITTEET La Directiva 2006/25/CE sobre exposición laboral a radiaciones ópticas artificiales Methodology to assess occupational exposure to optical radiations Spectral limit: an Application to Assess the Occupational Exposure to UV & Visible Radiation MUITA ESPANJAN TYÖTERVEYSLAITOKSEN INSHT:IN ASIAKIRJOJA NTP 755: "Radiaciones ópticas: Metodología de evaluación de la exposición laboral" NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo (UNE EN 60825-1 /A2:2002) NTP 261: Láseres: riesgos en su utilización FDN-17: Selección de pantallas faciales y gafas de protección FDN-23: Comercialización de las Pantallas de Protección para Soldadores Guías orientativas para la selección y utilización de EPI - Protectores oculares y faciales CD_R. Prevention of Labour Risks. Advanced training course for the performance of functions of Superior Level. Version 2 Algunas cuestiones sobre seguridad Láser (kysymyksiä laserturvallisuudesta) Evaluación de las Condiciones de Trabajo en la pequeña y mediana empresa Riesgos por radiaciones ópticas procedentes de fuentes luminosas La exposición laboral a radiaciones ópticas
Ruotsi	Arbetsmiljöverkets föreskrifter om artificiell optisk strålning (AFS 2009:7). [Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS), 10/11/2009, 2009:7].	
Yhdistynyt kuningaskunta	The Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations 2010 [Her Majesty's Stationery Office (HMSO), 06/04/2010, GB SI 2010 No. 1140] The Control of Artificial Optical Radiation at Work Regulations (Northern Ireland) 2010 [Her Majesty's Stationery Office (HMSO), SR of NI, 2010 No. 180] Factories (Protection of Workers from Physical Agents) (Artificial Optical Radiation) Regulations 2010 [Gibraltar Gazette, 3801, 29/07/2010]	MHRA DB2008(03), Guidance on the safe use of lasers, intense light source systems and LEDs in medical, surgical, dental and aesthetic practices HSG95, The radiation safety of lasers used for display purposes

# Liite G Eurooppalaiset ja kansainväliset standardit

Useat eurooppalaiset standardit koskevat optista säteilyä lähettäviä laitteita, ja niissä luonnehditaan säteilyä ja käsitellään suojatoimenpiteitä. Lisäksi on ISO:n, IEC:n ja CIE:n antamia kansainvälisiä standardeja, joita ei ole julkaistu eurooppalaisina standardeina. Kolmannen ryhmän muodostavat ohjeasiakirjat, jotka on julkaistu kansainvälisesti mutta joita kaikki jäsenvaltiot eivät välttämättä ole ottaneet käyttöön.

Asiakirjan mainitseminen tässä liitteessä ei tarkoita välttämättä sitä, että työnantajan on hankittava kyseinen asiakirja ja tutustuttava siihen. Osa asiakirjoista voi kuitenkin auttaa työnantajia riskien arvioinnissa ja hallinnassa.

## G.1 Eurooppalaiset standardit

EN 165:2005 Henkilökohtainen silmiensuojaus. Sanasto

EN 166:2001 Henkilökohtainen silmiensuojaus. Vaatimukset

EN 167: 2001 Henkilökohtainen silmiensuojaus. Optiset testausmenetelmät

EN 168:2001 Henkilökohtainen silmiensuojaus. Muut kuin optiset testausmenetelmät

EN 169:2002 Henkilökohtainen silmien suojaus. Suodattimet hitsauksessa ja vastaavissa menetelmissä. Läpäisyvaatimukset ja suositeltu käyttö

EN 170:2002 Henkilökohtainen silmien suojaus. Ultraviolettisäteilyn suodattimet. Läpäisyvaatimukset ja suositeltu käyttö

EN 171:2002 Henkilökohtainen silmien suojaus. Infrapunasäteilyn suodattimet. Läpäisyvaatimukset ja suositeltu käyttö

EN 175:1997 Henkilökohtainen suojeleminen. Hitsauksen ja sen kaltaisten työvaiheiden aikana käytettävät laitteet silmien- ja kasvosuojaukseen

EN 207:1998 Henkilökohtainen silmiensuojaus. Suodattimet ja silmiensuojaimet lasersäteilyä vastaan

EN 208:1998 Henkilökohtainen silmiensuojaus. Silmiensuojaimet laserien ja laserjärjestelmien säätötyötä varten

EN 349:1993 Koneturvallisuus. Vähimmäisetäisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi

EN 379:2003 Henkilökohtainen silmiensuojaus. Automaattiset hitsaussuodattimet

EN 953:1997 Koneturvallisuus. Suojukset. Kiinteiden ja avattavien suojusten suunnittelun ja rakenteen yleiset periaatteet

EN 1088:1995 Suojusten kytkentä koneen toimintaan

EN 1598:1997 Hitsauksen ja siihen liittyvien prosessien työturvallisuus. Hitsausverhot ja suojaesineet kaarihitsausta varten

EN ISO 11145:2001 Optiikka ja optiset laitteet. Laserit ja niihin liittyvät laitteet. Sanasto ja kuvatunnukset

EN ISO 11146-1:2005 Laser and laser-related equipment. Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios. Stigmatic and simple astigmatic beams

EN ISO 11146-2:2005 Lasers and laser-related equipment. Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios. General astigmatic beams

EN ISO 11149:1997 Optics and optical instruments. Lasers and laser related equipment. Fibre optic connectors for non-telecommunication laser applications

EN ISO 11151-1:2000 Lasers and laser-related equipment. Standard optical components. Components for the UV, visible and near-infrared spectral ranges

EN ISO 11151-2:2000 Lasers and laser-related equipment. Standard optical components. Components for the infrared spectral range

EN ISO 11252:2004 Laserit ja lasereihin liittyvät laitteet. Laserilaite. Dokumentoinnin vähimmäisvaatimukset

EN ISO 11254-3:2006 Lasers and laser-related equipment. Determination of laser-induced damage threshold of optical surfaces. Assurance of laser power (energy) handling capabilities

EN ISO 11551:2003 Optics and optical instruments. Lasers and laser-related equipment. Test method for absorbance of optical laser components

EN ISO 11553-1:2005 Koneturvallisuus. Lasertyöstökoneet. Turvallisuusvaatimukset

EN ISO 11553-2:2007 Koneturvallisuus. Laserkäsittelykoneet. Osa 2: Turvallisuusvaatimukset kädessä pidettäville laserkäsittelylaitteille

EN ISO 11554:2006 Optiikka ja ftoniikka. Laserit ja lasereihin liittyvät laitteet. Lasersäteen tehon, energian ja aikaparametrien testausmenetelmät

EN ISO 11670:2003 Lasers and laser-related equipment. Test methods for laser beam parameters. Beam positional stability

EN ISO 11810-1:2005 Laserit ja lasereihin liittyvät laitteet. Kirurgisten verhojen ja/tai potilassuojien laserinkestävyyden testimenetelmä ja luokittelu. Osa 1: Primäärisytyminen ja läpäisy

EN ISO 11810-2:2007 Laserit ja lasereihin liittyvät laitteet. Kirurgisten verhojen ja/tai potilassuojien laserinkestävyyden testimenetelmä ja luokittelu. Osa 2: Sekundaarisytyminen

EN ISO 11990:2003 Optiikka ja optiset laitteet. Laserit ja lasereihin liittyvät laitteet. Trakeaputkiliitosten laserkestävyyden määrittäminen

EN ISO 12005:2003 Lasers and laser-related equipment. Test methods for laser beam parameters. Polarization

EN ISO 12100-1:2003 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät

EN ISO 12100-2: 2003 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Tekniset periaatteet

EN 12254:1998 Lasertyöpaikoissa käytettävät suojukset. Turvallisuusvaatimukset ja testaus

EN ISO 13694:2001 Optics and optical instruments. Lasers and laser-related equipment. Test methods for laser beam power (energy) density distribution

EN ISO 13695:2004 Optiikka ja optiset laitteet. Laserit ja lasereihin liittyvät laitteet. Lasereiden spektriominaisuuksien testausmenetelmät

EN ISO 13697:2006 Optics and photonics. Lasers and laser-related equipment. Test methods for specular reflectance and regular transmittance of optical laser components

EN 13857:2008 Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille

EN ISO 14121-1: 2007 Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 1: Periaatteet

EN 14255-1:2005 Epäkoherentti optinen säteily. Osa 1: Keinotekoisien UV-lähteiden aiheuttaman altistuksen mittaaminen ja arviointi

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

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

EN ISO 14408:2005 Laserkirurgiassa käytettävät endot-rakeaaliputket. Merkitsemistä ja liitetietoja koskevat vaatimukset



EN ISO 15367-1:2003 Lasers and laser-related equipment. Test methods for determination of the shape of a laser beam wavefront. Terminology and fundamental aspects

EN ISO 15367-2:2005 Lasers and laser-related equipment. Test methods for determination of the shape of a laser beam wavefront. Shack-Hartmann sensors

EN ISO 17526:2003 Optics and optical instruments. Lasers and laser-related equipment. Lifetime of lasers

EN ISO 22827-1:2005 ND: YAG laserhitauskoneiden vastaanottotarkastus. Koneet optisilla kuiduilla. Osa 1: Laserasennukset

EN ISO 22827-2:2005 ND: YAG laserhitauskoneiden vastaanottotarkastus. Koneet optisilla kuiduilla. Osa 2: Liikkuva mekanismi

EN 60601-2-22:1996 Medical electrical equipment Part 2. Particular Requirements for Safety. Section 2.22. Specification for diagnostic and therapeutic laser equipment

EN 60825-1:2007 Safety of Laser Products. Part 1: Equipment Classification and Requirements

EN 60825-2:2004 Safety of Laser Products. Part 2: Safety of optical fibre communication systems

EN 60825-4:2006 Safety of Laser Products. Part 4: Laser guards

EN 60825-12:2004 Safety of Laser Products. Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information

EN 61040:1993 Power and Energy Measuring Detectors, Instruments, and Equipment for Laser Radiation

## G.2 Eurooppalaiset ohjeet

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

## G.3 ISO:n, IEC:n ja CIE:n asiakirjat

ISO TR 11146-3:2004 Lasers and laser-related equipment. Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios. Intrinsic and geometrical laser beam classification, propagation and details of test methods

ISO TR 11991:1995 Guidance on airway management during laser surgery of upper airway

ISO TR 22588:2005 Optics and photonics. Laser and laser-related equipment. Measurement and evaluation of absorption-induced effects in laser optical components

IEC TR 60825-3:2008 Safety of Laser Products. Part 3: Guidance for laser displays and shows

IEC TR 60825-5:2003 Safety of Laser Products. Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1

IEC TR 60825-8:2006 Safety of Laser Products. Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans

IEC TR 60825-13:2006 Safety of Laser Products. Part 13: Measurements for Classification of Laser Products

IEC TR 60825-14:2004 Safety of Laser Products. Part 14: A user's guide

IEC 62471:2006 Photobiological safety of lamps and lamp systems

CIE S 004-2001: Colours of Light Signals

ISO 16508/CIE S006.1/E-1999: Joint ISO/CIE Standard: Road Traffic Lights – Photometric Properties of 200 mm Roundel Signals

ISO 17166/CIE S007/E-1999: Joint ISO/CIE Standard: Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose

ISO 8995-1:2002(E)/CIE S 008/E:2001: Joint ISO/CIE Standard: Lighting of Work Places – Part 1: Indoor [incl. Technical Corrigendum ISO 8995:2002/Cor. 1:2005(E)]

CIE S 009/D:2002: Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen

ISO 23539:2005(E)/CIE S 010/E:2004: Joint ISO/CIE Standard: Photometry – The CIE System of Physical Photometry

ISO 23603:2005(E)/CIE S 012/E:2004: Joint ISO/CIE Standard: Standard Method of Assessing the Spectral Quality of Daylight Simulators for Visual Appraisal and Measurement of Colour

CIE S 015:2005: Lighting of Outdoor Work Places

ISO 8995-3:2006(E)/CIE S 016/E:2005: Joint ISO/CIE Standard: Lighting of work places – Part 3: Lighting Requirements for Safety and Security of Outdoor Work Places

ISO 28077:2006(E)/CIE S 019/E:2006: Joint ISO/CIE Standard: Photocarcinogenesis Action Spectrum (Non-Melanoma Skin Cancers)

ISO 30061:2007(E)/CIE S 020/E:2007: Emergency Lighting

# Liite H Valoherkkyys

## H.1 Mitä valoherkkyys on?

Näkyvän säteilyn tai UV-säteilyn aikaansaamat kemialliset reaktiot ovat luonnollisia prosesseja ja oleellisia elävien organismien selviytymisen kannalta. Niitä kutsutaan fotokemiallisiksi reaktioiksi: molekyyli tai elävä solu imee energiaa, aktivoituu ja tuottaa reaktion.

Tavanomaisissa olosuhteissa vaikutus on positiivinen eikä keholle aiheudu vahinkoa. Tässä tapauksessa tarkastellaan ihoa.

Tiettyjen aineiden imeytyminen, nieleminen tai hengittäminen voi aiheuttaa voimakkaita vahvistavia vaikutuksia ja aiheuttaa todellista vahinkoa, joka vastaa ihon eriasteista palamista auringonvalon vaikutuksesta. Näitä aineita kutsutaan yleisesti ”valoherkistäjiksi”.

Joskus haittavaikutukset (ihon palaminen, rakkulat, arkuus) ilmenevät lähes välittömästi.

Pitkän aikavälin seuraukset toistuvasta altistumisesta valolle valoherkistäjien vaikutuksen alaisena voi joskus lisätä kroonisten tautien puhkeamisen riskiä (esimerkiksi ihon nopea vanheneminen, ihosyöpä).

Suurin osa valoherkistäjistä imee säteilyä UVA-aallonpituusalueella ja jonkin verran myös UVB-säteilyn tai näkyvän säteilyn aallonpituusalueella. Niitä löytyy kaikkialta ympäristöstä:

- arkielämässä – tietyt lääkkeet, kuten jotkin sydänlääkkeet tai verenpainelääkkeet; jotkin kasvien ainesosat; puunsuoja-aineet, kuten karbolineumi; puutarhakasvit; hajusteet ja kosmetiikka
- työympäristössä – väriaineet, torjunta-aineet, painomusteet ja eläinten rehun lisäaineet
- sairaanhoidossa – valoterapia, antibakteeriset aineet, rauhoittavat lääkkeet, nesteenoistolääkkeet ja tulehduslääkkeet.

Luettelot eivät ole tyhjentyviä. Lisäksi jokapäiväisessä elämässä käytettävät tai lääkehoidosta peräisin olevat valoherkistäjät voivat tietenkin vaikuttaa valoherkyyteen työpaikalla altistumisessa.

Haitalliset vaikutukset riippuvat valolle herkistävän aineen tyypistä ja imeytyneestä, niellystä tai hengitetystä määrästä, altistumisen voimakkuudesta ja altistumisajasta sekä jokaisen yksilön geneettisistä ominaisuuksista (ihotyyppi).

## H.2 Työstä johtuvia seikkoja... Tai sitten ei

Kuten edellä on nähty, UV-säteilylle tai näkyvälle säteilylle altistumisesta aiheutuvat haitalliset vaikutukset valolle herkistävien aineiden yhteydessä voivat vaikuttaa keneen tahansa joko työssä tai muussa toiminnassa.

Suurin tekijä on sitä paitsi auringon tuottama luonnollinen säteily.

Koska luonnolliselle säteilylle altistumisesta aiheutuvat vaikutukset eivät kuulu direktiivin soveltamisalaan, luonnollisen säteilyn osalta tämä seikka annetaan ainoastaan tiedoksi.

## H.3 Työnantajan velvollisuudet

Direktiivissä vaaditaan työnantajaa suorittamaan riskien arviointi ja ottamaan huomioon keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvat vaarat ja riskit.

Työnantajan vastuulla oleviin tehtäviin kuuluu velvollisuus tiedottaa henkilöstölle mahdollisista riskeistä. Tietoisuuden lisääminen valolle herkistävien aineiden mahdollisista vaaroista tai riskeistä on erittäin tärkeää.

## H.4 Entä jos työssä altistuu keinotekoisien optisen säteilyn lähteille yhdessä valolle herkistävien aineiden kanssa?

Kun työnantaja suorittaa riskien arvioinnin, hänen tiedossaan eivät ole yksittäiset tilanteet, kuten työntekijän lääkehoito, jossa käytetään valolle herkistäviä lääkkeitä; työntekijän kodin remontti, jossa käytetään valolle herkistäviä aineita, tai työntekijän harrastukset, joissa käytetään valolle herkistäviä aineita (maali, muste, liima) jne.

Kun lääkehoito aloitetaan valolle herkistävillä lääkkeillä, lääkäri tavallisesti varoittaa auringonvalolle altistumisen mahdollisista haitallisista vaikutuksista. Joissain tapauksissa altistuminen auringonvalolle kielletään. Tällöin on suositeltavaa välttää myös liiallista altistumista keinotekoisien (ja luonnollisen) valon tai UV-säteilyn lähteille työssä. Lääkkeen tuotetietoihin on aina syytä tutustua. Työnantajalle kannattaa ilmoittaa asiasta joko itse tai käytössä olevia kanavia tai menettelyjä käyttäen. Jos työntekijä havaitsee iholla haitallisia vaikutuksia, hänen on otettava viipymättä yhteyttä lääkäriin. Lääkärille on kerrottava, jos epäilee vaikutusten johtuvan työstä. Jos työtä epäillään aiheuttajaksi, asiasta kannattaa ilmoittaa työnantajalle itse tai käytössä olevia kanavia tai menettelyjä käyttäen. Vain silloin työolosuhteita pystytään muuttamaan asianmukaisella tavalla.

# Liite I Tietolähteet

## I.1 Internet

Luettelot eivät ole tyhjentyviä. Sivun mainitseminen luettelossa ei tarkoita, että sivun sisältö hyväksytään tai sitä suositellaan.

## I.2 Neuvonta/sääntely

*Euroopan unioni*

Maa	Organisaatio	Verkkosivusto
Belgia	Institut pour la Prevention, la Protection et le Bien-Etre au Travail	<a href="http://www.prevent.be/net/net01.nsf">http://www.prevent.be/net/net01.nsf</a>
Tšekki	Státní zdravotní ústav	<a href="http://www.szu.cz">http://www.szu.cz</a>
	Centrum bezpečnosti práce a požární ochrany	<a href="http://www.civop.cz">http://www.civop.cz</a>
Tanska	Arbejdstilsynet	<a href="http://www.at.dk">http://www.at.dk</a>
Saksa	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	<a href="http://www.baua.de">http://www.baua.de</a>
	Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik	<a href="http://www.bgetf.de">http://www.bgetf.de</a>
Viro	TÖÖINSPEKTSIOON	<a href="http://www.ti.ee">http://www.ti.ee</a>
Irlanti	Health and Safety Authority	<a href="http://www.HSA.ie">http://www.HSA.ie</a>
Kreikka	EΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.	<a href="http://www.elinyae.gr">http://www.elinyae.gr</a>
Espanja	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo	<a href="http://www.insht.es/portal/site/Insht">http://www.insht.es/portal/site/Insht</a>
	APA, Asociación para la prevención de Accidentes Laborales	<a href="http://www.apa.es">http://www.apa.es</a>
Ranska	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail	<a href="http://www.afsset.fr">http://www.afsset.fr</a>
Italia	National Institute of Occupational Safety and Prevention	<a href="http://www.ispesl.it">http://www.ispesl.it</a>
Kypros	Ημερίδα με θέμα: Ασφαλής Πρόσδεση Φορτίων	<a href="http://www.cysha.org.cy">http://www.cysha.org.cy</a>
Latvia	Latvijas Medicīnas akadēmijas	<a href="http://home.parks.lv/ioeh">http://home.parks.lv/ioeh</a>
Luxemburg	Inspection du Travail et des Mines	<a href="http://www.itm.lu/itm">http://www.itm.lu/itm</a>
Unkari	Munkavédelmi Kutatási Közalapítvány	<a href="http://www.mkk.org.hu">http://www.mkk.org.hu</a>
Malta	Occupational Health and Safety Authority	<a href="http://www.ohsa.org.mt">http://www.ohsa.org.mt</a>
Alankomaat	TNO	<a href="http://www.arbeid.tno.nl">http://www.arbeid.tno.nl</a>
Itävalta	AUVA	<a href="http://www.auva.at">http://www.auva.at</a>
Puola	Centralny Instytut Ochrony Pracy	<a href="http://www.ciop.pl">http://www.ciop.pl</a>
Portugali	Autoridade para as Condições do Trabalho	<a href="http://www.act.gov.pt">http://www.act.gov.pt</a>
Romania	Institutul de Sănătate Publică	<a href="http://www.pub-health-iasi.ro">http://www.pub-health-iasi.ro</a>
Slovenia	Ministrstvo za delo, družino in socialne zadev	<a href="http://www.mdds.gov.si">http://www.mdds.gov.si</a>
Slovakia	Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky	<a href="http://www.uvzsr.sk">http://www.uvzsr.sk</a>
Suomi	Työterveyslaitos	<a href="http://www.occuphealth.fi">http://www.occuphealth.fi</a>
Ruotsi	Strålsäkerhetsmyndigheten	<a href="http://www.ssi.se">http://www.ssi.se</a>
Yhdistynyt kuningaskunta	Health Protection Agency	<a href="http://www.hpa.org.uk">http://www.hpa.org.uk</a>
	Health and Safety Executive	<a href="http://www.hse.gov.uk">http://www.hse.gov.uk</a>

### Kansainväliset järjestöt

Organisaatio	Verkkosivusto
Kansainvälinen ionisoimattoman säteilyn komitea ICNIRP (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection)	<a href="http://www.icnirp.de">http://www.icnirp.de</a>
Kansainvälinen valaistuskomissio CIE (International Commission on Illumination)	<a href="http://www.cie.co.at">http://www.cie.co.at</a>
Maailman terveysjärjestö WHO	<a href="http://www.who.int">http://www.who.int</a>
American Conference on Governmental Industrial Hygienists ACGIH	<a href="http://www.acgih.org">http://www.acgih.org</a>
Euroopan ammatillinen yhteisjärjestö EAY	<a href="http://www.etuc.org">http://www.etuc.org</a> <a href="http://hesa.etui-rehs.org">http://hesa.etui-rehs.org</a>
Euroopan kansanterveysallianssi EPHA	<a href="http://www.eph.org/r/64">http://www.eph.org/r/64</a>
Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto EU-OSHA	<a href="http://osha.europa.eu/">http://osha.europa.eu/</a>
Kansainvälinen työterveyskomissio ICOH	<a href="http://www.icohweb.org">http://www.icohweb.org</a>

### Muu maailma

Maa	Organisaatio	Verkkosivusto
Yhdysvallat	US Food and Drug Administration Center for Devices and Radiological Health	<a href="http://www.fda.gov/cdrh/">http://www.fda.gov/cdrh/</a>
Yhdysvallat	US Food and Drug Administration Medical Accident Database	<a href="http://www.accessdata.fda.gov">http://www.accessdata.fda.gov</a>
Yhdysvallat	United States Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine, Laser/Optical Radiation Program	chppm <a href="http://www.apgea.army.mil/laser/laser.html">http://www.apgea.army.mil/laser/laser.html</a>
Australia	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency	<a href="http://www.arpana.gov.au">http://www.arpana.gov.au</a>

## I.3 Standardit

Organisaatio	Verkkosivusto
Sähköalan kansainvälinen standardisointijärjestö IEC	<a href="http://www.iec.ch">http://www.iec.ch</a>
Euroopan sähkötekniinen standardointijärjestö Cenelec	<a href="http://www.cenelec.eu">http://www.cenelec.eu</a>
Euroopan standardointikomitea CEN	<a href="http://www.cen.eu">http://www.cen.eu</a>
Kansainvälinen standardointijärjestö ISO	<a href="http://www.iso.org">http://www.iso.org</a>
Yhdysvaltojen kansallinen standardointijärjestö ANSI	<a href="http://www.ansi.org">http://www.ansi.org</a>
ANSI:n standardointikomitea Z136 (Yhdysvaltojen laserturvallisuusstandardit)	<a href="http://www.z136.org">http://www.z136.org</a>

## I.4 Yhdistykset ja niiden verkkosivustot

Organisaatio	Verkkosivusto
European Optical Society	<a href="http://www.myeos.org">http://www.myeos.org</a>
SPIE	<a href="http://www.spie.org">http://www.spie.org</a>
Optical Society of America	<a href="http://www.osa.org">http://www.osa.org</a>
Laser Institute of America	<a href="http://www.laserinstitute.org">http://www.laserinstitute.org</a>
Association of Laser Users	<a href="http://www.ailu.org.uk">http://www.ailu.org.uk</a>
Institute of Physics	<a href="http://www.iop.org">http://www.iop.org</a>
Institute of Physics and Engineering in Medicine	<a href="http://www.ipem.org.uk">http://www.ipem.org.uk</a>
British Medical Laser Association	<a href="http://www.bmla.co.uk">http://www.bmla.co.uk</a>
European Leading Association of Luminous Radiant gas heaters Manufacturers	<a href="http://www.elvhis.com">http://www.elvhis.com</a>

## I.5 Lehdet

<http://www.optics.org>

Opto & Laser Europe

<http://www.health-physics.com>

Health Physics

[http://www.oxfordjournals.org/our\\_journals/rpd/about.html](http://www.oxfordjournals.org/our_journals/rpd/about.html)

Radiation Protection Dosimetry (abstrakteja lasereita koskevista julkaisuista)

<http://www.lfw.pennnet.com/home.cfm>

Laser Focus World (kuukausittain ilmestyvä yhdysvaltalainen optiikkaa käsittelevä lehti)

<http://www.photonics.com>

Photonics Spectra, Europhotonics ja BioPhotonics

<http://scitation.aip.org/jla/>

Journal of Laser Applications

<http://www.springerlink.com/content/1435-604X/>

Lasers in Medical Science

<http://fibers.org/fibresystems/schedule/fse.cfm>

Fibre Systems Europe

<http://www.laserist.org/Laserist/>

The Laserist (International Laser Display Association)

<http://www.ledsmagazine.com>

LEDs Magazine (LED-sovelluksia käsittelevä verkkolehti)

<http://www.ils-digital.com>

Industrial Laser Solutions

<http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>

Lasereihin ja optiikkaan liittyvä verkkotietosanakirja

## I.6 CD, DVD ja muut lähteet

Resurssi	Tuottaja	Huomautukset
Limits (CD)	Itävallan tutkimuskeskukset	Interaktiivinen koulutusohjelma (englanniksi ja saksaksi) teollisuuden ja tutkimuksen laserturvallisuudesta. CD:llä on 30 minuutin videokooste kaikista CD:n yhdeksästä osiosta. Osioita voidaan katsella myös ilman videokoostetta. Sisältää koeosion (monivalintatehtäviä) ja sanaston.
LIA – Mastering Light – Laser Safety (DVD)	LIA	DVD:llä käsitellään laserlaitteita, lasertyyppejä, lasereiden riskejä, riskienhallintatoimenpiteitä, varoituksia ja merkintöjä, suojalasiin säilytystä jne. Sisältää tietoa vanhasta laserluokituksesta.
Laser Safety in Higher Education (DVD)	University of Southampton	DVD:llä käsitellään lasersäteilyä ja ihmiskehoa, turvatoimenpiteitä, harmaasuotimia jne. Sisältää tietoa vanhasta laserluokituksesta.
LIA – CLSOs' Best Practices in Laser Safety (CD)	LIA	Kirja + CD. CD sisältää PowerPoint-esityksen luvuista 5.2.1.1 ja 5.2.1.3. Kirja on tarkoitettu laserturvallisuusohjelmien laatimisen tueksi.
Prevention of Labour Risks (CD)	INSHT	Jatkokurssi ylemmän tason tehtävien hoitamisesta. Versio 2.
Guide to Laser Safety	Laservision	Kirjanen (englanniksi ja saksaksi). Pääpaino on lasersäteeltä suojaavissa silmiensuojaimissa ja suodattimissa.
Laser-Augenschutz Filter-Select	BGETF	ACCESS, interaktiivinen lasersuojalasiin tietokanta

# Liite J Sanasto

## Altistumisen raja-arvo

Silmän tai ihon altistumisen enimmäismäärä, josta ei odoteta seuraavan haitallisia biologisia vaikutuksia.

## Energiatiheys

Tietynä aikana saapuva säteilyenergia  $dQ$  pinnalla, joka sisältää tietyn pisteen, jaettuna kyseisen pinnan pinta-alalla

$$H = \frac{dQ}{dA}$$

Vastaavasti irradianssin  $E$  integraali tiettyssä kohdassa tietynä aikana  $\Delta t$

$$H = \int_{\Delta t} E \cdot dt$$

SI-yksikkö:  $J \cdot m^{-2}$

## Epäkoherentti säteily

Kaikki optinen säteily lasersäteilyä lukuun ottamatta.

## Ihovaurion turvaetäisyys

Etäisyys, jossa irradianssi ylittää ihon altistumista koskevan, 8 tunnin altistumisen aikaisen raja-arvon.

Mittayksikkö: m

## Infrapunäsäteily

Optinen säteily, jonka aallonpituudet ovat pidempiä kuin näkyvässä säteilyssä.

Infrapunäsäteilyssä aallonpituusalue 780–10<sup>6</sup> nm jaetaan yleensä seuraavasti:

IRA (780–1 400 nm)

IRB (1 400–3 000 nm)

IRC (3 000–10<sup>6</sup> nm)

## Irradianssi (pinnan tiettyssä kohdassa)

Saapuva säteilyvirta  $d\Phi$  tietyllä pinnalla, jolla piste sijaitsee, jaettuna kyseisen pinnan pinta-alalla  $dA$  eli

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

SI-yksikkö:  $W \cdot m^{-2}$

## Luminanssi

Luminanssi lasketaan seuraavalla kaavalla

$$L_v = \frac{d\Phi_v}{dA \cdot \cos \theta \cdot d\Omega}$$

jossa

$d\Phi_v$  on tietyn pisteen läpi kulkevan ja tiettyyn suuntaan avaruuskulmassa  $d\Omega$  jatkuvan sädekimpun välittämä valovirta

$dA$  on kyseessä olevan sädekimpun ala, jolla tietty piste sijaitsee

$\theta$  on kulma, joka jää pinnasta katsottuna sädekimpun suunnan ja suorankulman väliin

Tunnus:  $L_v$

Mittayksikkö:  $cd \cdot m^{-2}$

## Näkyvä säteily

Optinen säteily, joka aiheuttaa suoraan näköaistimuksen.

*Huom.* Näkyvän säteilyn spektrialueelle ei voida antaa tarkkoja rajoja, sillä alue riippuu verkkokalvolle saapuvasta säteilytehosta ja havaitsijan herkkyydestä. Alarajana on yleensä 360–400 nm ja ylärajana 760–830 nm.

## Optinen säteily

Sähkömagneettinen säteily aallonpituusalueella, joka jää röntgensäteiden siirtymäalueen (noin 1 nm:n aallonpituus) ja radioaaltojen siirtymäalueen (noin 10<sup>6</sup> nm:n aallonpituus) väliin.



## Radianssi

(tiettyyn suuntaan tietyssä kohdassa todellisella tai kuvitteellisella pinnalla)

Radianssi lasketaan kaavalla

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

jossa

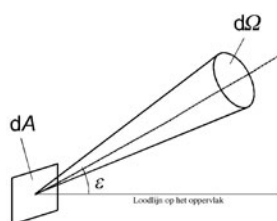
$d\Phi$  on tietyn pisteen läpi kulkevan ja tiettyyn suuntaan avaruuskulmassa  $d\Omega$  jatkavan sädekimpun välittämä säteilyteho (virta)

$dA$  on kyseessä olevan sädekimpun ala, jolla tietty piste sijaitsee

$\varepsilon$  on kulma, joka jää pinnasta katsottuna sädekimpun suunnan ja suorankulman väliin

Tunnus: L

SI-yksikkö:  $W \times m^{-2} \times sr^{-1}$



Kaaviokuva radianssin määritelmästä  
Kohtisuora vektori pintaa vasten

## Silmävaurion turvaetäisyys

Etäisyys, jossa säteen irradianssi tai energiatiheys on sama kuin asianmukainen silmien altistumista koskeva raja-arvo.

## Sinivaloriski

Fotokemiallisen verkkokalvovaurion mahdollisuus altistuttaessa optiselle säteilylle, jonka aallonpituusalue on 300–700 nm.

## Sinivaloriskin painokerroin

Spektrinen painokerroin, jossa otetaan huomioon ultraviolettisäteilyn ja näkyvän säteilyn fotokemialliset vaikutukset verkkokalvolle.

Tunnus:  $B(\lambda)$

SI-yksikkö: dimensioton

## Suojareaktio, tarkoituksellinen tai tahaton

Silmäluomen sulkeutuminen, silmän liike, pupillin pieneneminen tai pään poispäin kääntäminen optista säteilyä tuottavalle ärsykkeelle altistumisen välttämiseksi.

## Turvaetäisyys

Vähimmäisetäisyys lähteestä, jossa irradianssi/radianssi laskee asianmukaisen altistumisen raja-arvon alle.

## Ultraviolettisäteily (UV)

Optinen säteily, jonka aallonpituudet ovat lyhyempiä kuin näkyvän säteilyn.

Ultraviolettisäteilyssä aallonpituusalue 100–400 nm jaetaan yleensä seuraavasti:

UVA, 315–400 nm

UVB, 280–315 nm

UVC, 100–280 nm

Alle 180 nm:n aallonpituusalueella etenevä ultraviolettisäteily (VUV-säteily) imeytyy voimakkaasti ilmakehän happeen.

## UV-riski

Iholle ja silmille aiheutuvien akuuttien ja kroonisten haitallisten vaikutusten mahdollisuus altistuttaessa optiselle säteilylle, jonka aallonpituusalue on 180–400 nm.

## UV-riskin painokerroin

Spektrinen painokerroin, jolla pyritään suojelemaan terveyttä ja jossa otetaan huomioon ultraviolettisäteilyn yhdistetyt akuutit vaikutukset silmille ja iholle.

## Valaistusvoimakkuus (Ev)

(pinnan tietyssä kohdassa)

Saapuva valovirta  $d\Phi_v$  tietyllä pinnalla, jossa piste sijaitsee, jaettuna kyseisen pinnan pinta-alalla  $dA$  eli

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA}$$

Mittayksikkö: luks (lx)

## Verkkokalvon lämpövaurio

Silmän mahdollinen vaurioituminen, joka johtuu altistumisesta optiselle säteilylle, jonka aallonpituus on 380–1 400 nm.

## Verkkokalvon lämpövaurion painokerroin

Spektrinen painokerroin, jossa otetaan huomioon näkyvän säteilyn ja infrapunasäteilyn lämpövaikutus verkkokalvolle.

Tunnus:  $R(\lambda)$

SI-yksikkö: dimensioton

## Verkkokalvovaurion riskialue

Spektrialue 380–1 400 nm (näkyvä säteily ja IRA-säteily), jolla tavalliset optiset laitteet välittävät optisen säteilyn verkkokalvolle.

# Liite K Kirjallisuus

## K.1 Laserlaitteiden historia

Townes, Charles H., *How the Laser Happened – Adventures of a Scientist*, University Press, 1999.  
Maiman, Theodore, *The Laser Odyssey*, Laser Press, 2000.  
Bertolotti, M., *The History of the Laser*, Institute of Physics Publishing, 2005.  
Hecht, Jeff, *Beam: The Race to Make the Laser*, Oxford University Press, 2005.  
Taylor, Nick, *Laser: The Inventor, the Nobel Laureate, and the Thirty-Year Patent War*, iUniverse.com, 2007.

## K.2 Lääkinnälliset laserlaitteet

Sliney, D. ja Trokel, S., *Medical Lasers and their Safe Use*, Springer-Verlag, New York, 1993.  
Niemz, Markolf H., *Laser-Tissue Interactions – Fundamentals and Applications*, Springer, 2004.

## K.3 Laserturvallisuus ja optisen säteilyn turvallisuus

Sliney, D. ja Wolbarsht, M., *Safety with Lasers and Other Optical Sources*, Plenum, New York, 1980.  
Winburn, D. C., *Practical Laser Safety*, Marcel Dekker Inc. New York, 1985.  
*The Use of Lasers in the Workplace: A Practical Guide*. International Labour Office, Geneva, 1993.  
Henderson, Roy ja Schulmeister, Karl, *Laser Safety*, Institute of Physics Publishing, 2003.  
Barat, Ken, *Laser Safety Management*, CRC Press/Taylor & Francis, 2006.  
Sutter, Ernst, *Schutz vor optischer Strahlung*, VDE Verlag GmbH, 2002.

## K.4 Laserteknologia ja teoria

Hitz, Breck; Ewing, J. J. & Hecht, Jeff, *Introduction to Laser Technology*; IEEE Press, 2001.  
Webb, Colin ja Jones, Julian, (toim.), *Handbook of Laser Technology and Applications*

*Volume 1: Principles*

*Volume 2: Laser Design and Laser Systems*

*Volume 3: Applications*

Institute of Physics Publishing, 2004.

Chang, William S. C., *Principles of Lasers and Optics*, Cambridge University Press, 2005.

Paschotta, Rüdiger, *Field Guide to Lasers*, SPIE Press, 2008.

## K.5 Ohjeet ja lausunnot

"Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation)", *Health Physics* 87 (2), 2004, s. 171–186.

"Revision of the Guidelines on Limits of Exposure to Laser radiation of wavelengths between 400nm and 1.4µm", *Health Physics* 79 (4), 2000, s. 431–440.

"Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm)", *Health Physics* 73 (3), 1997, s. 539–554.

"Guidelines on UV Radiation Exposure Limits", *Health Physics* 71 (6), 1996, s. 978.

"Guidelines on Limits of Exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 180 nm and 1 mm", *Health Physics* 71 (5), 1996, s. 804–819.

"Proposed Change to the IRPA 1985 Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation", *Health Physics* 56 (6), 1989, s. 971–972.

"Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400nm (Incoherent Optical Radiation)", *Health Physics* 49 (2), 1985, s. 331–340.

"ICNIRP Statement on Far Infrared Radiation Exposure", *Health Physics* 91(6), 2006, s. 630–645.

Sliney, D.; Aron-Rosa, D.; DeLori, F.; Fankhouser, F.; Landry, R.; Mainster, M.; Marshall, J.; Rassow, B.; Stuck, B.; Trokel, S.; West, T. ja Wolfe, M., "Adjustment of guidelines for exposure of the eye to optical radiation from ocular instruments: statement from a task group of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection", *Applied Optics* 44 (11) 2005, s. 2162–2176.

"Health Issues of Ultraviolet Tanning Appliances used for Cosmetic Purposes", *Health Physics* 84 (1), 2004, s. 119–127.

"Light-Emitting Diodes (LEDs) and Laser Diodes: Implications for Hazard Assessment", *Health Physics* 78 (6), 2000, s. 744–752.

"Laser Pointers", *Health Physics* 77 (2), 1999, s. 218–220.

"Health Issues of Ultraviolet "A" Sunbeds Used for Cosmetic Purposes", *Health Physics* 61 (2), 1991, s. 285–288.

"Fluorescent Lighting and Malignant Melanoma", *Health Physics* 58 (1), 1990 s. 111–112.

"UV exposure guidance: a balanced approach between health risks and health benefits of UV and Vitamin D. Proceedings of an International Workshop", *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, nide 92, nro 1, syyskuu 2006 – ISSN 0079-6107.

McKinlay, A. F. ja Repacholi, M. H. (toim.), "Ultraviolet Radiation Exposure, Measurement and Protection. Proceedings of an International Workshop, NRPB, Chilton, UK, 18-20 October, 1999", *Nuclear Technology Publishing, Radiation Protection Dosimetry*, nide 91, 1999, s. 1–3. ISBN 187-09-6565-5.

*Measurements of Optical Radiation Hazards. A reference book based on presentations given by health and safety experts on optical radiation hazards, Gaithersburg, Maryland, USA, 1.–3. syyskuuta 1998*, ICNIRP / CIE-Publications, München, 1999. ISBN 978-3-9804789-5-3.

*Protecting Workers from UV Radiation*, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, International Labour Organization & World Health Organization, München, 2007. ISBN 978-3-934994-07-2.

"Health Effects from Ultraviolet Radiation: Report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation", *Documents of the NRPB*, Volume 13, No. 1, Health Protection Agency, 2002. ISBN 0-85951-475-7.

"Advice on Protection Against Ultraviolet Radiation", *Documents of the NRPB*, nide 13, nro 3, Health Protection Agency, 2002. ISBN 0-85951-498-6.

# Liite L Direktiivin 2006/25/EY teksti

L 114/38

FI

Euroopan unionin virallinen lehti

27.4.2006

## EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI 2006/25/EY,

annettu 5 päivänä huhtikuuta 2006,

**terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysikaalisista tekijöistä (keinotekoinen optinen säteily) aiheutuville riskeille (yhdeksästoista direktiivin 89/391/ETY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi)**

EUROOPAN PARLAMENTTI JA EUROOPAN UNIONIN NEUVOSTO,  
JOTKA

ottavat huomioon Euroopan yhteisön perustamissopimuksen ja erityisesti sen 137 artiklan 2 kohdan,

ottavat huomioon komission ehdotuksen<sup>(1)</sup>, jonka se on tehnyt työturvallisuuden ja työterveyden neuvoa-antavaa komiteaa kuultuaan,

ottavat huomioon Euroopan talous- ja sosiaalikomitean lausunnon<sup>(2)</sup>,

ovat kuulleet alueiden komiteaa,

noudattavat perustamissopimuksen 251 artiklassa määrättyä menettelyä<sup>(3)</sup> ja ottavat huomioon sovittelukomitean 31 päivänä tammikuuta 2006 hyväksymän yhteisen tekstin,

sekä katsovat seuraavaa:

(1) Perustamissopimuksen mukaan neuvosto voi antaa direktiivein säännökset vähimmäisvaatimuksista, joilla edistetään erityisesti työympäristön parantamista, taataksaan näin korkeatasoisemman työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden suojelun. Näitä direktiivejä säädettäessä on vältettävä asettamasta sellaisia hallinnollisia, taloudellisia ja oikeudellisia rasitteita, jotka vaikeuttaisivat pienten ja keskiuurten yritysten perustamista taikka haittaisivat niiden kehitystä.

(<sup>1</sup>) EYVL C 77, 18.3.1993, s. 12 ja EYVL C 230, 19.8.1994, s. 3.

(<sup>2</sup>) EYVL C 249, 13.9.1993, s. 28.

(<sup>3</sup>) Euroopan parlamentin lausunto, annettu 20. huhtikuuta 1994 (EYVL C 128, 9.5.1994, s. 146) ja vahvistettu 16. syyskuuta 1999 (EYVL C 54, 25.2.2000, s. 75), neuvoston yhteinen kanta, vahvistettu 18. huhtikuuta 2005 (EUVL C 172 E, 12.7.2005, s. 26), ja Euroopan parlamentin kanta, vahvistettu 16. marraskuuta 2005 (ei vielä julkaistu virallisessa lehdessä). Euroopan parlamentin lainsäädäntöpäätöslauselma, annettu 14. helmikuuta 2006 (ei vielä julkaistu virallisessa lehdessä), ja neuvoston päätös, tehty 23. helmikuuta 2006.

(2) Työntekijöiden sosiaalisia perusoikeuksia koskevan yhteisön peruskirjan soveltamiseen liittyvästä toimintaohjelmasta annetun komission tiedonannon mukaisesti on asetettava turvallisuutta ja terveyttä koskevia vähimmäisvaatimuksia työntekijöiden altistumiselle fyysikaalisista tekijöistä johtuville riskeille. Euroopan parlamentti antoi syyskuussa 1990 toimintaohjelmasta päätöslauselman<sup>(4)</sup>, jossa kehoitettiin komissiota muun muassa laatimaan erityisdirektiivi meluun, tärinään ja muihin työpaikan fyysikaalisiin tekijöihin liittyvistä riskeistä.

(3) Ensimmäisenä toimenpiteenä Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat 25 päivänä kesäkuuta 2002 direktiivin 2002/44/EY terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysikaalisista tekijöistä (tärinä) aiheutuville riskeille (kuudestoista direktiivin 89/391/ETY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi)<sup>(5)</sup>. Seuraavaksi Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat 6 päivänä helmikuuta 2003 direktiivin 2003/10/EY terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysikaalisista tekijöistä (melu) aiheutuville riskeille (seitsemästoista direktiivin 89/391/ETY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi)<sup>(6)</sup>. Sen jälkeen Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat 29 päivänä huhtikuuta 2004 direktiivin 2004/40/EY terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysikaalisista tekijöistä (sähkömagneettiset kentät) aiheutuville riskeille (kahdeksastoista direktiivin 89/391/ETY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi)<sup>(7)</sup>.

(4) Nyt on tarpeen ottaa käyttöön toimenpiteitä, joilla työntekijöitä suojellaan optiseen säteilyyn liittyviltä riskeiltä, koska ne vaikuttavat työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen ja vahingoittavat erityisesti silmiä ja ihoa. Näillä toimenpiteillä pyritään sekä varmistamaan jokaisen yksittäisen työntekijän terveys ja turvallisuus että luomaan perusta kaikkien yhteisön työntekijöiden vähimmäissuojalle, jotta vältetään mahdollinen kilpailun vääristyminen.

(5) Yksi tämän direktiivin tavoitteista on havaita ajoissa optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvat haitalliset terveysvaikutukset.

(<sup>4</sup>) EYVL C 260, 15.10.1990, s. 167.

(<sup>5</sup>) EYVL L 177, 6.7.2002, s. 13.

(<sup>6</sup>) EUVL L 42, 15.2.2003, s. 38.

(<sup>7</sup>) EUVL L 159, 30.4.2004, s. 1, direktiivi sellaisena kuin se on oikaistuna EUVL:ssä L 184, 24.5.2004, s. 1.

- (6) Tässä direktiivissä säädetään vähimmäisvaatimuksista, ja näin ollen jäsenvaltiot voivat pitää voimassa tai antaa tiukempia työsuojelumääräyksiä ja erityisesti asettaa alempia altistumisen raja-arvoja. Direktiivin täytäntöönpano ei saa olla perusteena jäsenvaltiossa vallitsevan tilanteen heikentymiseen.
- (7) Optisen säteilyn vaaroilta suojautumista koskevassa järjestelmässä olisi rajoitettava tarpeetonta yksityiskoh-taisuutta välttämättä määrittelemään saavutettavat tavoitteet, noudatettavat periaatteet ja sovellettavat perusarvot, jotta jäsenvaltiot voivat soveltaa vähimmäisvaatimuksia samalla tavoin.
- (8) Optiselle säteilylle altistumista voidaan vähentää tehokkaammin ottamalla ehkäisytoimenpiteet huomioon jo työpisteitä suunniteltaessa sekä valitsemalla työvälineet, -menettelyt ja -menetelmät siten, että riskiä vähennetään ensisijaisesti jo niiden alkulähteessä. Työvälineisiin ja -menetelmiin liittyvillä säännöksillä edistetään siten työntekijöiden suojelua. Toimenpiteistä työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden parantamisen edistämiseksi työssä 12 päivänä kesäkuuta 1989 annetun neuvoston direktiivin 89/391/ETY<sup>(1)</sup> 6 artiklan 2 kohdassa säädet-tyjen yleisten ennaltaehkäisyperiaatteiden mukaisesti kollektiiviset suojelutoimenpiteet ovat henkilökohtaisia suojelutoimenpiteitä tärkeämpiä.
- (9) Työnantajien olisi toteutettava tekniseen kehitykseen ja optiselle säteilylle altistumisen riskiä koskevaan tieteelli-seen tietämykseen perustuvia mukautuksia parantaak-seen työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden suojelua.
- (10) Koska tämä direktiivi on direktiivin 89/391/ETY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi, mainittua direktiiviä sovelletaan työntekijöiden altistumi-seen optiselle säteilylle, tämän kuitenkin rajoittamatta tähän direktiiviin sisältyvien tiukempien ja/tai yksityis-kohtaisempien säännösten soveltamista.
- (11) Tällä direktiivillä edistetään käytännössä sisämarkkinoi-den sosiaalisen ulottuvuuden toteutumista.
- (12) Yksi lisäkeino, jolla sekä edistetään paremman sääntelyn periaatetta että varmistetaan suojelun korkea taso, voidaan saavuttaa silloin, kun optisen säteilyn lähteiden ja niihin liittyvien laitteiden valmistajien tuotteet ovat niiden yhdenmukaistettujen standardien mukaisia, joiden tarkoituksena on suojella käyttäjien terveyttä ja turvalli-suutta kyseisistä tuotteista aiheutuilta vaaroilta. Työn-antajien ei siis ole tarpeen toistaa mittauksia ja laskelmia, jotka valmistaja on jo tehnyt sen määrittämiseksi, ovatko

kyseiset laitteet sovellettavissa yhteisön direktiiveissä säädettyjen keskeisten turvallisuusvaatimusten mukaisia, edellyttäen että laitteita on asianmukaisesti ja säännöllis-esti huollettu.

- (13) Tämän direktiivin täytäntöönpanemiseksi tarvittavista toimenpiteistä olisi päätettävä menettelystä komissiolle siirrettyä täytäntöönpanovaltaa käytettäessä 28 päivänä kesäkuuta 1999 tehdyn neuvoston päätöksen 1999/468/EY<sup>(2)</sup> mukaisesti.
- (14) Altistumisen raja-arvoja noudattamalla pitäisi saada korkeatasoinen suoja optiselle säteilylle altistumisesta mahdollisesti aiheutuvia terveysvaikutuksia vastaan.
- (15) Komission pitäisi laatia käytännön opas, jolla autetaan työnantajia ja erityisesti pienten ja keskiuurten yritysten johtajia paremmin ymmärtämään tämän direktiivin teknisiä säännöksiä. Komission pitäisi pyrkiä saamaan tämä opas valmiiksi mahdollisimman pian auttaakseen jäsenvaltioita toteuttamaan tämän direktiivin täytäntöön-panon edellyttämiä toimenpiteitä.
- (16) Paremmasta lainsäädännöstä toimielinten välillä tehdyn sopimuksen<sup>(3)</sup> 34 kohdan mukaisesti jäsenvaltioita kannustetaan laatimaan itseään varten ja yhteisön edun vuoksi omia taulukoitaan, joista ilmenee mahdollisuuk-sien mukaan tämän direktiivin ja kansallisen lainsäädän-nön osaksi saattamisen toimenpiteiden välinen vastaavuus, ja julkaisemaan ne,

OVAT ANTANEET TÄMÄN DIREKTIIVIN:

I JAKSO

## YLEISET SÄÄNNÖKSET

### 1 artikla

## Tarkoitus ja soveltamisala

1. Tässä direktiivissä, joka on yhdeksästoista direktiivin 89/391/ETY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi, säädetään vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemi-seksi heidän terveyteensä ja turvallisuuteensa kohdistuilta riskeiltä, jotka aiheutuvat tai saattavat aiheutua keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisesta työssä.

2. Tämä direktiivi koskee työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen kohdistuvia riskejä, jotka johtuvat keinotekoi-sen optisen säteilyn silmille ja iholle aiheuttamista haittavaik-tuksista.

<sup>(1)</sup> EYVL L 183, 29.6.1989, s. 1, direktiivi sellaisena kuin se on muutettuna Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksella (EY) N:o 1882/2003 (EUVL L 284, 31.10.2003, s. 1).

<sup>(2)</sup> EYVL L 184, 17.7.1999, s. 23.

<sup>(3)</sup> EUVL C 321, 31.12.2003, s. 1.

3. Direktiivin 89/391/ETY säännöksiä sovelletaan kaikilta osin 1 kohdassa tarkoitettulla alalla, sanotun kuitenkaan rajoittamatta tähän direktiiviin sisältyvien tiukempien ja/tai yksityiskohtaisempien säännösten soveltamista.

## 2 artikla

### Määritelmät

Tässä direktiivissä tarkoitetaan

- a) optisella säteilyllä sähkömagneettista säteilyä aallonpituusalueella 100 nm–1 mm. Optisen säteilyn spektri jakautuu ultraviolettisäteilyyn, näkyvään säteilyyn ja infrapunasäteilyyn;
  - i) ultraviolettisäteilyllä optista säteilyä aallonpituusalueella 100 nm–400 nm. Ultraviolettisäteily jaetaan UV-A-(315–400 nm), UV-B- (280–315 nm) ja UV-C-säteilyyn (100–280 nm);
  - ii) näkyvällä säteilyllä optista säteilyä aallonpituusalueella 380–780 nm;
  - iii) infrapunasäteilyllä optista säteilyä aallonpituusalueella 780 nm–1 mm. Infrapunasäteily jaetaan IRA-(780–1 400 nm), IRB- ((1 400–3 000 nm) ja IRC-säteilyyn ((3 000 nm–1 mm);
- b) laserilla (valon vahvistaminen säteilyn stimuloitun emission avulla) laitetta, joka voidaan saada tuottamaan tai vahvistamaan sähkömagneettista säteilyä optisen säteilyn aallonpituusalueella pääasiassa hallitun emissio-prosessin avulla;
- c) lasersäteilyllä laserista tulevaa optista säteilyä;
- d) epäkoherentilla säteilyllä optista säteilyä, joka on muuta kuin lasersäteilyä;
- e) altistumisen raja-arvoilla optiselle säteilylle altistumisen rajoja, jotka perustuvat suoraan todettuihin terveysvaikutuksiin ja biologisiin näkökohtiin. Näiden rajojen noudattamisella varmistetaan keinotekoisille optisen säteilyn lähteille altistuvien työntekijöiden suojeleminen kaikilta tunnetuilta haitallisilta terveysvaikutuksilta;
- f) irradianssilla (E) tai tehotiheydellä tietylle pinnalle kohdistuvaa säteilytehoa pinta-alayksikköä kohti, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti ( $W m^{-2}$ );

- g) energiatheydellä (H) irradianssin aikaintegraalia, joka ilmaistaan jouleina neliometriä kohti ( $J m^{-2}$ );
- h) radianssilla (L) säteilyvuota eli säteilytehoa avaruus-kulmayksikköä ja pinta-alayksikköä kohti, joka ilmaistaan watteina neliometriä ja steradiaania kohti ( $W m^{-2} sr^{-1}$ );
- i) tasolla irradianssin, säteilyaltistumisen ja radianssin yhdistelmää, jolle työntekijä on altistunut.

## 3 artikla

### Altistumisen raja-arvot

1. Muulle kuin luonnon optisen säteilyn lähteistä tulevalle epäkoherentille säteilylle altistumisen raja-arvot vahvistetaan liitteessä I.
2. Lasersäteilylle altistumisen raja-arvot vahvistetaan liitteessä II.

## II JAKSO

### TYÖNANTAJIEN VELVOLLISUUDET

## 4 artikla

### Altistumisen määrittely ja riskien arviointi

1. Jos työntekijät altistuvat keinotekoisille optisen säteilyn lähteille, työnantajan on direktiivin 89/391/ETY 6 artiklan 3 kohdassa ja 9 artiklan 1 kohdassa säädettyjä velvollisuuksia täyttäessään arvioitava ja tarvittaessa mitattava ja/tai laskettava optiselle säteilylle altistumisen tasot, joille työntekijät todennäköisesti altistuvat, jotta tarvittavat toimenpiteet altistumisen estämiseksi ylittämästä sovellettavia arvoja voidaan määrittää ja panna täytäntöön. Arvioinnissa, mittauksessa ja/tai laskennassa käytettävien menetelmien on noudatettava Kansainvälisen sähkötekniikan toimikunnan (IEC) standardeja lasersäteilyn osalta ja Kansainvälisen valaistustoimikunnan (CIE) ja Euroopan standardointikomitean (CEN) suosituksia epäkoherentin säteilyn osalta. Sellaisissa altistumistilanteissa, joita nämä standardit ja suositukset eivät kata, ja siihen asti, kunnes tarkoituksenmukaiset EU:n standardit tai suositukset ovat saatavissa, arviointi, mittaus ja/tai laskenta on suoritettava käytettävissä olevien kansallisten tai kansainvälisten tieteellisesti perusteltujen ohjeiden mukaisesti. Kaikkien altistumistilanteiden arvioinnissa voidaan ottaa huomioon myös laitteen valmistajan ilmoittamat tiedot, jos laite kuuluu asiaa koskevien yhteisön direktiivien soveltamisalaan.

2. Pätevien palveluntuottajien tai henkilöiden on suunniteltava ja suoritettava sopivin väliajoin 1 kohdassa tarkoitettua arviointi, mittaus ja/tai laskelmat, ottaen erityisesti huomioon direktiivin 89/391/ETY 7 ja 11 artiklan tarpeellisia päteviä palveluntuottajia tai henkilöitä sekä työntekijöiden kuulemista ja osallistumista koskevat säännökset. Arvioinneista saadut tiedot, mukaan luettuina altistumisen tason 1 kohdassa tarkoitetuista mittauksesta ja/tai laskelmista saadut tiedot, on säilytettävä sopivassa muodossa, jotta niitä voidaan käyttää myöhemmin.

3. Työnantajan on direktiivin 89/391/ETY 6 artiklan 3 kohdan säännösten mukaisesti otettava riskien arvioinnissa huomioon erityisesti seuraavat seikat:

- a) keinotekoisille optisen säteilyn lähteille altistumisen taso, aallonpituusalue ja kesto;
- b) tämän direktiivin 3 artiklassa tarkoitettua altistumisen raja-arvot;
- c) vaikutukset erityisen alttiin riskiryhmiin kuuluvien työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen;
- d) optisen säteilyn ja valolle herkistävien kemiallisten aineiden välisestä vuorovaikutuksesta työpaikalla mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen;
- e) epäsuorat vaikutukset kuten väliaikainen sokaistuminen, räjähdys tai tulipalo;
- f) korvaavien laitteiden olemassaolo, jotka on suunniteltu vähentämään keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumista;
- g) terveydentilan seurannassa saadut tiedot, mukaan lukien julkaistut tiedot, silloin kun se on mahdollista;
- h) altistuminen useille keinotekoisien optisen säteilyn lähteille;
- i) asianmukaisessa IEC-standardissa määritelty laseriin sovellettava luokitus ja vastaavat luokitukset muiden keinotekoisien lähteiden osalta, jotka todennäköisesti aiheuttavat samanlaisen vaurion kuin luokan 3B tai 4 laser;
- j) tiedot, jotka optisen säteilyn lähteiden ja niihin liittyvien työvälineiden valmistajat ovat antaneet asiaa koskevien yhteisön direktiivien mukaisesti.

4. Työnantajalla on oltava hallussaan arviointi riskeistä direktiivin 89/391/ETY 9 artiklan 1 kohdan a alakohdan mukaisesti, ja työnantajan on eriteltävä ne toimenpiteet, jotka on toteutettava tämän direktiivin 5 ja 6 artiklan mukaisesti. Riskiestä laadittu arviointi on tallennettava soveltuvaan muodossa kansallisen lainsäädännön ja käytännön mukaisesti; se voi sisältää työnantajan perustelut sille, että optiseen säteilyyn liittyvien riskien luonteen ja laajuuden vuoksi yksityiskohtaisempi riskien arviointi on tarpeeton. Riskien arviointi on ajantasaistettava säännöllisesti, erityisesti, jos on tapahtunut merkittäviä muutoksia, jotka voisivat tehdä sen vanhentuneeksi, tai jos terveydentilan seurannan tulokset osoittavat sen tarpeelliseksi.

#### 5 artikla

### Riskien estämistä tai vähentämistä koskevat säännökset

1. Keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvat riskit on poistettava tai pienennettävä niin vähäisiksi kuin mahdollista ottaen huomioon tekninen kehitys ja toimenpiteet, jotka ovat käytettävissä riskin hallitsemiseksi sen syntyvaiheessa.

Keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisesta aiheutuvia riskejä on vähennettävä noudattaen direktiivissä 89/391/ETY säädettyjä yleisiä ehkäiseviä toimenpiteitä koskevia periaatteita.

2. Jos 4 artiklan 1 kohdan mukaisesti toteutetussa riskien arvioinnissa keinotekoisille optisen säteilyn lähteille altistuvien työntekijöiden osalta ilmenee, että altistumisen raja-arvot saattavat ylittyä, työnantajan on laadittava ja toteutettava toimintasuunnitelma, joka käsittää teknisiä ja/tai organisatorisia toimenpiteitä raja-arvot ylittävän altistumisen estämiseksi, ottaen huomioon erityisesti seuraavat seikat:

- a) vaihtoehtoiset työmenetelmät, jotka vähentävät optisesta säteilystä aiheutuvaa riskiä;
- b) vähemmän optista säteilyä lähettävien laitteiden valitseminen, tehtävä työ huomioon ottaen;
- c) tekniset toimenpiteet optisen säteilyn vähentämiseksi, mukaan lukien tarvittaessa varmuuslukituksen, koteloinnin tai vastaavien terveydensuojelujärjestelmien käyttö;
- d) asianmukaiset työvälineiden, työpaikkojen ja työpisteissä käytettävien järjestelmien huolto-ohjelmat;
- e) työpaikkojen ja työpisteiden suunnittelu;
- f) altistumisen keston ja tason rajoittaminen;
- g) asianmukaisten henkilönsuojaimien saatavuus;
- h) laitteen valmistajan ohjeet, jos laite kuuluu asiaa koskevien yhteisön direktiivien soveltamisalaan.

3. Edellä 4 artiklan mukaisesti toteutetun riskien arvioinnin perusteella sellaiset työpaikat, joissa työntekijät saattavat altistua altistumisen raja-arvot ylittävälle optiselle säteilylle, on osoitettava asianmukaisin merkein työssä käytettäviä turvallisuus- ja/tai terveystarkkailuja koskevista vähimmäisvaatimuksista 24 päivänä kesäkuuta 1992 annetun neuvoston direktiivin 92/58/ETY (yhdeksäs direktiivin 89/391/ETY 16 artiklan 1 kohdassa tarkoitettu erityisdirektiivi) <sup>(1)</sup> mukaisesti. Kyseessä olevat alueet on myös merkittävä ja pääsyä niille on rajoitettava, jos se on teknisesti mahdollista ja jos altistumisen raja-arvojen ylittymisen riski on olemassa.

4. Työntekijöiden altistus ei saa ylittää altistumisen raja-arvoja. Joka tapauksessa, jos altistumisen raja-arvot ylittyvät huolimatta toimenpiteistä, jotka työnantaja on toteuttanut tämän direktiivin perusteella keinotekoisien optisen säteilyn lähteiden osalta, on työnantajan välittömästi ryhdyttävä toimenpiteisiin altistumisen vähentämiseksi altistumisen raja-arvojen alapuolelle. Työnantajan on yksilöitävä syyt, joiden vuoksi altistumisen raja-arvot on ylitetty, ja mukautettava suojele- ja ehkäisytoimenpiteitä siten, ettei raja-arvojen ylitys toistu.

5. Työnantajan on direktiivin 89/391/ETY 15 artiklan nojalla mukautettava tässä artiklassa tarkoitetut toimenpiteet riskeille erityisen alttiisiin riskiryhmiin kuuluvia työntekijöitä koskeviin vaatimuksiin.

#### 6 artikla

### Työntekijöille annettavat tiedot ja koulutus

Työnantajan on, tämän kuitenkaan rajoittamatta direktiivin 89/391/ETY 10 ja 12 artiklan soveltamista, varmistettava, että työssään keinotekoisesta optisesta säteilystä aiheutuville riskeille altistuvat työntekijät ja/tai heidän edustajansa saavat kaiken tarvittavan, tämän direktiivin 4 artiklassa tarkoitetusta riskien arvioinnista saatuihin tuloksiin liittyvän tiedon ja koulutuksen, joka koskee erityisesti

- tämän direktiivin täytäntöönpanemiseksi toteutettuja toimenpiteitä;
- altistumisen raja-arvoja sekä niihin liittyviä mahdollisia riskejä;
- tämän direktiivin 4 artiklan mukaisesti suoritettujen, keinotekoiselle optiselle säteilylle altistumisen tasojen arviointien, mittauksien ja/tai laskelmien tuloksia, mukaan luettuna niiden merkityksen ja mahdollisten riskien selitykset;
- altistumisen haitallisten terveysvaikutusten havaitsemista ja ilmoittamista;

<sup>(1)</sup> EYVL L 245, 26.8.1992, s. 23.

- olosuhteita, joissa työntekijöillä on oikeus terveydentilan seurantaan;
- turvallisia työtapoja altistumisesta aiheutuvien riskien vähentämiseksi mahdollisimman alhaiselle tasolle;
- asianmukaisten henkilönsuojaimien oikeaa käyttöä.

#### 7 artikla

### Työntekijöiden kuuleminen ja osallistuminen

Työntekijöiden ja/tai heidän edustajiensa kuuleminen ja osallistuminen on tämän direktiivin soveltamisalaa kuuluvissa asioissa järjestettävä direktiivin 89/391/ETY 11 artiklan mukaisesti.

#### III JAKSO

### MUUT SÄÄNNÖKSET

#### 8 artikla

### Terveydentilan seuranta

1. Jotta vältetään ja havaitaan ajoissa haitalliset terveysvaikutukset ja torjutaan pitkäaikaiset terveysriskit sekä kroonisten sairauksien vaarat, jotka johtuvat optiselle säteilylle altistumisesta, jäsenvaltioiden on annettava säännöksiä työntekijöiden terveydentilan asianmukaisen seurannan varmistamiseksi direktiivin 89/391/ETY 14 artiklan mukaisesti.

2. Jäsenvaltioiden on varmistettava, että terveydentilan seurannan suorittaa lääkäri, työterveysalan ammattilainen tai lääkintäviranomaisena, joka vastaa terveydentilan seurannasta kansallisen lainsäädännön ja/tai käytännön mukaisesti.

3. Jäsenvaltioiden on otettava käyttöön järjestelyjä sen varmistamiseksi, että kustakin työntekijästä, jonka terveydentilaa seurataan 1 kohdan mukaisesti, kirjataan terveydentilaa koskevat tiedot, ja pidetään ne ajan tasalla. Näissä tiedoissa on oltava yhteenveto suoritettujen terveydentilan seurannan tuloksista. Tiedot on säilytettävä sellaisessa muodossa, että niihin voidaan tutustua myöhemmin, kuitenkin mahdollinen luottamuksellisuus huomioon ottaen. Toimivaltaiselle viranomaiselle on toimitettava pyynnöstä jäljennökset tarvittavista tiedoista, kuitenkin mahdollinen luottamuksellisuus huomioon ottaen. Työnantajan on toteutettava asianmukaisia toimenpiteitä varmistamiseksi, että koska 4 artiklassa tarkoitettujen riskinarvioinnin tuloksilla voi olla merkitystä terveydentilan seurannassa, tällaiset tulokset ovat lääkärin, työterveysalan ammattilaisen tai tapauksen mukaan jäsenvaltion määrittämän, terveydentilan seurannasta vastaavan lääkintäviranomaisen saatavilla. Työntekijöillä on oltava oikeus pyynnöstä tutustua omaa terveydentilaansa koskeviin tietoihin.



4. Jos havaitaan raja-arvot ylittävä altistuminen, asianomaiselle työntekijälle tai asianomaisille työntekijöille on joka tapauksessa annettava mahdollisuus lääkärintarkastukseen kansallisen lain ja käytännön mukaisesti. Lääkärintarkastus on suoritettava myös, jos työntekijällä todetaan terveydentilan seurannassa tunnistettavissa oleva sairaus tai terveydellisiä haittavaikutuksia, joiden lääkäri tai työterveysalan ammattilainen katsoo johtuvan työssä tapahtuneesta altistumisesta keinotekoiselle optiselle säteilylle. Kummassakin tapauksessa, kun raja-arvot ylittyvät tai tunnistetaan haitallisia terveysvaikutuksia (esimerkiksi sairaus),

- a) lääkärin tai muun soveltuvan pätevyyden omaavan henkilön on ilmoitettava työntekijälle häntä koskevista tuloksista. Työntekijälle on annettava erityisesti tiedot ja ohjeet mahdollisesta terveydentilan seurannasta, johon hänen olisi osallistuttava altistumisen päättymisen jälkeen;
- b) työnantajalle on ilmoitettava kaikista terveydentilan seurannan yhteydessä tehdyistä merkittävistä havainnoista, kuitenkin terveystietojen mahdollinen luottamuksellisuus huomioon ottaen;
- c) työnantajan on

- tarkistettava 4 artiklan mukaisesti suoritettu riskien arviointi,
- tarkistettava 5 artiklan mukaiset riskien poistamiseksi tai vähentämiseksi tarkoitetut toimenpiteet,
- otettava huomioon työterveysalan ammattilaisen tai muun soveltuvan pätevyyden omaavan henkilön tai toimivaltaisen viranomaisen ohjeet toteuttaessaan riskin poistamiseksi tai vähentämiseksi vaadittavia toimenpiteitä 5 artiklan mukaisesti, ja
- järjestettävä terveydentilan jatkuva seuranta ja huolehdittava muiden mahdollisesti samalla tavalla altistuneiden työntekijöiden terveydentilan tarkastamisesta. Näissä tapauksissa toimivaltainen lääkäri tai työterveysalan ammattilainen tai toimivaltainen viranomainen voi ehdottaa, että altistuneille henkilöille suoritetaan lääkärintarkastus.

#### 9 artikla

#### Seuraamukset

Jäsenvaltioiden on säädettävä tämän direktiivin mukaisesti annetun kansallisen lainsäädännön rikkomiseen sovellettavista asianmukaisista seuraamuksista. Näiden seuraamusten on oltava tehokkaita, oikeasuhteisia ja varoittavia.

#### 10 artikla

#### Tekniset muutokset

1. Euroopan parlamentti ja neuvosto hyväksyvät liitteissä esitettyjen altistumisen raja-arvojen mahdolliset muutokset perustamissopimuksen 137 artiklan 2 kohdassa määrättyä menettelyä noudattaen.

2. Liitteisiin tehtävistä pelkästään teknisistä muutoksista, jotka ovat

- a) työvälineiden ja/tai työpaikkojen suunnittelua, rakentamista tai valmistamista koskevasta teknisestä yhdenmukaistamisesta ja standardoinnista annettavien direktiivien mukaisia,
- b) tekniikan kehityksen, keskeisimmässä yhdenmukaistetuissa eurooppalaisissa standardeissa tai kansainvälisissä eritelmissä tapahtuvien muutosten sekä työperäistä altistumista optiselle säteilylle koskevien uusien tieteellisten tutkimustulosten mukaisia,

päätetään 11 artiklan 2 kohdassa tarkoitettua menettelyä noudattaen.

#### 11 artikla

#### Komitea

1. Komissiota avustaa direktiivin 89/391/ETY 17 artiklassa tarkoitettu komitea.

2. Jos tähän kohtaan viitataan, sovelletaan päätöksen 1999/468/EY 5 ja 7 artiklaa ottaen huomioon mainitun päätöksen 8 artiklan säännökset.

Päätöksen 1999/468/EY 5 artiklan 6 kohdassa tarkoitettu määräaika vahvistetaan kolmeksi kuukaudeksi.

3. Komitea vahvistaa työjärjestyksensä.

#### IV JAKSO

#### LOPPUSÄÄNNÖKSET

#### 12 artikla

#### Kertomukset

Jäsenvaltioiden on annettava komissiolle viiden vuoden välein tämän direktiivin käytännön täytäntöönpanoa koskeva kertomus, jossa esitetään työmarkkinaosapuolten näkemykset.

Komissio tiedottaa Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä työturvallisuuden ja työterveyden neuvonantavalle komitealle viiden vuoden välein näiden kertomusten sisällöstä sekä suorittamastaan niiden arvioinnista, kyseisen alan kehityksestä ja uuden tieteellisen tiedon perusteella mahdollisesti tarvittavista toimenpiteistä.

13 artikla

**Käytännön opas**

Tämän direktiivin täytäntöönpanon helpottamiseksi komissio laatii 4 ja 5 artiklaa sekä liitteitä I ja II koskevan käytännön oppaan.

14 artikla

**Saattaminen osaksi kansallista lainsäädäntöä**

1. Jäsenvaltioiden on saatettava tämän direktiivin noudattamisen edellyttämät lait, asetukset ja hallinnolliset määräykset voimaan viimeistään 27 päivänä toukokuuta 2010. Niiden on ilmoitettava tästä komissiolle viipymättä.

Näissä jäsenvaltioiden antamissa säädöksissä on viitattava tähän direktiiviin tai niihin on liitettävä tällainen viittaus silloin, kun ne virallisesti julkaistaan. Jäsenvaltioiden on säädettävä siitä, miten viittaukset tehdään.

2. Jäsenvaltioiden on toimitettava tässä direktiivissä tarkoitettuja kysymyksistä antamansa kansalliset säännökset kirjallisina komissiolle.

15 artikla

**Voimaantulo**

Tämä direktiivi tulee voimaan päivänä, jona se julkaistaan *Euroopan unionin virallisessa lehdessä*.

16 artikla

**Osoitus**

Tämä direktiivi on osoitettu kaikille jäsenvaltioille.

Tehty Strasbourgissa 5 päivänä huhtikuuta 2006.

*Euroopan parlamentin puolesta*

*Puhemies*

J. BORRELL FONTELLES

*Neuvoston puolesta*

*Puheenjohtaja*

H. WINKLER

LIITE I

**Epäkoherentti optinen säteily**

Biofysikaalisesti merkittävät optisen säteilyn altistumisarvot voidaan määrittää alla esitettyjen kaavojen avulla. Tietyn kaavan käyttö riippuu kulloisestakin lähteestä tulevan säteilyn alueesta, ja tuloksia olisi verrattava vastaaviin altistumisen raja-arvoihin, jotka on esitetty taulukossa 1.1. Joihinkin optisen säteilyn lähteisiin voidaan soveltaa useampaa kuin yhtä altistumisarvoa ja sitä vastaavaa altistumisrajaa.

Jäljempänä olevat a–o alakohdat viittaavat vastaaviin riveihin taulukossa 1.1.

$$a) \quad H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{eff}} \text{ on merkityksellinen vain välillä } 180\text{--}400 \text{ nm})$$

$$b) \quad H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{UVA}} \text{ on merkityksellinen vain välillä } 315\text{--}400 \text{ nm})$$

$$c, d) \quad L_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (L_{\text{B}} \text{ on merkityksellinen vain välillä } 300\text{--}700 \text{ nm})$$

$$e, f) \quad E_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{B}} \text{ on merkityksellinen vain välillä } 300\text{--}700 \text{ nm})$$

$$g\text{--}l) \quad L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\lambda_1 \text{ ja } \lambda_2 : \text{ ks. asianmukaiset arvot taulukosta 1.1})$$

$$m, n) \quad E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{IR}} \text{ on merkityksellinen vain välillä } 780\text{--}3\,000 \text{ nm})$$

$$o) \quad H_{\text{ihö}} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{ihö}} \text{ on merkityksellinen vain välillä } 380\text{--}3\,000 \text{ nm})$$

Tässä direktiivissä yllä esitetyt kaavat voidaan korvata seuraavilla lausekkeilla ja käyttämällä taulukoissa esitettyjä erillisiä arvoja:

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

$$b) \quad E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{ja } H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$$

$$c, d) \quad L_{\text{B}} = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$e, f) \quad E_{\text{B}} = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$g\text{--}l) \quad L_{\text{R}} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (\lambda_1 \text{ ja } \lambda_2 : \text{ ks. asianmukaiset arvot taulukosta 1.1})$$

$$m, n) \quad E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

$$o) \quad E_{\text{iho}} = \sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{ja } H_{\text{iho}} = E_{\text{iho}} \cdot \Delta t$$

*Selitykset:*

- $E_{\lambda}(\lambda, t)$ ,  $E_{\lambda}$  *spektrinen irradianssi tai spektrinen tehoitiheys:* tietylle pinnalle kohdistuva säteilyteho pinta-alayksikköä kohti, joka ilmaistaan watteina neliometriä ja nanometriä kohti [ $\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ ];  $E_{\lambda}(\lambda, t)$ :n ja  $E_{\lambda}$ :n arvot tulevat mittauksista tai laitteiston valmistaja voi toimittaa ne;
- $E_{\text{eff}}$  *efektiivinen irradianssi (UV-alue):*  $S(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu laskettu irradianssi UV-aallonpituusalueella 180–400 nm, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $H$  *energiatiheys:* irradianssin aikaintegraali, ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $H_{\text{eff}}$  *efektiivinen energiatiheys:*  $S(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu säteilyaltistuminen, joka ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $E_{\text{UVA}}$  *kokonaisirradianssi (UVA):* laskettu irradianssi UVA-aallonpituusalueella 315 — 400 nm, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $H_{\text{UVA}}$  *energiatiheys (UVA):* irradianssin integraali ajan ja aallonpituuden suhteen UVA-aallonpituusalueella 315–400 nm, joka ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $S(\lambda)$  *spektrinen painotus,* jossa otetaan huomioon UV-säteilyn silmiin ja ihoon kohdistuvien terveysvaikutusten aallonpituusriippuvuus, (taulukko 1.2) [dimensioton];
- $t, \Delta t$  *aika, altistumisen kesto,* joka ilmaistaan sekunteina [s];
- $\lambda$  *aallonpituus,* joka ilmaistaan nanometreinä [nm];
- $\Delta \lambda$  *kaistanleveys,* joka ilmaistaan nanometreinä [nm], laskelma- tai mittaussväli;
- $L_{\lambda}(\lambda), L_{\lambda}$  *lähteen spektrinen radianssi,* joka ilmaistaan watteina neliometriä, steradiaania ja nanometriä kohti [ $\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ nm}^{-1}$ ];
- $R(\lambda)$  *spektrinen painotus,* jossa otetaan huomioon näkyvän ja IRA-säteilyn silmälle aiheuttaman lämpövaurion aallonpituusriippuvuus (taulukko 1.3) [dimensioton];
- $L_{\text{R}}$  *efektiivinen radianssi (lämpövaurio):*  $R(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu laskettu radianssi, joka ilmaistaan watteina neliometriä ja steradiaania kohti [ $\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ ];
- $B(\lambda)$  *spektrinen painotus,* jossa otetaan huomioon sinisen valon silmälle aiheuttaman fotokemiallisen vaurion aallonpituusriippuvuus (taulukko 1.3) [dimensioton];
- $L_{\text{B}}$  *efektiivinen radianssi (sininen valo):*  $B(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu laskettu radianssi, joka ilmaistaan watteina neliometriä ja steradiaania kohti [ $\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ ];
- $E_{\text{B}}$  *efektiivinen irradianssi (sininen valo):*  $B(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu laskettu irradianssi, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $E_{\text{IR}}$  *kokonaisirradianssi (lämpövaurio):* laskettu infrapunasäteilyn irradianssi aallonpituusalueella 780 nm–3 000 nm, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $E_{\text{iho}}$  *kokonaisirradianssi (näkyvä, IRA ja IRB):* laskettu näkyvän ja infrapunasäteilyn irradianssi aallonpituusalueella 380 nm–3 000 nm, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [ $\text{W m}^{-2}$ ];
- $H_{\text{iho}}$  *energiatiheys:* irradianssin aika- ja aallonpituusintegraali näkyvän ja infrapunasäteilyn aallonpituusalueella 380–3 000 nm, joka ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [ $\text{J m}^{-2}$ ];
- $\alpha$  *kulmakoko:* näkyvän lähteen tietyllä katseluetäisyydellä rajaama kulma, joka ilmaistaan milliradiaaneina (mrad). Näkyvä lähde on todellinen tai virtuaalinen kohde, joka muodostaa pienimmän mahdollisen kuvan verkkokalvolle.

Taulukko 1.1  
Alitumisen raja-arvot epäkohorentille optiselle säteilylle

Kohta	Aallonpituus nm	Alitumisen raja-arvo	Yksiköt	Huomautus	Kehonosa	Vaurio
a.	180–400 (UVA, UVB ja UVC)	$H_{\text{diff}} = 30$ päivittäinen arvo (8 h)	[J m <sup>-2</sup> ]		silmä sarveikalvo sidekalvo mykiö iho	sarveikalvotulehdus sidekalvotulehdus harmaakaihi eryteema elastoosi ihosyöpä
b.	315–400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ päivittäinen arvo (8 h)	[J m <sup>-2</sup> ]		silmä mykiö	harmaakaihi
c.	300–700 (sininen valo) ks. huom. 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ kun $t \leq 10\,000$ s	$L_B$ : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [sekuntia]	kun $\alpha \geq 11$ mrad		
d.	300–700 (sininen valo) ks. huom. 1	$L_B = 100$ kun $t > 10\,000$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]			
e.	300–700 (sininen valo) ks. huom. 1	$E_B = \frac{100}{t}$ kun $t \leq 10\,000$ s	$E_B$ : [W m <sup>-2</sup> ] t: [sekuntia]	kun $\alpha < 11$ mrad ks. huom. 2	silmä verkko- kalvo	verkkokalvonrappeuma
f.	300–700 (sininen valo) ks. huom. 1	$E_B = 0,01$ kun $t > 10\,000$ s	[W m <sup>-2</sup> ]			

Kohita	Aallonpituus nm	Altistumisen raja-arvo	Yksiköt	Huomautus	Kehonosa	Vaurio
g.	380–1 400 (näkyvä ja IR <sub>A</sub> )	$L_R = \frac{2,8 \times 10^7}{C_a}$ kun $t > 10$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_a = 1,7$ , kun $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_a = \alpha$ , kun $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = 100$ , kun $\alpha > 100$ mrad $\lambda = 380; \lambda_2 = 1 400$	silmä verkkokalvo- kalvo	verkkokalvon palovamma
h.	380–1 400 (näkyvä ja IR <sub>A</sub> )	$L_R = \frac{5 \times 10^7}{C_a t^{0,25}}$ kun $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	$L_R$ : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [sekuntia]			
i.	380–1 400 (näkyvä ja IR <sub>A</sub> )	$L_R = \frac{8,89 \times 10^8}{C_a}$ kun $t < 10 \mu\text{s}$	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]			
j.	780–1400 (IR <sub>A</sub> )	$L_R = \frac{6 \times 10^6}{C_a}$ kun $t > 10$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_a = 11$ , kun $\alpha \leq 11$ mrad $C_a = \alpha$ , kun $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = 100$ , kun $\alpha > 100$ mrad (mittausnäkökenttä: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1 400$	silmä verkkokalvo	verkkokalvon palovamma
k.	780–1 400 (IR <sub>A</sub> )	$L_R = \frac{5 \times 10^7}{C_a t^{0,25}}$ kun $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	$L_R$ : [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [sekuntia]			
l.	780–1 400 (IR <sub>A</sub> )	$L_R = \frac{8,89 \times 10^8}{C_a}$ kun $t < 10 \mu\text{s}$	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]			
m.	780–3 000 (IR <sub>A</sub> ja IR <sub>B</sub> )	$E_{IR} = 18 000 t^{-0,75}$ kun $t \leq 1 000$ s	E: [W m <sup>-2</sup> ] t: [sekuntia]		silmä sarveiskalvo mykiö	sarveiskalvon palovamma harmaakaihi
n.	780–3 000 (IR <sub>A</sub> ja IR <sub>B</sub> )	$E_{IR} = 100$ kun $t > 1 000$ s	[W m <sup>-2</sup> ]			

Kohita	Aallonpituus nm	Altistumisen raja-arvo	Yksiköt	Huomautus	Kehonosa	Vaurio
o.	380–3 000 (näkyvä, IRA ja IRB)	$H_{Iho} = 20\,000\ t^{0,25}$ kun $t < 10\ s$	H: $[J\ m^{-2}]$ t: [sekuntia]		iho	palovamma

**Huom 1:** Alue 300–700 nm kattaa osan UVB-säteilystä, UVA-säteilyn kokonaan ja suurimman osan näkyvästä säteilystä. Näihin liittyvään riskiin viitataan kuitenkin yleisesti ilmauksella "sininen valo". Tarkasti ottaen sininen valo kattaa ainoastaan suunnilleen 400–490 nm:n välisen alueen.

**Huom 2:** Paikallaan pysyvien erittäin pienien (kulmakoko on < 11 mrad) lähteiden osalta  $L_B$  voidaan korvata  $E_B$ :llä. Tätä sovelletaan tavallisesti vain oftalmologisiin laitteisiin tai liikkumattomaan silmään anestesian aikana. Suurin mahdollinen "tuojustus aika" saadaan seuraavasti:  $t_{max} = 100/E_B$ , jossa  $E_B$  on ilmaistu wattina nelömetriä kohti ( $W\ m^{-2}$ ). Tavallisten näkötehtävien aikana tämä ei silmänliikkeistä johtuen ylitä 100 s.

Taulukko 1.2

**S (λ) [dimensioton], 180 nm–400 nm**

λ (nm)	S (λ)	λ (nm)	S (λ)	λ (nm)	S (λ)	λ (nm)	S (λ)	λ (nm)	S (λ)
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		



Taulukko 1.3

**B (λ), R (λ) [dimensioton], 380 nm–1 400 nm**

λ (nm)	B (λ)	R (λ)
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	—
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02(450-\lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1\ 050$	—	$10^{0,002(700-\lambda)}$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$	—	0,2
$1\ 150 < \lambda \leq 1\ 200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02(1\ 150-\lambda)}$
$1\ 200 < \lambda \leq 1\ 400$	—	0,02

LIITE II

**Optinen lasersäteily**

Biofysikaalisesti merkittävät optisen säteilyn altistumisarvot voidaan määrittää alla esitettyjen kaavojen avulla. Tietyn kaavan käyttö riippuu kulloisestakin lähteestä tulevan säteilyn aallonpituudesta ja kestosta, ja tuloksia olisi verrattava vastaaviin altistumisen raja-arvoihin, jotka on esitetty taulukoissa 2.2–2.4. Joihinkin optisen lasersäteilyn lähteisiin voidaan soveltaa useampaa kuin yhtä altistumisarvoa ja sitä vastaavaa altistumisrajaa.

Taulukoissa 2.2–2.4 laskentaparametreina käytettävät kertoimet on lueteltu taulukossa 2.5 ja toistuvan altistumisen osalta käytettävät korjauskertoimet taulukossa 2.6.

$$E = \frac{dP}{dA} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt \text{ [J m}^{-2}\text{]}$$

Selitykset:

dP *teho*, joka ilmaistaan watteina [W];

dA *pinta-ala*, joka ilmaistaan neliömetreinä [m<sup>2</sup>];

E (t), E *irradianssi tai tehotiheys*: tietylle pinnalle kohdistuva säteilyteho pinta-alayksikköä kohti, joka ilmaistaan yleensä watteina neliometriä kohti [W m<sup>-2</sup>]; E (t):n ja E:n arvot tulevat mittauksista tai laitteiston valmistaja voi toimittaa ne;

H *energiatiheys*: irradianssin aikaintegraali, ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [J m<sup>-2</sup>];

t *aika, altistumisen kesto*, joka ilmaistaan sekunteina [s];

λ *aallonpituus*, joka ilmaistaan nanometreinä [nm];

γ *mittausnäkökentän rajaava kartiokulma*, joka ilmaistaan milliradiaaneina [mrad];

γ<sub>m</sub> *mittausnäkökenttä*, joka ilmaistaan milliradiaaneina [mrad];

α *lähteen kulmakoko*, joka ilmaistaan milliradiaaneina [mrad];

*rajaava aukko*: ympyränmuotoinen alue, jolta irradianssin ja energiatiheyden keskiarvot lasketaan;

G *integroitu radianssi*: radianssin integraali tiettyinä altistumisaikana, joka ilmaistaan säteilyenergiana säteilevän pinnan pinta-alayksikköä kohti ja säteilyn avaruuskulmayksikköä kohti, jouleina neliometriä ja steradiaania kohti [J m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>].

Taulukko 2.1

## Säteilyvauriot

Aallonpituus [nm] $\lambda$	Säteilyalue	Kohteena oleva elin	Vaurio	Altistumisen raja-arvoa koskeva taulukko
180–400	UV	silmä	fotokemiallinen vaurio ja lämpöaurio	2.2, 2.3
180–400	UV	iho	eryteema	2.4
400–700	näkyvä	silmä	verkkokalvon vaurio	2.2
400–600	näkyvä	silmä	valokemiallinen vaurio	2.3
400–700	näkyvä	iho	lämpöaurio	2.4
700–1 400	IRA	silmä	lämpöaurio	2.2, 2.3
700–1 400	IRA	iho	lämpöaurio	2.4
1 400–2 600	IRB	silmä	lämpöaurio	2.2
2 600–10 <sup>6</sup>	IRC	silmä	lämpöaurio	2.2
1 400–10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	silmä	lämpöaurio	2.3
1 400 –10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	iho	lämpöaurio	2.4

Taulukko 2.2

Silmään kohdistuvan laseraltistumisen raja-arvot — Lyhytkestoinen altistuminen < 10 s

Aallonpituus <sup>a</sup> [nm]	Aukko	Kesto [s]			
		$10^{-13} - 10^{-11}$	$10^{-11} - 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 1,8 \cdot 10^{-5}$
UVC	180–280				
	280–302				
	303				$H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 2,6 \cdot 10^{-9}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	304				$H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 1,3 \cdot 10^{-8}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	305				$H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 1,0 \cdot 10^{-7}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	306				$H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 6,7 \cdot 10^{-7}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	307				$H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 4,0 \cdot 10^{-6}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	308				$H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 2,6 \cdot 10^{-5}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	309				$H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 1,6 \cdot 10^{-4}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	310				$H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 1,0 \cdot 10^{-3}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	311				$H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 6,7 \cdot 10^{-3}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	312				$H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 4,0 \cdot 10^{-2}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	313				$H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 2,6 \cdot 10^{-1}$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
	314				$H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ jos $t < 1,6 \cdot 10^0$ , niin $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ks. huom. <sup>d</sup>
315–400				$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	
UVA	400–700	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 5 \cdot 10^3 C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 1,8 \cdot t^{0,75} C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
	700–1 050	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 5 \cdot 10^3 C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 1,8 \cdot t^{0,75} C_A C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
	1 050–1 400	$H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 2,7 \cdot 10^5 t^{0,75} C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 5 \cdot 10^2 C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 90 \cdot t^{0,75} C_C C_E \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
Näkyvä & IRA	1 400–1 500	$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ Ks. huom. <sup>c</sup>		$H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 5,6 \cdot 10^4 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
	1 500–1 800	$E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ Ks. huom. <sup>c</sup>		$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
	1 800–2 600	$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ Ks. huom. <sup>c</sup>		$H = 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
	2 600–10 <sup>6</sup>	$E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ Ks. huom. <sup>c</sup>		$H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$

a Jos laserin aallonpituudella on kaksi rajaa, sovelletaan niistä tiukempaa.  
 b Kun  $1\ 400 \leq \lambda < 10^5$  nm: aukon läpimitta = 1 mm, kun  $t \leq 0,3$  s, ja  $1,5 \cdot t^{0,375}$  mm, kun  $0,3 < t < 10$  s; kun  $10^5 \leq \lambda < 10^6$  nm: aukon läpimitta = 11 mm.  
 c Koska näillä pulssipituuksilla tiedot ovat puutteelliset, ICNIRP suosittelee 1 nsm irradianssin rajan käyttöä.  
 d Taulukossa on yksittäisten laserpulsseiden arvot. Silloin kun on kyse monista laserpulsseista, välille  $T_{min}$  (lueteltu taulukossa 2.6) sijoitettujen laserpulsseiden kesto on laskettava yhteen ja tulokseksi saattaa aika-arvoa on käytettävä tällä kaavassa:  $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ .

Taulukko 2.3

Silmään kohdistuvan laseraltistuksen raja-arvot — Pitkäkestoinen altistuminen  $\geq 10$  s

Aallonpituus <sup>a</sup> [nm]	Aukko	Kesto [s]	
UVC		$10^1 - 10^2$	$10^4 - 3 \cdot 10^4$
		180–280	$H = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
		280–302	$H = 40 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
		303	$H = 60 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
		304	$H = 100 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
		305	$H = 160 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
		306	$H = 250 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
UVB			$H = 400 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
			$H = 630 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
			$H = 1,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
			$H = 1,6 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
			$H = 2,5 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
			$H = 4,0 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
			$H = 6,3 \cdot 10^3 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
			$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
UVA			$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
			$H = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$
400–700 Näkyvä	Fotokemiallinen <sup>b</sup> Verkkokalvon vaurio	$H = 100 C_B \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ ( $\gamma = 11 \text{ mrad}$ ) <sup>d</sup>	$E = 1 C_B \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ ( $\gamma = 110 \text{ mrad}$ ) <sup>d</sup>
		jos $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ , jos $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t \leq T_2$ , jos $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t > T_2$ ,	niin $E = 10 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ niin $H = 18 C_E t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ niin $E = 18 C_E T_2^{-0,25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$
		jos $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ , jos $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t \leq T_2$ jos $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t > T_2$	niin $E = 10 C_A C_C \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ niin $H = 18 C_A C_C C_E t^{0,75} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$ niin $E = 18 C_A C_C C_E T_2^{-0,25} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$ (ei saa ylittää $1\,000 \text{ W m}^{-2}$ )
IRA			$E = 1\,000 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$
IRB & IRC			

<sup>a</sup> Jos laserin aallonpituudella tai muulla ominaisuudella on kaksi rajaa, sovelletaan niistä tiukempaa.  
<sup>b</sup> Pienten lähteiden osalta, joiden kulmakoko on 1,5 mrad tai pienempi, näkyvän säteilyn kaksinkertaiset raja-arvot E alueella 400 nm–600 nm pelkistyvät termisen vaurion rajaksi, kun  $10 \text{ s} \leq t \leq T_1$ , ja fotokemiallisen vaurion rajaksi altistumisajan ollessa pitempi.  $T_1$  ja  $T_2$ : ks. taulukko 2.5. Fotokemiallisen säteilyn verkkokalvovaurion raja-arvo voidaan ilmaista myös ajan suhteen integroituna radianssina  $G = 10^3 C_B \text{ [J m}^{-2} \text{ sr}^{-1}\text{]}$ , kun  $10 \text{ s} \leq t \leq 10\,000 \text{ s}$ , ja radianssina  $L = 100 C_B \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}\text{]}$ , kun  $t > 10\,000 \text{ s}$ .  $G_n$  ja  $L_n$  mittaamisessa keskiarvon määrittävänä näkökenttänä on käytettävä  $\gamma_{0,5}$ :ää. CIE:n määrittämä virallinen raja näkyvän säteilyn ja infrapunasäteilyn välillä on 780 nm. Aallonpituuskaitojen nimet sisältävä sarake on tarkoitettu ainoastaan antamaan käyttäjälle parempi kuva asiasta. (CIE käyttää merkintää G, CIE merkinä  $L_n$  ja IEC ja CENELEC käyttävät merkintää  $L_p$ ).  
<sup>c</sup> Aallonpituus 1 400–10<sup>6</sup> nm: aukon halkaisija = 3,5 mm; aallonpituus 10<sup>3</sup>–10<sup>7</sup> nm: aukon halkaisija = 11 mm.  
<sup>d</sup> Altistumisarvon mittausta varten y määritetään seuraavasti: jos  $\alpha$  (lähteen kulmakoko) >  $\gamma$  (rajaava kartiokulma, vastaavassa sarakkeessa sulkeissa), niin mittauskokentän ( $\gamma_m$ ) tulee olla annettu  $\gamma$ n arvo. (Jos käytetään laajempaa mittauskokenttaa, vaara ylirajoitetaan.) Jos  $\alpha < \gamma$ , niin mittauskokentän ( $\gamma_m$ ) on oltava riittävän laaja kattamaan lähteen kokonaan, mutta sitä ei muuten rajata ja se voi olla laajempi kuin  $\gamma$ .

Taulukko 2.4

Ihoon kohdistuvan laseraltistumisen raja-arvot

Aallonpituus <sup>a</sup> [nm]		Aukko	Kesto [s]						
			$10^0 - 10^7$	$10^7 - 10^3$	$10^3 - 10^1$	$10^1 - 10^3$	$10^3 - 10^4$		
UV (A, B, C)	180–400	3,5 mm	$< 10^0$						
			$E = 3 \cdot 10^{10} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	Samat kuin silmän altistumisrajat					
Näkyvä & IRA	400–700	3,5 mm	$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$						
	700–1 400		$E = 2 \cdot 10^{11} C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	$H = 200 C_A \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$H = 1,1 \cdot 10^4 C_A t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$			$E = 2 \cdot 10^3 C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	
IRB & IRC	1 400–1 500	3,5 mm	$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	Samat kuin silmän altistumisrajat					
	1 500–1 800		$E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$						
	1 800–2 600		$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$						
	2 600–10 <sup>6</sup>		$E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$						

a Jos laserin aallonpituudella tai muulla ominaisuudella on kaksi rajaa, sovelletaan niistä tiukempaa.

Taulukko 2.5

Sovellettavat korjauskertoimet ja muut laskentaparametrit

ICNIRP:n esittämä parametri	Aallonpituusalue (nm)	Arvo
$C_A$	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700 — 1 050	$C_A = 10^{0,002(\lambda - 700)}$
	1 050 — 1 400	$C_A = 5,0$
$C_B$	400 — 450	$C_B = 1,0$
	450 — 700	$C_B = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
$C_C$	700 — 1 150	$C_C = 1,0$
	1 150 — 1 200	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1 150)}$
	1 200 — 1 400	$C_C = 8,0$
$T_1$	$\lambda < 450$	$T_1 = 10 \text{ s}$
	450 — 500	$T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
ICNIRP:n esittämä parametri	Biologinen vaikutus	Arvo
$\alpha_{\min}$	Kaikki lämpövaikutukset	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
ICNIRP:n esittämä parametri	Kulmakoko (mrad)	Arvo
$C_E$	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha/\alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2/(\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad}$ missä $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
$T_2$	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$

ICNIRP:n esittämä parametri	Altistumisaika (s)	Arvo
Y	$t \leq 100$	$\gamma = 11$ [mrad]
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5}$ [mrad]
	$t > 10^4$	$\gamma = 110$ [mrad]

Taulukko 2.6

### Korjauskertoimet toistuvaa altistumista varten

Kaikkia kolmea alla olevaa yleissääntöä tulee soveltaa peräkkäisiä pulsseja lähettävien tai skannaavien laserjärjestelmien aiheuttamaan toistuvaan altistumiseen:

1. Pulssijonon yksittäisestä pulssista aiheutuva altistuminen ei saa ylittää kyseisen pulssinpituisen yksittäisen pulssin altistumisen raja-arvoa.
2. Minkään ajan  $t$  kestoisen pulssijoukon (tai pulssijonon osan) aiheuttama altistuminen ei saa ylittää aikaa  $t$  vastaavaa altistumisen raja-arvoa.
3. Minkään pulssijoukon yksittäisen pulssin aiheuttama altistuminen ei saa ylittää yksittäisen pulssin altistumisen raja-arvoa kerrottuna kumulatiivisella lämpökorjauskertoimella  $C_p = N^{-0,25}$ , jossa  $N$  on pulssien lukumäärä. Tätä sääntöä sovelletaan ainoastaan lämpövaurioilta suojaaviin altistumisrajoihin, jolloin kaikkia alle  $T_{min}$  aikana tulevia pulsseja pidetään yksittäisenä pulssina.

Parametri	Spektrialue (nm)	Arvo
$T_{min}$	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{min} = 10^{-9}$ s (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1\ 050$	$T_{min} = 18 \cdot 10^{-6}$ s (= 18 $\mu$ s)
	$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$T_{min} = 50 \cdot 10^{-6}$ s (= 50 $\mu$ s)
	$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$T_{min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$	$T_{min} = 10$ s
	$1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$	$T_{min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$2\ 600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{min} = 10^{-7}$ s (= 100 ns)



## NEUVOSTON LAUSUMA

**Neuvoston lausuma sanan "penalties" käytöstä Euroopan yhteisön oikeudellisten välineiden englanninkielisissä toisinoissa**

Neuvosto katsoo, että silloin kun Euroopan yhteisön oikeudellisten välineiden englanninkielisissä toisinoissa käytetään sanaa "penalties" (seuraamukset), sanaa käytetään sen yleisessä merkityksessä, jolloin se ei liity erityisesti rikosoikeudellisiin seuraamuksiin, vaan voi sisältää myös sekä hallinnollisia, taloudellisia että muuntyyppisiä seuraamuksia. Jos jäsenvaltiot ovat yhteisön säädöksen mukaan velvollisia ottamaan käyttöön seuraamuksia ("penalties"), ne voivat valita sopivantyyppisen seuraamuksen Euroopan yhteisöjen tuomioistuimen oikeuskäytännön mukaisesti.

Yhteisön termitietokannassa sanasta "penalties" on seuraavat käännökset joillakin muilla kielillä:

tšekiksi "sankce", espanjaksi "sanciones", tanskaksi "sanktioner", saksaksi "Sanktionen", viroksi "sanktsioonid", ranskaksi "sanctions", kreikaksi "κυρώσεις", unkariksi "jogkövetkezmenyek", italiaksi "sanzioni", latviaksi "sankcijas", liettuaksi "sankcijos", maltaksi "penali", hollanniksi "sancties", puolaksi "sankcje", portugaliksi "sanções", sloveeniksi "kazni", slovakiksi "sanckie", suomeksi "seuraamukset" ja ruotsiksi "sanktioner".

Oikeudellisten välineiden tarkistetuissa englanninkielisissä toisinoissa aikaisemmin käytetyn sanan "sanctions" korvaaminen sanalla "penalties" ei merkitse sisällöllistä eroa.



Euroopan komissio

**Ohjeellinen käytännön opas direktiivin 2006/25/EY täytäntöönpanoa varten  
(Keinotekoinen optinen säteily)**

Luxemburg: Euroopan unionin julkaisutoimisto

2011 – 143 s. – 21 × 29,7 cm

ISBN 978-92-79-19809-0

doi:10.2767/3059

Useimmilla työpaikoilla on keinotekoisien optisten säteilyn lähteitä, ja direktiivissä 2006/25/EY säädetään terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta tällaisille lähteille. Direktiivin 2006/25/EY täytäntöönpanemiseksi annetussa Euroopan komission ohjeellisessa hyvien käytäntöjen oppaassa osoitetaan sovellukset, jotka aiheuttavat mahdollisimman vähäisen riskin, ja annetaan ohjeita muista laitteista. Siinä selvennetään arviointimenettelyä ja kuvataan toimenpiteitä, joilla vaaroja voidaan vähentää ja terveydelle haitallisia vaikutuksia tarkastaa.

Tämä julkaisu on saatavissa painetussa muodossa englannin, ranskan ja saksan kielellä ja sähköisessä muodossa kaikilla muilla EU:n virallisilla kielillä. Saatavilla on myös CD-levy, joka sisältää kaikki 22 kieliversiota (luettelonumero: KE-32-11-704-1X-Z, ISBN 978-92-79-19829-8).



## MISTÄ EU:N JULKAISUJA SAA?

### **Maksuttomat julkaisut:**

- EU Bookshopista (<http://bookshop.europa.eu>)
- Euroopan unionin edustustoista tai lähetystöistä. Yhteystiedot löytyvät internetosoitteesta <http://ec.europa.eu>, tai ne saa lähettämällä faksin numeroon +352 2929-42758.

### **Maksulliset julkaisut:**

- EU Bookshopista (<http://bookshop.europa.eu>).

### **Maksulliset tilaukset (esimerkiksi EUVL:n vuosikerta, tuomioistuinten oikeustapauskokoelmat):**

- Euroopan unionin julkaisutoimiston myyntiedustajalta ([http://publications.europa.eu/others/agents/index\\_fi.htm](http://publications.europa.eu/others/agents/index_fi.htm)).

Oletko kiinnostunut työllisyys-, sosiaali- ja osallisuusasioiden  
pääosaston **julkaisuista**?

Voit ladata ne tai rekisteröityä tilaajaksi maksutta osoitteessa  
<http://ec.europa.eu/social/publications>

Voit myös tilata Euroopan komission ilmaisen uutiskirjeen  
*Social Europe e-newsletter* osoitteessa

<http://ec.europa.eu/social/e-newsletter>

<http://ec.europa.eu/social>



[www.facebook.com/socialeurope](http://www.facebook.com/socialeurope)



ISBN 978-92-79-19809-0



9 789279 198090