

9

OPTISEN SÄTEILYN VALVONTA JA SÄÄDÖKSET SUOMESSA

Antti Niittylä ja Reijo Visuri

SISÄLLYSLUETTELO

9.1	Johdanto	280
9.2	Väestön altistumisen rajoittaminen	281
9.3	Työperäisen altistumisen rajoittaminen	283
9.4	Säteilyturvakeskus viranomaisena ja asiantuntijana	283
9.5	Käytännön valvonta.....	285

9.1 | Johdanto

Optisen säteilyn valvonta kohdistuu säteilyä tuottaviin laitteisiin (onko laite turvallisuusvaatimusten mukainen), sekä näiden laitteiden käyttöön (toimitaanko käyttöpaikalla oikein ja ovatko varotoimet riittäviä). Tästä johtuen optisen säteilyn valvontaa koskevia säännöksiä on useissa eri laeissa. Optista säteilyä on myös montaa lajia, joiden käyttömuodot ja sovellukset ovat vaihtelevia. Kun vielä otetaan huomioon säteilyn moninaiset käyttötarkoitukset, esimerkiksi kulutustavarana myytävä pieni lelulaser ja vaativaan ammatikäyttöön tarkoitettu lääketieteellinen UV-säteilijä, ei ole ihme, että tarvitaan eri lainsäädäntöjen yhteensovittamista ja valvonnassa toimii useita viranomaisia.

Laintasoiset säädökset ovat kaiken viranomaisvalvonnan perusta. Optisen säteilyn valvonnassa sovellettavat tärkeimmät lait ovat säteilylaki, työturvallisuuslaki, laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta, sähköturvallisuuslaki, laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista sekä terveydensuojelulaki. Laissa sanottuja tarkentavia säännöksiä annetaan tarvittaessa valtioneuvoston tai ministeriön asetuksilla.

Varsinaisten säädösten (lait, asetukset) lisäksi tärkeitä ovat optista säteilyä koskevat standardit, suositukset ja muu asiantuntijatyönä tuotettu dokumentaatio. Ne eivät ole samalla tavoin muodollisesti sitovia kuin varsinaiset säädökset, mutta niiden tosiasiallinen merkitys ja referenssiarvo käytännön viranomaistoiminnassa on suuri. Pelkistetysti sanottuna standardi on asiantuntijayhteisön käsitys siitä, mikä on hyväksyttävä tekniikka ja hyvä toimintakäytäntö standardin aihealueella. Varsin tavallista on, että säädöstasoisessa tekstissä viitataan standardiin ja edellytetään noudatettavaksi myös sitä. Tällöin standardissa esitetyt vaatimukset velvoittavat samalla tavalla kuin säädökset.

Myös säteilylle altistumisen rajoittamisen kriteerit, altistumisrajat, ovat kansainvälisen yhteistyön tulosta. Perustyö, jonka pohjalta turvallisuutta koskeva lainsäädäntö on luotu ja jonka pohjalta sitä jatkuvasti kehitetään, tehdään tieteellisin perustein toimivissa kansainvälisissä toimikunnissa. Asiantuntijayhteisö julkaisee työnsä tulokset suosituksina, jotka heijastuvat ensin Euroopan unionin säännöstöön ja sitten kansallisiin säännöstöihin. Joskus järjestys voi olla toisinkin päin. Olennaista on, että ajankohdan parhaaseen tutkimustietoon perustuva, kansainvälisenä yhteistyönä työstetty näkemys on turvallisuusvaatimusten perusta kaikissa kehittyneissä maissa.

Ajankohtainen esimerkki tätä kirjoitettaessa on Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi¹, joka rajoittaa työoloissa tapahtuvaa optiselle säteilylle

altistumista. Direktiivissä esitettyjen vaatimusten perustana ovat alan kansainvälisen asiantuntijayhteisön ICNIRPin julkaisemat suositukset. Direktiivi annettiin vuonna 2006 ja jäsenvaltioiden on pantava toimeen sen mukaiset vaatimukset vuoteen 2010 mennessä.

Tärkeimmät säteilylain (592/1991) nojalla annetut optisen säteilyn valvontaa tarkentavat säädökset ovat asetus ionisoimattoman säteilyn valvonnasta (1306/1993) sekä sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta (294/2002). Ensin mainitussa asetuksessa todetaan eri viranomaisten osallistuminen valvontaan, määritellään eräitä Säteilyturvakeskukselle optisen säteilyn ja muun ionisoimattoman säteilyn valvonnassa kuuluvia tehtäviä sekä osoitetaan keskuksen rooli säteilyturvallisuusalan kansallisena toimijana ja asiantuntijalaitoksena. Tätä asetusta voidaan luonnehtia valvonnan hallinnolliseksi kehikseksi. Sitä vastoin väestön altistumista koskevat varsinaiset turvallisuusvaatimukset, altistumisrajat, on esitetty jälkimmäisenä mainitussa sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa.

9.2 Väestön altistumisen rajoittaminen

Edellä mainittu sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta (292/2002) perustuu kansainvälisiin suosituksiin, ja sen sisältöalaan kuuluvat lasersäteilyn ja ultraviolettisäteilyn ohella myös sähkö- ja magneettikentät. Lasersäteilyä koskevat säännökset ovat asetuksen luvussa 3 ja ultraviolettisäteilyä koskevat säännökset luvussa 4.

Lasersäteilylle altistumisen rajoittamista koskeva yleinen vaatimus kuuluu: Lasersäteily ei saa aiheuttaa kudosaivourioita. Väestön altistumisen rajoittamisen kannalta katsottuna tämä tarkoittaa, että pienitehoista voimakkaampia lasersovelluksia ei periaatteessa tulisi lainkaan markkinoida jokamiehelle tarkoitetuiksi kuluttajatuotteiksi. Erikoiskäyttöön, kuten materiaalien työstöön tai erilaisiin lääketieteellisiin toimenpiteisiin suun-

¹⁾ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/25/EY, terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysikaalisista tekijöistä (keinoitekoinen optinen säteily) aiheutuville riskeille

nitellut laserit ovat eri asia: ne on suunniteltu ja tarkoitettu ammattihenkilöille, jotka tiedostavat laserin vaarat ja ovat koulutettuja käyttämään laitteita turvallisesti.

Koska lasersäde voi olla silmälle vaarallinen verrattain pienilläkin tehoilla, laserturvallisuuden eräs lähtökohta on lasersäteiden käyttö ainoastaan hyötötarkoituksiin. Laserlaite ei ole – kun luokan I laserlaitteet eli kaikkein pienitehoisimmat ja kaikissa tilanteissa turvalliset laserit luetaan pois – huvitteluväline eikä sitä tule sellaisena valvomattomasti käyttää, vaikka säteiden valoefektit tällaiseen käyttöön houkuttaisivatkin. Käytännön valvonnassaan Säteilyturvakeskus on joutunut antamaan kieltopäätöksen aikomukselle, jolla nuorisotapahtuman osanottajille olisi jaeltu niin sanotut kynälaserit, tarkoituksena säteellä osoittelemisen huvittelumielessä. Ammattilaisten toteuttamat lasershow't ovat eri asia. Niissä säteiden kulku ja heijastukset on suunniteltava tarkasti etukäteen niin, että ne eivät kohdistu ihmisiin.

Edellä mainitun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen laserturvallisuutta koskevassa osassa on sitova viittaus eurooppalaiseen standardiin EN 60825-1. Tässä standardissa on esitetty tarpeelliset vaatimukset sekä silmään että iholle kohdistuvan lasersäteilyn rajoittamiseksi. Vaatimuksia on noudatettava voimassa olevan standardin mukaisina.

Laservaurio on kuin neulanpisto, se ilmenee jokseenkin heti altistumisen tapahduttua. Ultraviolettisäteilyn terveyshaitat poikkeavat lasersäteilyn haitoista siinä mielessä, että UV-säteily voi aiheuttaa myös pitkäaikaisvaikutuksia, kuten syöpää ja ihon vanhentumista. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa UV-säteilyaltistumisen rajoittamista koskevat yleiset vaatimukset onkin annettu kahdessa osassa: lyhytaikaisesta altistumisesta ei saa aiheutua välittömiä terveyshaittoja, ja pitkäaikaisesta altistumisesta aiheutuvat terveyshaitat tulee pitää mahdollisimman vähäisinä.

UV-säteilyaltistumisen rajoittamista koskevien säännösten tavoite on käytännöllinen: pyrkimys ei ole täydellisesti estää ihon ruskettamista solariumeilla ja muilla keinotekoisilla säteilijöillä, vaan hillitä sitä. Tavoite on terveystieteiden tiedostaminen niin, että ne nostettaisiin etusijalle solariumien käyttöä koskevissa valinnoissa tai vähintäänkin tulisivat kohtuudella huomioon otetuiksi. Nuorten suojelemiseksi asetuksessa on periaatteellinen vaatimus, että alle 18-vuotiasta ei tulisi altistaa solariumien ultraviolettisäteilylle muussa kuin lääkärin määräämässä toimenpiteessä. Auringon UV-säteilyä, jolla on myös hyviä terveysvaikutuksia, asetus ei koske.

9.3 Työperäisen altistumisen rajoittaminen

Työperäisen altistumisen rajoittamista koskevat säännökset ovat tätä kirjoitettaessa kehitysvaiheessa. Tämä johtuu siitä, että vuonna 2006 annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (2006/25/EY) täytäntöönpanon siirtymäkausi on meneillään. Direktiivi käsittelee työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen liittyviä vähimmäisvaatimuksia. Direktiivi on pantava täytäntöön vuoteen 2010 mennessä, ja tässä yhteydessä tulevat optisen säteilyn työperäistä altistumista koskevat säännökset kauttaaltaan tarkasteltaviksi.

Ultraviolettisäteilyn osalta direktiivi koskee ainoastaan keinotekoiselle UV-säteilylle altistumista, esimerkiksi hitsauksen aikana tai altistuttaessa erilaisten lamppujen emittoimalle UV-säteilylle. Luonnon eli auringosta peräisin olevalle UV-säteilylle altistumista direktiivi ei rajoita.

Toistaiseksi työperäisen altistumisen rajoittamisessa sovelletaan sosiaali- ja terveysministeriön päätöstä ionisoimattoman säteilyn altistuksen enimmäisarvoista (1474/1991), jonka noudattamista työpaikoilla valvovat työsuojeluviranomaiset. Työssä käytettävät laitteet, erittäinkin laserit, ovat usein voimakastehoisia ja yksinomaan ammattikäyttöön suunniteltuja erikoissovelluksia. Työturvallisuuslainsäädännössä (työturvallisuuslaki 738/2002 ja siihen liittyvä lainsäädäntö) on erikseen annettu teknisiä vaatimuksia ja laitteiden käyttöön liittyviä normeja, joiden tarkoitus on varmistaa työntekijöiden turvallisuus laitteita käytettäessä. Valtioneuvosto on antanut työturvallisuuslain nojalla asetuksen laserlaitteista ja niiden tarkastuksesta (VNa 291/2008). Vaikka asetus koskee työssä käytettäviä laitteita, voidaan sitä soveltaa myös sellaisiin paristo- ja akkukäyttöisiin laitteisiin, joiden käyttö ei rajoitu pelkästään työpaikoille, (katso kappale 9.5).

9.4 Säteilyturvakeskus viranomaisena ja asiantuntijana

Säteilyturvakeskuksen rooli optisen säteilyn valvonnassa, kuten ionisoimattoman säteilyn valvonnassa yleensäkin, on toimia valvontaviranomaisena tiettyjen erityiskohteiden osalta. Toisaalta Säteilyturvakeskus alan asiantuntijalaitoksena toimii aktiivisessa yhteistyössä muiden viranomaisten kanssa optisen säteilyn riskien tunnistamiseksi ja torjumiseksi. Yhteistyökohteita ovat etenkin optisen säteilyn uudenlaiset käyttösovellukset sekä aika ajoin markkinoille ilmaantuvat ”häirikösovellukset”. Näitä

ovat esimerkiksi teknisesti kelvottomien laitteiden markkinoiminen, tai sinänsä kelvollisten laitteiden kaupitleminen epäasiallisiin käyttötarkoituksiin.

Säteilyturvakeskuksen tärkeimpiä yhteistyökumppaneita optisen säteilyn valvonnassa ovat työsuojeluviranomaiset (laserit ja UV-säteilyä tuottavat laitteet), kunnalliset terveysturvakomission viranomaiset (solariumpalvelut), kuluttajaviranomaiset (kuluttajille markkinoidut tuotteet ja palvelut), Lääkelaitos (lääketieteelliset laitteet) ja Turvatekniikan keskus (eräät laserlaitteet ja UV-säteilyä tuottavat laitteet).

Omassa valvonnassaan Säteilyturvakeskus toimii säteilylain (592/1991) ja sen nojalla annettujen asetusten perusteella. Säteilyturvallisuuden yleislakina säteilylaki on alaltaan kattava, joten se antaa perusteet arvioida turvallisuutta kaikissa altistumistilanteissa, joissa käytetään optista säteilyä. Viranomaisen valtaa Säteilyturvakeskus käyttää kuitenkin vain sellaisissa valvontakohteissa, joissa muuta aktiivisesti toimivaa viranomaista ei ole. Silloin kun havaittu turvallisuusongelma on toisen viranomaisen toimivalta-alueella, Säteilyturvakeskus toimii yhteistyössä tämän viranomaisen kanssa ja tarjoaa asiantuntemuksensa käyttöön ongelman selvittämiseksi. Jos viranomaista ei ole tai tilanne on muuten avoin, Säteilyturvakeskus käyttää säteilylain mukaisia valtuuksia ja toimii itse turvallisuusongelman poistamiseksi.

Kansallisena asiantuntijalaitoksena Säteilyturvakeskuksen toiminnassa korostuu myös ”valppaan vahtikoiran” rooli, mihin kuuluu alan tieteellisen tutkimuksen seuraaminen, alan sovelluskehityksen tarkkaileminen, sekä markkinoilla olevien ja niille ilmaantuvien tuotteiden havainnointi turvallisuusnäkökulmasta. Vahtikoiranroolin merkitystä korostaa se, että sovellusten ja tuotteiden kehittäminen on ionisoimattoman säteilyn alalla jatkuvaa.

Perusteet Säteilyturvakeskuksen toiminnalle viranomaisena ovat säteilylain 14 luvussa, jossa säädetään tarkastus- ja tiedonsaantioikeudet (53 §), määrätystenantovaltuudet (54 §), valtuudet toiminnan keskeyttämiseen ja rajoittamiseen (55 §) sekä valtuudet määrätä epäkelvolle tuotteelle myynti- ja luovutuskielto (56 §). Näitä valtuuksia täydentää säteilylain 15 luku, jossa säädetään pakkokeinoista viranomaistoimien tehostamiseksi, jos turvallisuutta koskevia määräyksiä ei suosiolla noudateta, sekä rikkomusten seuraamuksista.

Säteilyturvakeskuksen tehtävänä on myös antaa yleisiä ohjeita säteilylain mukaisen turvallisuustason toteuttamiseksi (säteilylaki 70 §). Tähän perustuen Säteilyturvakeskus julkaisee ST-ohjeita, joissa esitetään tarkemmin

kyseiseen säteilyn käyttöön tai säteilyä aiheuttavaan toimintaan sovellettavat turvallisuusvaatimukset. ST-ohjeiden alasarjassa 9 esitetään ionisoimattoman säteilyn turvallisuutta koskevat ohjeet. Tarkoituksena on antaa säteilytoiminnan harjoittajalle kokonaiskuva siitä, mitä vaatimuksia hänen on noudatettava ja otettava huomioon toimintansa turvallisuuden kannalta. Samalla ST-ohjeissa kuvataan Säteilyturvakeskuksen valvontatoiminnassaan noudattamat menettelyt. Ohjeet julkaistaan oikeusministeriön valtakunnalliseen Finlex-säädöspankkiin (www.finlex.fi) kuuluvassa Säteilyturvakeskuksen määräyskokoelmassa. Määräyskokoelmaan pääsee myös STUKin omilta internet-sivuilta www.stuk.fi kohdasta Stuklex.

9.5 Käytännön valvonta

Solariumlaitteet ja niiden käyttöpaikat

Suomessa solariumien käyttö on valvottua ja voimassa olevat säteilyturvallisuusvaatimukset on esitetty ohjeessa ST 9.1 ”Solariumlaitteiden säteilyturvallisuusvaatimukset ja valvonta”. Ohjeen vaatimukset perustuvat sosiaali- ja terveysministeriön asetukseen (294/2002) ja eurooppalaiseen standardiin EN 60335-2-27. Solariumin käyttöpaikalla käytön turvallisuudesta vastaa solariumpalveluja tarjoava toiminnan harjoittaja.

Säteilyturvakeskuksen pääasiallisena valvontamuotona ovat käyttöpaikoille tehtävät pistokoeluontoiset tarkastukset, joita tehdään vuosittain noin 25 käyttöpaikkaan. Kylpylöihin tai muihin yleisölle tarkoitettuihin tiloihin kiinteästi asennetut tilasolariumit tulee esittää Säteilyturvakeskukselle tarkastettavaksi ennen niiden käyttöönottoa ionisoimattoman säteilyn valvonnasta annetun asetuksen (1306/1993) nojalla.

Tarkastuksissa varmistetaan, että solariumit ja niiden käyttöpaikat ovat määräysten mukaisia. Erityisesti kiinnitetään huomiota käyttäjille annettaviin ohjeisiin ja laitteiden ajastukseen. Samalla myös mitataan solariumlaitteiden UV-säteilyarvot ja varmistetaan, etteivät ne ylitä sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (294/2002) ja ohjeessa ST 9.1 esitettyjä enimmäisarvoja. Jos solariumlaitteen käyttö aiheuttaa ilmeistä terveyshaittaa tai haitan vaaraa, voi Säteilyturvakeskus säteilylain perusteella määrätä, että laitteen käyttö on keskeytettävä.

Kunnalliset terveystarkastajat tekevät myös solariumlaitteisiin liittyviä tarkastuksia. Terveystarkastajien (763/1994) on säädetty ennen solariumtoiminnan aloittamista tehtävästä ilmoituksesta, joka tehdään

kunnan terveydensuojeluviranomaiselle. Jos solariumpalvelut ovat muun toiminnan (kuten kauneushoitola tai kuntosali) yhteydessä samalla toiminnan harjoittajalla, solariumia koskevat tiedot tulee liittää päätoimintaa koskevaan ilmoitukseen.

Tarvittaessa Säteilyturvakeskus toimii valvonnassaan yhteistyössä muiden viranomaisten kanssa. Säteilyturvakeskus myös kouluttaa terveydensuojeluviranomaisia solariumien tarkastustoimintaan sekä jakaa heidän käyttöönsä tietoa muun muassa selvittämällä käytössä olevien UV-lamppujen säteilyominaisuuksia ja laitteiden vaatimustenmukaisuutta.

Yleisoesityksissä käytettävät suuritehoiset laserlaitteet

Yleisoesityksissä, kuten viihdetapahtumissa, käytettävät suuritehoiset laserlaitteet voivat aiheuttaa vaaratilanteen erityisesti silloin, jos lasersäde osuu suoraan tai heijastumalla silmään. Suuritehoisia laserlaitteita ovat turvallisuusluokkiin 3B ja 4 kuuluvat laserlaitteet, joiden säteilyteho on suurempi kuin 5 mW. Lasersäteilyn enimmäisarvot on annettu sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksessa (294/2002) ja ne perustuvat standardiin EN 60825-1. Laserin käytöstä aiheutuvien vaaratilanteiden välttämiseksi Säteilyturvakeskus on julkaissut ohjeen ST 9.4 ”Yleisoesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteistojen säteilyturvallisuus”. Ohjeessa on esitetty laserlaitteistoja, niiden varustelua, asennusta ja käyttöturvallisuutta koskevat säteilyturvallisuusvaatimukset, jotka on otettava huomioon yleisoesityksiä järjestettäessä. Yleisoesityksillä tarkoitetaan viihdetapahtumia, näytöksiä, mainosesityksiä ja vastaavia tilaisuuksia. Yleisoesitys voi olla myös sisäänpääsytään rajoitettu tai kutsuvieraille tarkoitettu niin sanottu suljettu tilaisuus.

Yleisoesityksissä käytettävä laserlaitteisto on ennen laitteiston käyttöön ottamista esitettävä Säteilyturvakeskukselle hyväksyttäväksi (asetus 1306/1993, 4§) ilmoittaen samalla tiedot laitteiston turvallisuuteen vaikuttavista seikoista. Laseresityksen säteilyturvallisuudesta vastaa säteilylain 13 §:ssä tarkoitettu toiminnan harjoittaja. Mikäli laitteistoa siirretään toistuvasti esityspaikasta toiseen aina uudelleen asennettavaksi, toiminnan harjoittaja voi ensitarkastuksen yhteydessä tekemällään ehdotuksella saada hyväksynnän sille, että laitteiston seuraavia asennuksia ei tarvitse esittää erikseen tarkastettavaksi. Hyväksynnän perusedellytykset ovat, että asennusta ja käyttöä koskeva turvaohjeisto on kunnossa eikä laitteistossa ole huomauttamista. Yksityiskohtaiset ohjeet menettelytavoista on esitetty ohjeessa ST 9.4.

Laserlaitteiston ensitarkastuksessa kiinnitetään erityisesti huomiota laitteen käyttöön ja asentamiseen sekä ohjeistuksen selkeyteen ja riittävyteen. Hyväksytyjen laserlaitteistojen asennusten ja käytön turvallisuutta valvotaan satunnaisesti käyttöpaikoilla tehtävillä tarkastuksilla. Tällainen tarkastus voidaan tehdä siitä ennalta ilmoittamatta.

Kaikista esityksistä on aina ilmoitettava kirjallisesti Säteilyturvakeskukselle. Jos tilaisuudelle vaaditaan poliisiviranomaisen lupa tai poliisille tehtävä ilmoitus, myös laserin käytöstä on ilmoitettava. Ulkona pidettävistä esityksistä on kirjallisesti ilmoitettava myös Ilmailulaitos Finavialle ja paikalliselle poliisiviranomaiselle.

Paristo- ja akkukäyttöiset laserin sisältävät kuluttajatuotteet

Paristo- ja akkukäyttöisten laserlaitteiden myynnin ja käytön valvonta ei ole samalla tavoin aktiivista kuin solariumien ja yleisesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteiden tarkastaminen. Valvonta on niin sanottua markkinavalvontaa, jossa reagoidaan tehtyihin havaintoihin ja saatuihin ilmoituksiin. Esimerkiksi laserosoittimia on poistettu myynnistä, koska ne eivät ole täyttäneet suomalaisia turvallisuusvaatimuksia.

Valtioneuvoston asetuksen laserlaitteista ja niiden tarkastuksesta (VNa 291/2008) mukaisesti muuhun kuin turvallisuusluokkaan 1 ja 1M kuuluva tai sellaisen osanaan sisältävä laserlaite on tarkastettava tyyppinä ennen sen markkinoille asettamista. Tyyppitarkastusvaatimus koskee myös yksittäiskappaleena maahan tuotavaa laserlaitetta. Asiaan ei vaikuta laitteelle esitetty käyttötarkoitus, ei myöskään se, onko laite aiottu omaan käyttöön tai edelleen luovutettavaksi. Toisin sanoen paristo- ja akkukäyttöinen laserlaite tarvitsee tyyppitarkastuksen myös silloin, kun se hankitaan pelkästään yksityiskäyttöön.

Lähtökohtana paristo- ja akkukäyttöisten laserien kotimaisille tyyppitarkastuksille on se, että EU:n alueella ei toistaiseksi ole täysin selvää normipohjaa näiden laitteiden turvallisuuden valvomiseksi. Vaikka paristo- ja akkukäyttöiset laserit ovat useimmiten pienitehoisia (ulostuloteho pienempi kuin 5 mW), niilläkin voidaan periaatteessa saada silmävahinkoja aikaan.

Tarkastuksen suorittaa tehtävään akkreditoitu tai muu sosiaali- ja terveysministeriön hyväksymä asiantuntijalaitos. Suomessa laserlaitteiden tarkastuksiin ja testauksiin on akkreditoitu Työterveyslaitos. Laserlaitteen tyyppi-

pitarkastuksen voi tehdä myös kolmantena osapuolena oleva, toisen Euroopan unionin jäsenvaltion, Turkin tai ETA-sopimuksen osapuolena olevan EFTA-valtion tarkastuselin tai sertifiointielin. Tyypitarkastusvaatimusta ei sovelleta laserlaitteeseen, joka on peräisin toisesta Euroopan unionin jäsenvaltiosta, Turkista tai ETA-sopimuksen osapuolena olevasta EFTA-valtiosta ja jolle on tehty vastaava tyypitarkastus. Lisäksi edellytyksenä on, että laitteen tyypitarkastuksen turvallisuustaso vastaa suomalaisten vaatimusten mukaista tasoa. Tyypitarkastusvaatimus koskee laitteita, jotka eivät kuulu konedirektiivin, pienjännitedirektiivin, lääkintälaitedirektiivin tai telelaitedirektiivin alaan. Käytännössä tämä tarkoittaa paristo- ja akkukäyttöisiä laitteita sekä laitteita, jotka toimivat alle 50V jännitteellä (verkkolaitteella).

Aiemmin tehokkaimmat kuluttajille suunnatut laitteet saattoivat kuulua turvallisuusluokkaan 3B, jossa laitteen tuottama suora tai peiliheijastunut säde on aina vaarallinen silmille. Nykyisin kuluttajille sallitaan ainoastaan luokkaan 2 kuuluvat laserlaitteet, jotka ovat vähemmän silmävaarallisia. Tuotteen valmistajalla on velvollisuus harkita huolellisesti markkinoita, joille tuote on tarkoitettu myytäväksi ja tapaa, jolla sitä käytetään. Mahdollinen väärinkäyttö tulisi ennakoida eikä tavallisille kuluttajille tulisi markkinoida vaarallisia laitteita. Myös laitetoimittajien ja käyttäjien tulisi kantaa oma vastuunsa laserturvallisuudesta.

Verkköjännitteellä toimivat laitteet eivät kuulu valtioneuvoston asetuksen mukaisen tyypitarkastusmenettelyn piiriin, mutta laitteen valmistajan tai maahantuojan on voitava osoittaa niiden osalta, että laserlaite täyttää EU:n alueella edellytetyt turvallisuusvaatimukset.

Lelujen, jotka eivät kuulu edellä mainitun valtioneuvoston asetuksen soveltamisalueeseen, valvonta suoritetaan markkinavalvontana Kuluttajaviraston ja Säteilyturvakeskuksen yhteistyönä.

Yleisissä tiloissa käytettävät lasereiden tehorajat

Valtioneuvoston asetuksen (VNa 291/2008) mukaisesti yleisissä tiloissa tai esimerkiksi laserpelihalleissa käytettävissä lasereissa ja muissa niihin verrattavissa harrastetuotteissa saa olla enintään turvallisuusluokkaan 2 kuuluva laserlaite eli laserin suurin sallittu ulostuloteho on 1 milliwatti (mW).

Mainoksessa, näytöksessä tai muussa vastaavassa tilaisuudessa saadaan käyttää laserlaitetta, jonka ulostuloteho on enintään 5 mW, jollei Säteily-

turvakeskus tekemänsä tarkastuksen perusteella ole antanut lupaa suurempaan ulostulotehoon. Laserlaitteista, joiden ulostuloteho on yli 5 mW, on säädetty erikseen säteilylain nojalla (katso edellä ”Yleisoesityksissä käytettävät suuritehoiset laserlaitteet”).

Valtioneuvoston asetuksen (291/2008) mukaisesti luennoilla käytettäväksi laserosoittimeksi eli niin sanotuksi ”laserpointteriksi” voidaan hyväksyä vain turvallisuusluokan 2 tai alemman luokan laite, paitsi jos kokonaisuutena asennettavan AV-laitteiston varustukseen kuuluu laserosoittimeksi tarkoitettu 3R luokan laite, jonka ominaisuuksiin ja käyttöön nähden poikkeaminen on perusteltua ja laitetta voidaan käyttää turvallisesti. Näkyvän valon alueella luokkaan 3R kuuluvan laserin suurin sallittu ulostuloteho on 5 mW.

Terveydenhuollossa käytettävät laitteet ja tarvikkeet

Lääkelaitos valvoo lääketieteellisissä toimenpiteissä käytettävien optista säteilyä tuottavien laitteiden vaatimustenmukaisuutta sekä edistää niiden turvallista käyttöä. Tässä tehtävässään Lääkelaitos valvoo markkinoilla olevia laitteita ja sovelluksia, sekä tekee ja teettää niiden turvallisuutta koskevia selvityksiä. Lääkelaitos antaa myös terveydenhuollon laitteiden ja tarvikkeiden valmistajille, maahantuojuille ja käyttäjille ohjausta uusista vaatimuksista ja menettelyistä vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi. Yksityisillä terveydenhuollon yksiköillä pitää olla lisäksi lääninhallituksen lupa toiminnan harjoittamiseen.

Lääkelaitokselle ilmoitetut terveydenhuollon laitteisiin ja tarvikkeisiin liittyvät vaaratilanteet ovat tärkeä turvallisuusvalvonnan tietolähde. Ne kertovat sekä Suomessa että EU:n jäsenvaltioissa havaituista ongelmista.

Työssä käytettävät koneet ja laitteet

Työssä käytettävät optista säteilyä tuottavat koneet ja laitteet ovat usein suuritehoisia, määrättyyn käyttötarkoitukseen suunniteltuja erikoissovelluksia. Niiden käytön turvallisuuden kannalta on olennaista, että itse laite ja sen turvavarusteet ovat vaatimusten mukaiset. Toisaalta on tärkeätä, että laitetta työpaikalla käytettäessä toimitaan huolellisesti, perehdytään turvaohjeisiin ja noudatetaan niitä.

Työssä käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuutta valvovat työsuojeluviranomaiset työturvallisuuslainsäädännön nojalla. Valvonta kohdistuu

yhtäältä itse laitteisiin (vaatimustenmukaisuus), toisaalta niiden käyttöolosuhteisiin ja käyttöön työpaikoilla. Työturvallisuutta koskevassa lainsäädännössä on myös tehokkaat keinot ja pakotteet epäkohtiin puuttumiseksi, jos laite havaitaan vaaralliseksi tai turvallisuusvaatimusten noudattaminen työpaikalla laiminlyödään.

Sosiaali- ja terveysministeriön johdolla toimiva työsuojeluhallinto on organisoitu työsuojelupiireiksi, joiden toiminta kattaa työpaikat koko maan alueella. Työsuojeluviranomaiset myös tarkkailevat laitemarkkinoita ja tuotteita, käsittelevät tuotteiden vaatimustenvastaisuudesta saatuja ilmoituksia, tarkastavat tuotteita ja tekevät havaintoja työpaikkatarkastusten yhteydessä. Markkinavalvontaa toteutetaan myös tiettyihin tuoteryhmiin suunnatuilla valtakunnallisilla selvityksillä.

Kosmeettisia lasereita koskevat turvallisuusmääräykset

Yleisessä laserstandardissa EN 60825-1 esitetyt vaatimukset koskevat kosmeettisia lasereita samalla tavoin kuin mitä tahansa muuta laserlaitetta. Tämän lisäksi ihoon kohdistettava säteily ei saa ylittää enimmäisarvoja, jotka on esitetty STM:n väestön altistumista koskevassa asetuksessa (294/2002), jotta laser ei aiheuttaisi kudonvaurioita. Mikäli laite on kuitenkin valmistettu lääkintälaitedirektiivin vaatimusten mukaisesti, sen tulee täyttää lääketieteelliseen käyttöön tarkoitetuille lasereille asetetut lisävaatimukset, joita on käsitelty aiemmin luvussa neljä, faktalaatikossa 4.3 'Lääketieteelliseen käyttöön tarkoitettujen 3B ja 4 laserlaitteiden lisävaatimukset'.

Säteilylainsäädännössä ei ole eritelty pätevyysvaatimuksia kosmeettisen laserin vastuuhenkilölle tai käyttöhenkilökunnalle. Huolehtimisveloitteen mukaan laseria käyttävän henkilön on tunnettava ja osattava laitteen turvallinen käyttö. Jos jotain sattuu, käyttäjä ei voi vedota tietämättömyyteen, vahinkoon, käyttöohjeiden puuttumiseen tai muihin syihin. Tilanne on ongelmallisempi, jos laite on aivan muu kuin miksi se on merkitty ja mitä sen mukana olevat selosteet esittävät. Tällöin kuvaan tulee myös valmistajan ja markkinoille asettajan vastuu tuotteesta.

Eurooppalainen RAPEX-verkosto

RAPEX on Euroopan yhteisön nopea tietojenvaihtojärjestelmä, joka perustuu tuoteturvallisuudesta annettuun direktiiviin 2001/95/EY (General Product Safety Directive). Järjestelmän avulla komissio, jäsenvaltiot sekä

eräät muut järjestelmän piiriin kuuluvat maat vaihtavat tietoja toimenpiteistä, jotka koskevat vakavan vaaran kuluttajien terveydelle ja turvallisuudelle aiheuttavia kulutustavaroita. Uusi tuoteturvallisuusdirektiivi ja sen perusteella uudistettu kansallinen tuoteturvallisuuslainsäädäntö (75–76/2004) edellyttävät notifikaation eli RAPEX-ilmoituksen tekemistä EU-komissiolle tuotteista, jotka on kansallisessa valvonnassa todettu vaarallisiksi. Menettely koskee kuluttajakäyttöön tarkoitettuja kulutustavaroita, ei kuitenkaan lääkkeitä eikä lääkinnällisiä laitteita ja tarvikkeita, joille on omat menettelynsä. Menettely ei koske myöskään elintarvikkeita.

Kussakin jäsenvaltiossa on EU-komission RAPEX-notifikaatioverkoston yhteyspiste. Suomessa yhteyspisteenä toimii Kuluttajavirasto, joka vastaanottaa saapuvat ilmoitukset ja välittää sellaiset ilmoitukset, jotka eivät kuulu viraston toimivaltaan, toimivaltaiselle viranomaiselle kansallisessa verkostossa. Suomessa verkosto perustettiin keväällä 2004. Ilmoituksen käsittelyyn kuuluu yleensä kansallisesti tuotteen markkinoilla olon selvittäminen, mahdollisesti tarvittavien kansallisten toimenpiteiden suorittaminen, sekä tarvittaessa komission ja sitä kautta muiden jäsenvaltioiden informoiminen kansallisista havainnoista ja toimenpiteistä. Kansallinen yhteyspiste hoitaa Suomessa tehtyjen notifikaatioiden toimittamisen komissiolle.

KIRJALLISUUTTA

Asetus ionisoimattoman säteilyn valvonnasta (1306/1993).

Asetus ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta. Asetus perusteluineen. Säteilysuojelu, Säteilyturvakeskus, Helsinki, 2002.

CENELEC. Household and similar electrical appliances. Safety. Part 2-27: Particular requirements for appliances for skin exposure to ultraviolet and infrared radiation. EN 60335-2-27.

CENELEC. Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements. EN 60825-1.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojaamiseksi altistumiselta fyysikaalisista tekijöistä (keinotekoinen optinen säteily) aiheutuville riskeille 2006/25/EY. Euroopan unionin virallinen lehti, L114: 38-59, 2006.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoimattoman säteilyn väestölle aiheuttaman altistumisen rajoittamisesta (294/2002).

Säteilylaki (592/1991).

Valtioneuvoston asetus laserlaitteista ja niiden tarkastuksesta (291/2008).

Viranomaisohjeet, ST 9.1 Solariumlaitteiden säteilyturvallisuusvaatimukset ja valvonta, Helsinki, 2003.

Viranomaisohjeet, ST 9.4 Yleisöesityksissä käytettävien suuritehoisten laserlaitteistojen säteilyturvallisuus, Helsinki, 2007.



LIITTEET

Lasse Ylianttila

SISÄLLYSLUETTELO

Liite 1 Laseretäisyysmittarin turvaetäisyyden laskeminen	296
Liite 2 Maanpinnan albedon vaikutus säteilyn määrään	300
Liite 3 Lasersäteilyn enimmäisarvot	307
Liite 4 Altistumisen raja-arvot optiselle säteilylle	310

Laseretäisyydsmittarin turvaetäisyyden laskeminen (Lasse Ylianttila)

Esimerkissä lasketaan turvaetäisyys infrapuna-alueella toimivalle Nd:YAG-laseretäisyydsmittarille. Turvaetäisyys lasketaan myös kiikareita käytettäessä. Kiikarit keräävät verkkokalvolle tulevan lasersäteilyn suuremmalta alueelta kuin pelkkä silmä, jolloin turvaetäisyys on kiikareita käytettäessä suurempi.

Laserista olevat esitiedot ovat seuraavat

Aallonpituus	$\lambda = 1\,064\text{ nm}$
Pulssienergia	$Q = 50\text{ mJ}$
Pulssintoistotaajuus	$f = 30\text{ pulssia minuutissa}$
Divergenssi	$\varphi = 0,8\text{ mrad}$
Säteen halkaisija ulostuloaukossa	$a = 8\text{ mm}$
Yksittäisen pulssin kesto	$t = 20\text{ ns}$
Kiikareiden sisäänmenoaukon halkaisija	$D_o = 50\text{ mm}$
Näkyvyys	$V = 20\text{ km}$

Kyseessä on pulssitettu laserlähde, joten turvaetäisyydestarkastelu tehdään erikseen yksittäiselle pulssille, pulssijonolle ja säteen keskimääräiselle teholle. Näistä käytetään suurimman turvaetäisyyden antavaa vaihtoehtoa. Lasersäteilyn enimmäisarvot on esitetty liitteessä 3.

Enimmäisarvot

Yksittäinen pulssi

$$H_{MPE,1} = 5 \cdot 10^{-2} \cdot C_6 \cdot C_7 \text{ J/m}^2, \quad (\text{L.1})$$

jossa $C_6 = 1$ ja $C_7 = 1$, joten $H_{MPE,1} = 50\text{ mJ/m}^2$.

Pulssijono

Yksittäisen pulssin kesto t on pienempi kuin taulukosta 3.6 saatava pulssin minimikeston aika $T_{min} = 50\text{ }\mu\text{s}$. Ajan T_{min} kuluessa pulsseja ei tule kuin yksi, joten pulssienergiana säilyy $Q = 50\text{ mJ}$. Pulssien kertymäaika on T_2 , joka pistelähteelle on 10 s. Pulssien lukumäärä N tänä aikana on 5. Enimmäisarvo on ajan T_{min} mukainen

$$H_{MPE,p} = 5 \cdot 10^{-2} \cdot C_6 \cdot C_7 \cdot N^{-0,25} \text{ J/m}^2, \quad (\text{L.2})$$

josta saadaan $H_{MPE,1} = 33,4 \text{ mJ/m}^2$.

Keskimääräinen teho

Keskimääräiselle teholle satunnaisen altistuksen altistusaika on 100 s, jolloin enimmäisarvo on

$$E_{MPE} = 10 \cdot C_4 \cdot C_7 \text{ W/m}^2, \quad (\text{L.3})$$

jossa $C_4 = 5$ ja $C_7 = 1$, jolloin $E_{MPE} = 50 \text{ W/m}^2$.

Tarkastellaan turvaetäisyyksiä ensin ottamatta huomioon ilmakehän vaiennusta.

Yksittäiselle pulssille turvaetäisyys on luvussa 2 esitetyn kaavan 2.59 mukaan

$$\begin{aligned} NOHD_1 &= \frac{1}{\varphi} \sqrt{\frac{4Q_0}{\pi H_{MPE,1}}} - \frac{a}{\varphi} \\ &= \frac{1}{0,0008} \sqrt{\frac{4 \cdot 50 \text{ mJ}}{\pi \cdot 50 \text{ mJ/m}^2}} - \frac{0,008 \text{ m}}{0,0008} = 1400 \text{ m}. \end{aligned} \quad (\text{L.4})$$

Pulssijonolle turvaetäisyys on

$$\begin{aligned} NOHD_p &= \frac{1}{\varphi} \sqrt{\frac{4Q_0}{\pi H_{MPE,p}}} - \frac{a}{\varphi} \\ &= \frac{1}{0,0008} \sqrt{\frac{4 \cdot 50 \text{ mJ}}{\pi \cdot 33,4 \text{ mJ/m}^2}} - \frac{0,008 \text{ m}}{0,0008} = 1715 \text{ m}. \end{aligned} \quad (\text{L.5})$$

Laserin pulssintoistotaajuus on 30 pulssia minuutissa, jolloin pulssien väli on kaksi sekuntia. Laserin keskimääräinen teho on $P_0 = 50 \text{ mJ}/2 \text{ s} = 25 \text{ mW}$, jolle turvaetäisyys on

$$\begin{aligned}
 NOHD_k &= \frac{1}{\varphi} \sqrt{\frac{4P_0}{\pi E_{MPE,p}}} - \frac{a}{\varphi} & (L.6) \\
 &= \frac{1}{0,0008} \sqrt{\frac{4 \cdot 0,025W}{\pi \cdot 50W/m^2}} - \frac{0,008m}{0,0008} = 21 \text{ m}.
 \end{aligned}$$

Näistä pulssijonon turvaetäisyys on suurin, joten jatkossa tarkastellaan vain pulssijonoaltistusta.

Kun ilmakehän vaimeneminen otetaan huomioon, on turvaetäisyys

$$NOHD = \frac{1}{\varphi} \sqrt{\frac{4Q_0 e^{-\mu r}}{\pi H_{MPE}}} - \frac{a}{\varphi}. \quad (L.7)$$

Ilman vaimennuskerroin lasketaan luvussa 2 esitetyn kaavan 2.57 mukaan jolloin saadaan

$$\begin{aligned}
 \mu &= 10^{-3} \cdot \frac{3,91}{V} \cdot \left(\frac{550}{\lambda} \right)^4 & (L.8) \\
 &= 10^{-3} \cdot \frac{3,91}{20} \cdot \left(\frac{550}{1064} \right)^{0,585 \cdot 20^{0,33}} = 6,93 \cdot 10^{-5}.
 \end{aligned}$$

Ilman vaimennuksen huomioonottava turvaetäisyys lasketaan iteratiivisesti käyttäen ensimmäisenä etäisyytenä r kaavasta L.5 saatua turvaetäisyyttä. Turvaetäisyydeksi saadaan $NOHD = 1\,620$ m.

Turvaetäisyys kiikareita käytettäessä lasketaan samalla tavalla kuin edellä. Ensiksi lasketaan turvaetäisyys ottamatta huomioon ilman vaikutusta ja tämän jälkeen ratkaistaan ilman vaimennuksen huomioonottava turvaetäisyys iteratiivisesti. Iterointi tarkoittaa kokeellista laskentamenetelmää oikean ratkaisun tai parhaan tuloksen löytämiseksi. Lopputulokseen pyritään toistamalla laskentakierros useita kertoja käyttämällä edellisen laskentakierroksen tulosta seuraavan laskentakierroksen lähtöarvona. Toisin sanoen turvaetäisyyslasku uusitaan käyttäen edellisen turvaetäisyyden laskennassa saatua etäisyyttä ilman vaimennuksen laskemiseen kunnes turvaetäisyys ei enää merkittävästi muutu laskentakertojen välissä.

Koska pulssijonon tapaus oli rajoittavin, riittää että tarkastellaan pulssijonoaltistusta. Kiikareiden läpäisyksi τ oletetaan 1, eli linssit eivät vaimenna säteilyä. Kiikareiden optinen vahvistuskerroin on

$$G = \frac{50^2}{49} \approx 51. \quad (\text{L.9})$$

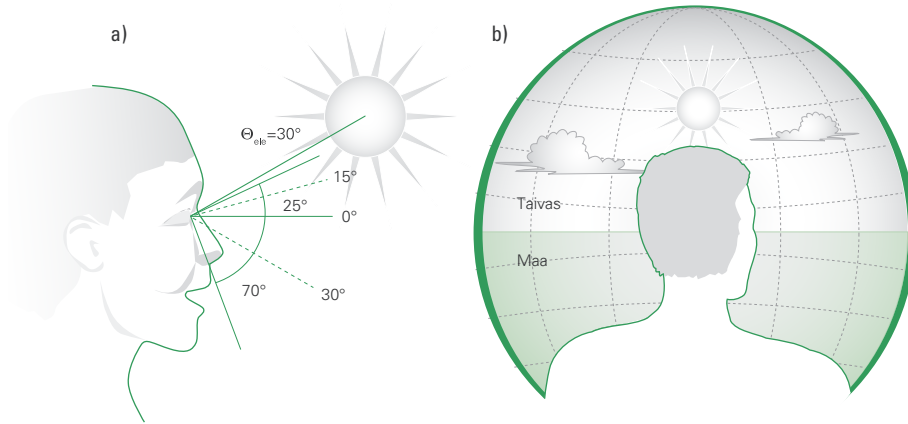
Ilman ilmakehän vaimennusta turvaetäisyydeksi saadaan

$$\begin{aligned} NOHD_p &= \frac{1}{\varphi} \sqrt{\frac{4GQ_0}{\pi H_{MPE,p}}} - \frac{a}{\varphi} \quad (\text{L.10}) \\ &= \frac{1}{0,0008} \sqrt{\frac{4 \cdot 51 \cdot 50 \text{mJ}}{\pi \cdot 33,4 \text{mJ/m}^2}} - \frac{0,008 \text{m}}{0,0008} = 12\,310 \text{ m}. \end{aligned}$$

Ilman vaimennuksen huomioonottava turvaetäisyys saadaan iteratiivisesti muutaman iteraatiokierroksen jälkeen, jolloin $NOHD = 9\,010 \text{ m}$.

Maanpinnan albedon vaikutus kasvoille ja silmille tulevaan säteilyyn määrään (Lasse Ylianttila)

Altistumistilanteessa, joka on kuvattu kuvassa L.1, auringon korkeuskulma on 30° ja otsonimäärä on 350 DU, joka vastaa maaliskuun UV-olosuhteita Helsingissä ja huhtikuuta Lapissa. Esimerkin henkilö on suoraan aurinkoon päin niin että kasvat ja silmät osoittavat horisonttiin.



Kuva L.1 Kasvojen ja silmien altistuminen UV-säteilylle

- a) Auringon korkeuskulma ja silmien näkökenttä eri heijastusoloissa.
b) Puoliavaruus, josta säteily tulee kasvoille.

Pinnalle tuleva irradianssi E lasketaan yleisessä tapauksessa

$$E = \int_{\omega} L(\theta, \varphi) \cos(\theta) d\omega, \quad (\text{L.11})$$

missä $L(\theta, \varphi)$ on radianssi kulmien θ ja φ määrittämässä suunnassa ja ω on se avaruuskulma, josta säteilyä tulee tarkasteltavalle pinnalle. Kulma θ on pinnan normaalin ja säteilyn tulosuunnan välinen kulma ja φ normaalia kiertävä atsimuuttikulma (tasokulmia). Luvussa 2 Radiometrian perusteet tämä esitettiin kaavassa 2.17. Avaruuskulman ω , projektiotavaruuskulman Ω , radianssin L ja irradianssin E määritelmät ja keskinäiset yhteydet kannattaa myös kerrata luvusta 2.

Auringon säteilyä tarkasteltaessa säteily jaetaan yleisesti suoraan auringon säteilyyn E_{au} ja taivaalta tulevaan säteilyyn E_t . Koko taivaalta tulevan

säteilyn kulmajakauma oletetaan yleensä tasaiseksi, koska säteily tulee tasaisesti koko taivaan kannelta. Tällaista säteilyä sanotaan usein diffuusiiksi säteilyksi. Säteilyn tasaisuuden oletus pätee sitä paremmin, mitä lyhyempi on säteilyn aallonpituus. Tarkimmissa laskuissa säteilyn kulmajakauma tulee kuitenkin ottaa huomioon. Yksinkertaistetussa tapauksessa maanpinnalle tuleva säteily E_{tot} voidaan ilmoittaa suoran auringon säteilyn ja diffuusin taivaan säteilyn summana

$$E_{tot} = E_{au} + E_t. \quad (L.12)$$

UV-säteilyn laskentaan käytetään yleensä säteilynkuljetusmalleja, joista monet ovat yleisesti käytettävissä ja saatavilla Internetissä. Yleisesti käytettyjä malleja ovat libRadtran (library for Radiative transfer), TUV (Tropospheric Ultraviolet Visible), SBDART (Santa Barbara Discrete-ordinate Atmospheric Radiative Transfer), STAR (System for Transfer of Atmospheric Transfer) ja FASTRT (Fast simulations of downward UV doses, indices and irradiances at the Earth's surface).

Esimerkkitapauksen maan pinnalle tulevat irradianssit laskettiin TUV-mallilla auringon korkeuskulmalle $\theta_{ele} = 30^\circ$, kokonaisotsonille 350 DU ja korkeudeksi valittiin maan pinta. Laskennassa käytetyt albedot olivat maalle 0,05 ja lumelle 0,8. Auringon korkeuskulmaa $\theta_{ele} = 30^\circ$ vastaava zenittikulma on $\theta_{zen} = 60^\circ$. Maanpinnalle tuleva säteily E_{tot} on

$$E_{tot} = \cos(\theta_{zen})E_{au} + E_t, \quad (L.13)$$

jossa suorassa auringonsäteilyssä on otettu huomioon säteilyn tulokulma.

Laskettaessa koko puoliavaruudesta tulevan säteilyn irradianssia, kannattaa säteily jakaa osiin, joissa säteilyn radianssi on vakio. Tällöin osien aiheuttamat irradianssit voidaan helposti laskea niitä vastaavien projektiavaruuskulmien ja radianssien tulona, eikä säteilyn irradianssia tarvitse laskea integroimalla kaavan L.11 mukaisesti.

Tässä tapauksessa horisontti jakaa diffuusin säteilyn kahteen osaan; maasta hajaheijastuneeseen ja taivaalta tulevaan säteilyyn. Kasvoille tuleva säteily saadaan laskettua laskemalla suoraan auringosta, taivaalta tuleva ja maan pinnalta heijastuneet säteilyt yhteen

$$E_k = \cos(\theta_{ele})E_{au} + \Omega_t L_t + \Omega_m L_m. \quad (L.14)$$

Taivaalta tulevan säteilyn radianssi on

$$L_t = \frac{E_t}{\pi}, \quad (\text{L.15})$$

ja maanpinnan radianssi on

$$L_m = \frac{\alpha E_{tot}}{\pi}. \quad (\text{L.16})$$

Mallilla laskettu horisontaaliselle maa- ja vesipinnalle tuleva kokonaisirradianssi E_{tot} on $39,9 \text{ mW/m}^2$, jota vastaava UV-indeksi on 1,60. Auringosta suoraan horisontaalipinnalle tuleva irradianssi on $6,74 \text{ mW/m}^2$ ja diffuusi koko taivaalta tuleva irradianssi $E_t = 33,1 \text{ mW/m}^2$.

Näistä saadaan laskettua suoran auringon säteilyn irradianssi, kun pinta on aurinkoon päin,

$$E_{au} = \frac{6,74 \text{ mW/m}^2}{\cos(60^\circ)} = 13,5 \text{ mW/m}^2,$$

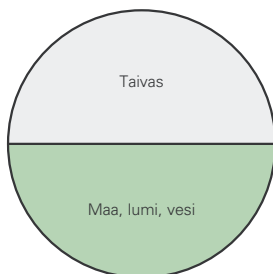
taivaan radianssi $L_t = 33/\pi \text{ mW/m}^2\text{sr} = 10,5 \text{ mW/m}^2\text{sr}$,

ja maanpinnan radianssi $L_m = 0,05 \cdot 40/\pi \text{ mW/m}^2\text{sr} = 0,64 \text{ mW/m}^2\text{sr}$.

Tällöin kasvoille tuleva säteily on

$$E_k = \cos(30^\circ)E_{au} + W_t L_t + W_m L_m. \quad (\text{L.17})$$

Horisontti jakaa taivaalta ja maasta tulevan säteilyn kahteen yhtä suureen segmenttiin (kuva L.2). Taivaalta ja maasta tulevan säteilyn projektioavaruuskulmat ovat $\Omega_t = \Omega_m = \pi/2$.

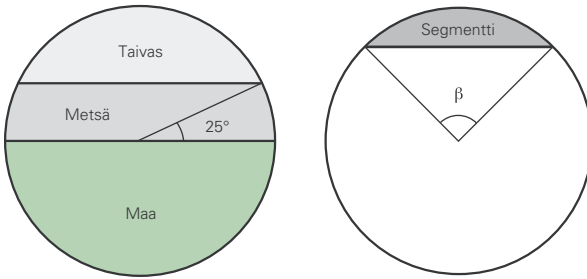


Kuva L.2 Kasvoille tulevan säteilyn projektiot yksinkertaisessa tapauksessa, jossa horisontti jakaa säteilyn.

Kasvoille tulevaksi säteilyksi saadaan

$E_k = 11,7 \text{ mW/m}^2 + 16,6 \text{ mW/m}^2 + 1,0 \text{ mW/m}^2 = 29,2 \text{ mW/m}^2$, jota vastaava UV-indeksi on 1,17.

Usein horisontti ei ole avoin, vaan puut ja muut esteet varjostavat taivasta. Oletetaan metsän varjostavan säteilyä niin, että metsä ulottuu 25° korkeudelle horisontista. Metsälle oletetaan sama radianssi kuin maan pinnalle. Taivaan, metsän ja maan pinnan projektiot on esitetty kuvassa L.3.



Kuva L.3 Kasvoille tulevan säteilyn projektiot, kun metsä varjostaa taivasta sekä ympyrän segmentti ja sitä vastaava keskuskulma β .

Ympyrän segmentin pinta-ala A on

$$A = \frac{r^2}{2}(\beta - \sin(\beta)), \quad (\text{L.18})$$

missä β on segmentin keskuskulma radiaaneissa, katso kuva L.3.

Tällöin ympyrän segmenttiä vastaava projektiokuvauskulma on

$$\Omega_{seg} = \frac{A}{r^2} = \frac{(\beta - \sin(\beta))}{2}. \quad (\text{L.19})$$

Tällöin kasvoille tuleva säteily on

$$E_k = \cos(30^\circ)E_{au} + \Omega_{seg}L_t + (\pi/2) \cdot L_m + (\pi/2 - \Omega_{seg})L_m, \quad (\text{L.20})$$

$$\begin{aligned}
\text{missä } \Omega_{seg} &= \frac{(\beta - \sin(\beta))}{2} \\
&= \frac{\left(\frac{(180 - 2 \cdot 25) \cdot \pi}{180} - \sin\left(\frac{(180 - 2 \cdot 25) \cdot \pi}{180}\right)\right)}{2}.
\end{aligned} \tag{L.21}$$

Laskemalla saadaan

$$E_k = 11,7 \text{ mW/m}^2 + 7,9 \text{ mW/m}^2 + 1,0 \text{ mW/m}^2 + 0,5 \text{ mW/m}^2 = 21,1 \text{ mW/m}^2, \text{ jota vastaava UV-indeksi on } 0,84.$$

Tyynelle vesipinnalle voidaan taivaalta tulevan diffuusin säteilyn laskemiseen käyttää maan pinnan albedoa, mutta vedestä heijastunutta säteilyä laskettaessa on käytettävä veden heijastuskerrointa ρ . Tässä säteilyn ei oleteta olevan polarisoitunutta, jolloin heijastuskertoimena käytetään pysty- ja vaakapolarisaatioiden heijastuskertoimien keskiarvoa. Heijastuskerroin riippuu heijastuskulmasta θ . Auringon vedenpinnasta heijastunut säteily saadaan

$$E_{au,h} = \cos(\theta_{ele}) E_{au} \rho(\theta_{zen}), \tag{L.22}$$

ja vedestä heijastunut diffuusi säteily koko taivaalta joudutaan laskemaan integraalina

$$E_{t,h} = \int_0^{\pi/2} \Omega(\theta) \rho(\theta) L_t d\theta. \tag{L.23}$$

Tällöin kasvoille tuleva säteily on

$$E_k = \cos(30^\circ) E_{au} + \Omega_t L_t + E_{au,h} + E_{t,h}, \tag{L.24}$$

josta laskemalla saadaan

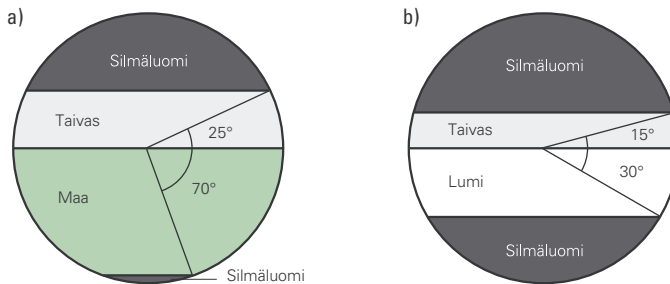
$$E_k = 11,7 \text{ mW/m}^2 + 16,6 \text{ mW/m}^2 + 0,7 \text{ mW/m}^2 + 3,3 \text{ mW/m}^2 = 32,3 \text{ mW/m}^2, \text{ jota vastaava UV-indeksi on } 1,29.$$

Lumen suuri albedo lisää takaisinheijastusten takia koko taivaalta tulevaa diffuusia säteilyä, joten horisontaaliselle pinnalle tuleva säteily tulee laskea

uudestaan käyttäen lumen albedoa 0,8. Lumipinnalle diffuusi koko taivaalta tuleva irradianssi $E_t = 51,5 \text{ mW/m}^2$. Koska suoran auringon säteily on sama kuin aiemmin, kokonaisirradianssiksi saadaan $E_{tot} = 58,2 \text{ mW/m}^2$, joka vastaa UV-indeksiä 2,33.

Lumipinnalle taivaan radianssi $L_t = 51,5/\pi \text{ mW/m}^2\text{sr} = 16,4 \text{ mW/m}^2\text{sr}$, ja maan pinnan radianssi $L_m = 0,80 \cdot 58,2/\pi \text{ mW/m}^2\text{sr} = 14,8 \text{ mW/m}^2\text{sr}$.

Kasvoille tuleva UV-säteily saadaan nyt laskettua samalla tavalla kuin aikaisemmin, jolloin saadaan $E_k = 11,7 \text{ mW/m}^2 + 25,7 \text{ mW/m}^2 + 23,3 \text{ mW/m}^2 = 60,7 \text{ mW/m}^2$, jota vastaava UV-indeksi on 2,43.



Kuva L.4 Silmille tulevan säteilyn projektiot

a) lumettomalle maalle sekä

b) lumelle, jolloin silmäluomien siristyminen rajoittaa silmille tulevaa säteilyä.

Silmille tulevaa säteilyä arvioitaessa on huomioitava silmäluomien rajaus näkökenttään. Maapinnalle oletetaan näkökentän rajoittuneen niin, että horisontista ylöspäin silmille näkyy 25° vyöhyke ja horisontista alaspäin 70° vyöhyke. Lumipinnalla silmiä siristetään enemmän, jolloin näkökenttä rajoittuu niin, että horisontista ylöspäin nähdään 15° vyöhyke ja horisontista alaspäin 30° vyöhyke. Silmäluomien rajoittamat diffuusin säteilyn projektiot on esitetty kuvassa L.4. Molemmissa tapauksissa suora auringon säteily rajautuu pois. Maapinnalla ja lumipinnalla ja silmiin tuleva säteily on tällöin

$$E_k = (\pi/2 - \Omega_{seg, yläluomi}) L_t + (\pi/2 - \Omega_{seg, alaluomi}) L_m, \quad (L.25)$$

jossa $\Omega_{seg, alaluomi}$ ja $\Omega_{seg, yläluomi}$ ovat silmäluomien rajaamat projektiotavaruuskulmat, jotka lasketaan samalla tavalla kuin aiemmin käyttäen kaavoja L.19 ja L.21.

Tällöin maapinnalta silmiin tulevan UV-säteilyn määräksi saadaan

$E_k = 8,6 \text{ mW/m}^2 + 1,0 \text{ mW/m}^2 = 9,6 \text{ mW/m}^2$, jota vastaava UV-indeksi on 0,38.

Lumipinnalta silmiin tulevan UV-säteilyn määräksi saadaan $E_k = 8,4 \text{ mW/m}^2 + 14,2 \text{ mW/m}^2 = 22,5 \text{ mW/m}^2$, jota vastaava UV-indeksi on 0,90.

Kuten esimerkistä havaitaan, silmille tulevan UV-säteilyn määrä on yli puolet suurempi lumipinnalla laskettuna verrattuna lumettomaan maahan, huolimatta siitä, että lumihangilla silmiä siristellään ja että lumettomissa olosuhteissa silmiä pystytään pitämään enemmän auki.

3 Liite

Lasersäteilyn enimmäisarvot (Lasse Ylianttila)

Aallonpituus (nm)	Alitustusaika (s)	10^{-13} – 10^{-11}	10^{-11} – 10^{-9}	10^{-9} – 10^{-7}	10^{-7} – $1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ – $5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$ – 10^{-3}	10^{-3} – 10^{-10}	10^{-3} – 10^4
UV-C	180–302,5	$3 \cdot 10^{10} \text{ Wm}^{-2}$		30 Jm^{-2}					
ja	302,5–315			jos $t \leq T_{17}$, niin $C_1 \text{ Jm}^{-2}$ jos $t > T_{17}$, niin $C_2 \text{ Jm}^{-2}$					$C_2 \text{ Jm}^{-2}$
UV-B	315–400			$C_1 \text{ Jm}^{-2}$					10^5 Jm^{-2}
Näkyvä valo	400–600	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$	$2,7 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75} \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3} \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$	$18 \cdot t^{0,75} \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$				Fotokemiallinen verkkokalvovaurio (400–600 nm) $100 \cdot C_3 \text{ Jm}^{-2}$ $C_3 \text{ Wm}^{-2}$ ($Y = 11 \text{ mrad}$) ($Y = 1,1 \cdot t^{0,5} \text{ mrad}$) ($Y = 110 \text{ mrad}$)
	400–700								Terminen verkkokalvovaurio (400–700 nm) jos $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$, niin 10 Wm^{-2} jos $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t \leq T_{27}$, niin $18 \cdot t^{0,75} \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$ jos $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t > T_{27}$, niin $18 \cdot T_{27}^{-0,25} \cdot C_6 \text{ Wm}^{-2}$
IR-A	700–1 050	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot C_4 \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$	$2,7 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75} \cdot C_4 \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3} \cdot C_4 \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$	$18 \cdot t^{0,75} \cdot C_4 \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$				jos $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$, niin $10 \cdot C_4 \cdot C_7 \text{ Wm}^{-2}$ jos $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t \leq T_{27}$, niin $18 \cdot t^{0,75} \cdot C_6 \cdot C_4 \cdot C_7 \text{ Jm}^{-2}$ jos $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t > T_{27}$, niin $18 \cdot T_{27}^{-0,25} \cdot C_6 \cdot C_4 \cdot C_7 \text{ Wm}^{-2}$ (ei saa ylittää $1 000 \text{ Wm}^{-2}$)
	1 050–1 400	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot C_6 \cdot C_7 \text{ Jm}^{-2}$	$2,7 \cdot 10^5 \cdot t^{0,75} \cdot C_6 \cdot C_7 \text{ Jm}^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2} \cdot C_6 \cdot C_7 \text{ Jm}^{-2}$	$90 \cdot t^{0,75} \cdot C_6 \cdot C_7 \text{ Jm}^{-2}$				
IR-B	1 400–1 500	10^{12} Wm^{-2}		$1 000 \text{ Jm}^{-2}$			$5 600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$		$1 000 \text{ Wm}^{-2}$
ja	1 500–1 800	10^{12} Wm^{-2}		$10 000 \text{ Jm}^{-2}$					
IR-C	1 800–2 600	10^{12} Wm^{-2}		$1 000 \text{ Jm}^{-2}$				$5 600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$	
	2 600– 10^6	10^{11} Wm^{-2}		100 Jm^{-2}	$5 600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$				

Taulukko L.3a Silmään kohdistuvan lasersäteilyn enimmäisarvot

Aallonpituus (nm)		Altistusaika (s)							
		10^{13} – 10^{11}	10^{11} – 10^9	10^9 – 10^7	10^7 – $1,8 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5$ – $5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$ – 10^3	10^3 – 10	10 – $3 \cdot 10^4$
UV-C	180–302,5	$3 \cdot 10^{13} \text{ Wm}^{-2}$		30 Jm^{-2}					
ja UV-B	302,5–315			jos $t \leq T_V$, niin $C_1 \text{ Jm}^{-2}$ jos $t > T_V$, niin $C_2 \text{ Jm}^{-2}$					
UV-A	315–400	$2 \cdot 10^{11} \text{ Wm}^{-2}$		$C_1 \text{ Jm}^{-2}$					$C_2 \text{ Jm}^{-2}$
Näkyvä valo	400–700			200 Jm^{-2}					$1,1 \cdot 10^4 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$
IR-A	700–1 400	$2 \cdot 10^{11} \cdot C_s \text{ Wm}^{-2}$		$200 \cdot C_s \text{ Jm}^{-2}$					$2\ 000 \cdot C_s \text{ Wm}^{-2}$
IR-B	1 400–1 500			$1\ 000 \text{ Jm}^{-2}$					$1,1 \cdot 10^4 \cdot t^{0,25} \cdot C_s \text{ Jm}^{-2}$
ja IR-C	1 500–2 600	10^{12} Wm^{-2}		$10\ 000 \text{ Jm}^{-2}$					$5\ 600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$
	1 800–2 600			$1\ 000 \text{ Jm}^{-2}$					$5\ 600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$
	2 600– 10^6	10^{11} Wm^{-2}		100 Jm^{-2}					$5\ 600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$

Taulukko L.3b Iholle kohdistuvan lasersäteilyn enimmäisarvot

C_1	302,5–400 nm	$C_1 = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$
C_2	302,5–315 nm	$C_2 = 10^{0,2 \cdot (\lambda - 295)}$
T_1	302,5–315 nm	$T_1 = 10^{0,8 \cdot (\lambda - 295)} \cdot 10^{-15} \text{ s}$
C_6	400–1 400 nm	jos $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$, niin $C_6 = 1$ jos $1,5 \text{ mrad} < \alpha \leq 100 \text{ mrad}$, niin $C_6 = \alpha/1,5 \text{ mrad}$ jos $\alpha > 100 \text{ mrad}$, niin $C_6 = \alpha^2/(1,5 \cdot 100 \text{ mrad})$
C_3	400–600 nm	jos $\lambda < 450 \text{ nm}$, niin $C_3 = 1$ jos $450 \text{ nm} \leq \lambda \leq 600 \text{ nm}$, niin $C_3 = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
T_2	400–1 400 nm	jos $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$, niin $T_2 = 10 \text{ s}$ jos $1,5 \text{ mrad} < \alpha \leq 100 \text{ mrad}$, niin $T_2 = 10 \cdot 10^{[(\alpha - 1,5)/98,5]} \text{ s}$ jos $\alpha > 100 \text{ mrad}$, niin $T_2 = 100 \text{ s}$
C_4	700–1 400 nm	jos $700 \leq \lambda < 1 050 \text{ nm}$, niin $C_4 = 10^{0,002(\lambda - 700)}$ jos $1050 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1 400 \text{ nm}$, niin $C_4 = 5$
C_7	700–1 400 nm	jos $700 \text{ nm} \leq \lambda < 1 150 \text{ nm}$, niin $C_7 = 1$ jos $1 150 \text{ nm} \leq \lambda < 1 200 \text{ nm}$, niin $C_7 = 10^{0,018(\lambda - 1150)}$ jos $1 200 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1 400 \text{ nm}$, niin $C_7 = 8$

Taulukko L.3c Lasersäteilyn enimmäisarvoissa käytetyt kertoimet ja ajat

EU:n direktiivin 2006/25/EY mukaiset altistumisen raja-arvot epäkoherentille optiselle säteilylle (Lasse Ylianttila)

Aallonpituus (nm) ja painotus	Altistumisen raja-arvot	Kohde-elin	Vaurio
180–400 (UV-A, UV-B ja UV-C) ICNIRP UV-painotus ¹	$H_{\text{eff}} = 30 \text{ J m}^{-2}$ Päivittäinen altistumisarvo (8 tuntia)	Iho Silmä	Fotokeratiitti Harmaakaihi Eryteema Valovanheneminen Ihosyöpä
315–400 (UV-A) ei painotusta	$H = 10^4 \text{ J m}^{-2}$ Päivittäinen altistumisarvo (8 tuntia)	Silmän mykiö	Harmaakaihi
300–700 ("sininen valo") Sinisen valon painotus B_{λ}^2	Suurilla lähteillä ($\alpha > 11 \text{ mrad}$) rajoitetaan radianssia, lyhyillä altistuksilla ($t \leq 10^4 \text{ s}$) $L_B = \frac{10^5}{t} \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ ja pitkällä altistuksilla ($t > 10^4 \text{ s}$) $L_B = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$. Pienillä lähteillä ($\alpha < 11 \text{ mrad}$) rajoitetaan irradianssia, lyhyillä altistuksilla ($t \leq 10^4 \text{ s}$) $E_B = \frac{100}{t} \text{ W m}^2$ ja pitkällä altistuksilla ($t > 10^4 \text{ s}$) $E_B = 0,01 \text{ W m}^2$.	Silmän verkkokalvo	Verkkokalvorappeuma
380–1 400 (näkyvä valo ja IR-A) Lämpövauriopainotus R_{λ}^3	Lyhyillä altistuksilla ($t < 10 \mu\text{s}$) $L_R = \frac{8,89 \times 10^8}{C_{\alpha}} \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ kun altistusaika on välillä $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$ $L_R = \frac{5 \times 10^7}{C_{\alpha} t^{0,25}} \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ ja pitkällä altistuksilla ($t > 10 \text{ s}$) $L_R = \frac{2,8 \times 10^7}{C_{\alpha}} \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ kerroin C_{α} riippuu lähteen kulmakoosta α seuraavasti: $\alpha \leq 1,7 \text{ mrad}, C_{\alpha} = 1,7$ $1,7 < \alpha \leq 100 \text{ mrad}, C_{\alpha} = \alpha$ $\alpha > 100 \text{ mrad}, C_{\alpha} = 100$	Silmän verkkokalvo	Verkkokalvon palovamma



Aallonpituus (nm) ja painotus	Altistumisen raja-arvot	Kohde-elin	Vaurio
780–1 400 (IR-A) Lämpövauriopainotus R_{λ}^3	<p>Lyhyillä altistuksilla ($t < 10 \mu\text{s}$)</p> $L_R = \frac{8,89 \times 10^6}{C_a} \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ <p>kun altistusaika on välillä $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$</p> $L_R = \frac{5 \times 10^7}{C_a t^{0,25}} \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ <p>ja pitkällä altistuksilla ($t > 10 \text{ s}$)</p> $L_R = \frac{6 \times 10^6}{C_a} \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ <p>Kerroin C_a riippuu lähteen kulmakoosta α seuraavasti: $\alpha \leq 11 \text{ mrad}$, $C_a = 11$ $11 < \alpha \leq 100 \text{ mrad}$, $C_a = \alpha$ $\alpha > 100 \text{ mrad}$, $C_a = 100$</p>	Silmän verkkokalvo	Verkkokalvon palovamma
780–3 000 (IR-A ja IR-B) Ei painotusta	<p>Lyhyillä altistuksilla ($t \leq 1000 \text{ s}$)</p> $E = 18\,000 t^{-3/4} \text{ W m}^{-2}$ <p>ja pitkällä altistuksilla ($t > 1000 \text{ s}$)</p> $E = 100 \text{ W m}^{-2}$	Sarveiskalvo ja mykiö	Sarveiskalvon palovamma Harmaakaihi
380–3 000 (näkyvä valo, IR-A ja IR-B) Ei painotusta	$H = 20\,000 t^{1/4} \text{ J m}^{-2}$ $t < 10 \text{ s}$	Iho	Palovamma

¹⁾ ICNIRPin UV-painotus kappaleessa 7 (kuva 7.1)

²⁾ Sinisen valon painotus B_{λ} kappaleessa 8 (kuva 8.5)

³⁾ Lämpövauriopainotus R_{λ} kappaleessa 8 (kuva 8.5)

t Aika

α Kulmakoko: näkyvän lähteen tietyllä katseluetäisyydellä rajaama kulma, joka ilmaistaan milliradiaaneina (mrad). Näkyvä lähde on kohde, joka muodostaa pienimmän mahdollisen kuvan verkkokalvolle.

UV-A Ultravioletti-A -säteilyn aallonpituusalue 315–400 nm

UV-R Ultraviolettisäteilyn koko aallonpituusalue 100–400 nm

IR-A Infrapuna A-alue 780–1 400 nm

IR-B Infrapuna B-alue 1 400–3 000 nm

Sanasto - käytetyt termit ja lyhenteet

Absorptio tai absorboituminen	Säteilyn imeytyminen aineeseen
ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists, USA:n standardointi- ja asiantuntijaorganisaatio
Aktiininen keratoosi	UV-säteilyn aiheuttama ihon (valo)vaurioituminen. Sama kuin solaarikeratoosi tai aurinkokeratoosi.
Albedo	Maanpinnan kyky heijastaa siihen osunutta säteilyä
Annos	Tietylle pinnalle, kuten iholle tai mittarin anturiin, osuvan UV-säteilyn energia pinta-alaa kohden. Yksikkö on J/m ² tai mJ/cm ² (10 J/m ² = 1 mJ/cm ²). Annos voidaan laskea, jos annosnopeus tiedetään. Annos on annosnopeus kerrottuna valotusajan pituudella.
Annosnopeus	Tietylle pinnalle, kuten iholle tai mittarin anturiin, osuvan UV-säteilyn teho pinta-alaa kohden. Yksikkö on W/m ² tai mW/cm ² (10 W/m ² = 1 mW/cm ²). Annosnopeus voidaan mitata UV-mittarilla tai spektroradiometrillä.
ANSI	American National Standards Institute, USA:n standardointi- ja asiantuntijaorganisaatio
Avaruuskulma	Kolmiulotteinen kulma
CDRH	Center for Devices and Radiological Health. USA:n valvontaviranomainen, jonka vastuualueena on muun muassa sähkömagneettista säteilyä emittoivat laitteet, kuten laserit.
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization. Eurooppalainen sähköalan standardisointijärjestö (perustettu vuonna 1973), jonka tarkoituksena on luoda EU- ja ETA-maiden sähköteollisuudelle yhtenäinen markkina-alue (katso myös IEC).
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage, kansainvälinen valaistusjärjestö, joka laatii standardeja ja ohjeita.
CO ₂ -laser	Hiilidioksidi-laser, yksi kaasulasertyyppi
Dermis	Verinahka
Diffraktio	Aaltoliikkeen taipuminen, kun se kohtaa esteen
Diffuusi säteily	Säteily, jolla ei ole kulma- eikä paikkariippuvuutta
Diodi	Elektroninen komponentti, joka päästää sähkövirran lävitse vain yhteen suuntaan
Divergenssi	Leviäminen
Dobson Unit (DU)	Ilmakehän otsonimäärän mittayksikkö
Dysplastinen luomi	Epätavallinen luomi eli ärjyluomi
Efekttiivinen annos	Vaikuttava annos. Kuvaa UV-säteilyn annoksen kykyä aiheuttaa biologisia vaikutuksia, kuten eryteemaa. Efekttiivisen annoksen suuruus voidaan laskea vaikutusspektrin avulla.
Emittoida	Säteillä
Epidemiologinen tutkimus	Väestötasolla tehtävää tutkimusta, jossa tutkitaan tautien esiintyvyyden ja niiden vaaratekijöiden suhdetta. Epidemiologisia tutkimusasetelmia ovat tapaus-verrokkitutkimus, kohorttitutkimus ja ekologinen tutkimus.

Ekologinen tutkimus	Yksi epidemiologisen tutkimuksen tutkimusasetelma, jossa vertaillaan tyypillisesti altistuksen ja vasteen esiintymistä ryhmätasolla eri alueiden tai ajanjaksojen välillä
Epidermis	Orvaskesi
Epäkoherentti	Termi, joka kuvaa säteilyä, joka ei interferoi, esimerkiksi valkoista näkyvää valoa. Vertaa koherentti.
Eryteema	UV-säteilyn aiheuttama ihon punoitus eli palaminen
Eryteemaefektiivinen	Termi, jolla kuvataan UV-säteilyn kykyä aiheuttaa ihon punoitusta
Eryteemapainotettu annos	Annos, jonka laskennassa on otettu huomioon ne UV-säteilyn aallonpituudet, jotka aiheuttavat eryteemaa eli ihon palamista
Eryteemapainotus-spektri	Huomioi tiettyjen UV-säteilyn aallonpituuksien herkkyyttä aiheuttaa ihon palamista; on yksi yleisimmin käytetty vaikutus-spektri UV-säteilyn biologisia vaikutuksia kuvattaessa.
Excimer-laser	Laserlaitetyyppi, jossa lasersäde saadaan aikaan lyhytaikaisen viritetyn molekyylin avulla. Excimer-laser toimii yleensä UV-aallonpituuksilla.
Fibroblasti	Sidekudossolu verinahassa, joka tuottaa muun muassa kollageenia ja elastiinia soluväliaineeksi
Fitzpatrickin asteikko	Ihotyyppiluokitus ihon värin- ja palamisherkkyyden mukaan
Fokusoida	Kohdistaa
Foto-, Photo-	Etuliite, joka kertoo sanan liittymisen valoon
Fotobiologia	Optiseen säteilyyn liittyviä biologisia kysymyksiä tutkiva tieteenala, joka laajasti ottaen kattaa kaikkien elollisten organismien valoreaktiot
Fotokemia	Tieteenala, joka tutkii optisen säteilyn aiheuttamia muutoksia ja valoreaktioita biokemiallisissa ja kemiallisissa molekyyleissä
Fotokeratiitti	Silmän sarveiskalvon ja sidekalvon tulehtuminen voimakkaan UV-säteilyn vaikutuksesta
Fotometria	Valonmittausoppi
Fototoksinen	Valon/UV-säteilyn aiheuttama voimakas reaktio, esimerkiksi iholla
Fysikaalinen annos	Sama käsite kuin "annos". Termiä voidaan käyttää, kun halutaan korostaa kyseessä olevan suure, joka kuvaa vain UV-säteilyn voimakkuutta, eikä säteilyn biologista vaikuttavuutta.
HeCd-laser	Helium-Kadmium-laser; yksi kaasulasertyyppi
HeNe-laser	Helium-Neon-laser; yksi kaasulasertyyppi
Hyperkeratoosi	Sarveiskerroksen paksuuntuminen
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, kansainvälinen standardointi- ja asiantuntijaorganisaatio
IEC	International Electrotechnical Commission, sähköalan kansainvälinen standardisoimisjärjestö, (perustettu vuonna 1906). IEC-standardit ovat pohjana kansallisissa määräyksissä ja standardeissa yli sadassa maassa.
Immunosuppressio	Immunologisen puolustusjärjestelmän eli vastustuskyvyn heikentyminen

Interleukiinit (IL-)	Ryhmä elimistön liukoisia välittäjäaineita, jotka osallistuvat muun muassa immunologisiin reaktioihin
Interferenssi	Aaltojen keskinäinen vuoro/yhteisvaikutus, jossa aallot joko vahvistuvat tai vaimentuvat
IR-A	Lähi-infrapunasäteily; IR-säteilyn osa-alue, aallonpituudet 780–1 400 nm
IR-B	Keski-infrapunasäteily; IR-säteilyn osa-alue, aallonpituudet 1 400–3 000 nm
IR-C	Kaukoinfrapunasäteily; IR-säteilyn osa-alue, aallonpituudet 3 000 nm – 1 mm
Irradianssi	Pinnalle tuleva säteilyteho pinta-alayksikköä kohden, yksikkö W/m ²
IR-säteily	Infrapuna- eli lämpösäteily; sähkömagneettinen säteily, joka on näkyvän valon ja mikroaaltosäteilyn välissä. Aallonpituus-alue 780 nm – 1 mm.
Jatkuvatoiminen laser	Laser, joka säteilee jatkuvasti. Vertaa pulssitoiminen laser.
Jatkuva spektri	Spektri, jossa säteilyä on kaikilla aallonpituuksilla
Joule (J)	Energian yksikkö
Kaasulaser	Laserlaitetyyppi, jossa lasersäde synnytetään kaasumaisessa aineessa, kuten hiilidioksidi, argon tai typpi
Keratinosyytti	Sarveissolu; orvaskedessä oleva solutyyppi, joka tuottaa rikkipitoista keratiinia
Kiinteän olomuodon laser	Laserlaitetyyppi, jossa lasersäde synnytetään kiinteässä aineessa, kuten rubiinissa tai neodyyymi-yttrium-kiteessä
Koaguloitua	Hyytyä, jähmettyä; käytetään kuvattaessa proteiinien jähmettymistä lämmön vaikutuksesta
Koherentti, koherenssi	Säteilyn koherenttisuus kuvaa säteilyn kykyä interferoida. Koherentti säteily on yleensä samanvaiheista, yhdensuuntaista ja monokromaattista, esimerkiksi lasersäde.
Kohorttitutkimus	Seurantatutkimus, jossa ihmisryhmää seurataan tutkittavan sairauden suhteen joko ajassa eteenpäin tai taannehtivasti ja altistusta koskevat tiedot kerätään 'reaaliaikaisesti' altistuksen tapahtuessa ja ennen sairastumista. Yksi epidemiologisen tutkimuksen tutkimusasetelmista.
Kollimoida	Koota kapeaksi säteilykeilaksi
Kromofori	(Bio)kemiallinen molekyyli, joka absorboi tietyn aallonpituuksista optista säteilyä ja virittyy tämän seurauksena korkeammalle energiatasolle. Viritystilan purkauessa kromoforissa tapahtuu kemiallinen muutos.
Langerhansin solu	Eräs ihon immunologisesta puolustuksesta vastaava solu
Latenssiaika	Ajallinen viive ärsykkeen, esimerkiksi säteilyn, ja sen aiheuttaman reaktion, kuten ihon palamisen, ilmenemisessä
Lentigo	Pigmenttiläiskä
Luksi (lx)	Valaistusvoimakkuuden yksikkö; kuuluu valaistussuureisiin
Luminanssi	Kirkkaus
Lymfosyytti	Imusolu, yksi immunologiseen puolustusjärjestelmään kuuluva valkosolupopulaatio
Makrofagi	Syöjäsolu, yksi immunologisen puolustusjärjestelmän (valko)soluista

MED	Minimal Erythematol Dose. Aiemmin tällä termillä tarkoitettiin UV-säteilyn annosta, joka on keskimäärin riittävä aiheuttamaan juuri havaittavan punoituksen. Nykyään MED on yksilökohtainen ja ihon karaisuasteesta riippuva punoituskynnys.
Melaniini	Melanosyyttien UV-säteilyn vaikutuksesta ihoon tuottama pigmentti eli "rusketus", jota muodostuu kahta eri lajia, eumelaniinia sekä feomelaniinia
Melanooma	Tummasolusyöpä, yksi ihosyöpälaji
Melanosyytti	Pigmenttisolun, joka tuottaa ihoon melaniini-pigmenttiä
Mikrometri (µm)	Miljoonasosa metri; $1 \times 10^{-6} \text{ m} = 1 \text{ µm}$
MMVI	Monimuotoinen valoihottuma
Monokromaattinen säteily	Säteily, joka koostuu vain yhdestä tietystä aallonpituudesta
Nd:YAG-laser	Neodymium-YAG-laser; kiinteän olomuodon lasertyyppi
nm	Nanometri eli $1 \times 10^{-9} \text{ m}$, millimetrin miljoonasosa. Valon ja UV-säteilyn aallonpituudet ilmoitetaan yleensä nanometreissä.
Nodulaarinen	Kyhmyinen, nystermäinen
Notifikaatio	Euroopan yhteisön jäsenvaltion tekemä ilmoitus markkinoilta löytyneestä vaarallisesta kulutustavarasta sekä siihen kohdistuneista toimenpiteistä. RAPEX-ilmoitus.
Notifikaatiojärjestelmä	RAPEX-järjestelmä (Rapid exchange of information). Yleiseen tuoteturvallisuudesta annettuun direktiiviin 2001/95/EY (General Product Safety Directive, GPSD) perustuva Euroopan yhteisön nopea tietojenvaihtojärjestelmä.
Normatiivinen	Määräävä
Painottaminen	Säteilyvaikutusten aallonpituusriippuvuuden huomioonottaminen tietyn biologisen vasteen suhteen. Esimerkkinä säteilylähteen tuottaman säteilyn painottaminen eryteemapainotusspektrin avulla.
Painotusspektri	Sama kuin vaikutusspektri
Paraksiaaliaproksimaatio	Optiikan laskuja yksinkertaistava oletus, jossa säteiden oletetaan kulkevan lähellä optista akselia ja optisen akselin suuntaisesti
PDT	Photo Dynamic Treatment; fotodynaaminen hoito, yksi laser-säteilyn käyttökohteista lääketieteessä
Psoraleeni	Lääke, jolla iho herkistetään UV-A-säteilylle ennen PUVA-valohoitoa
Pterygium	Silmän sidekalvon paksuuntuma
Pulssimainen laser	Laser, jonka säteily koostuu pulsseista; toisin sanoen säteily ei ole jatkuva.
PUVA	Psoraleeni + UVA; yksi UV-valohoitomuoto
Radiaani (Rad)	Kulman yksikkö, koko ympyrä on 2π radiaania
Radianssi	Kuvaa radiometrisessä säteessä kulkevaa säteilytehoa; säteilyn voimakkuus eli intensiteetti avaruuskulmaa ja pinta-yksikköä kohden
Radiometria	Radiometria kuvaa säteilyn etenemistä ja mittaamista
Regulatorinen T-lymfosyytti	Immunosuppressiota välittävä T-solupopulaatio

SED	Standard Erythematous Dose. 1 SED on 100 J/m ² eli 10 mJ/cm ² eryteemaefektiivisenä annoksena.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
Solarium	Ihon ruskettamiseen tarkoitettu UV-säteilyä tuottava laite
Spektri	Kuullinen tai numeerinen tapa esittää, miten säteilyn voimakkuus on jakaantunut eri aallonpituuksille
Spektrinen irradianssi	Irradianssi jaoteltuna aallonpituuden mukaan
Spektrinen radianssi	Radianssi jaoteltuna aallonpituuden mukaan
Spektroradiometri	Mittalaite, jolla voidaan mitata miten UV-säteilyn annosnopeus on jakaantunut eri aallonpituuksille
SPF	Sun Protection Factor, aurinkosuojavoiteille määritetty suojakerroin, joka kuvaa voiteen tarjoamaa suojaa ihon palamista vastaan.
Solaarikeratoosi	Katso aktiivinen keratoosi
Sublimoituminen	Olomuodonmuutos suoraan kiinteästä kaasuksi ilman nestemäistä välitilaa
Sun Burn Cell (SBC)	Eryteemalle tunnusomaisia kuolleita, apoptoosiin eli ohjattuun solukuolemaan ajautuneita keratinosyyttejä
SUP	Selective Ultraviolet Phototherapy; yksi UV-valohoitomuoto
Superfisiaalinen	Pinnallinen
Syklobutaanidimeeri	UV-säteilyn synnyttämä vaurio DNA-ketjun emästen välille
Sytokiinit	Elimistön liukoinen välittäjäaineryhmä
Säteilykvantti	Sähkömagneettisen aaltoliikkeen mukainen hiukkanen
Tapaus-verrokkitutkimus	Yksi epidemiologisen tutkimuksen tutkimusasetelma, jossa tapaukset valitaan tutkittavan taudin mukaan ja heille valitaan samasta väestöstä terveet kontrollihenkilöt, jonka jälkeen verrataan aiempaa altistusta näiden ryhmien kesken
Termiset vaikutukset	Lämpövaikutukset
Transformaatio	DNA-ketjussa UV-säteilyn johdosta tapahtuva emäsmuutos, jossa sytosiini muuttuu adeniiniksi tai guaniini muuttuu tymiiniksi eli C-A- tai G-T-transversio.
Transitio	DNA-ketjussa UV-säteilyn johdosta tapahtuva emäsmuutos, jossa sytosiini muuttuu tymiiniksi eli niin sanotut C-T- tai CC-TT-transitiot
UCA	Urokaanihappo, joka esiintyy sekä cis- että trans-isomeerinä ihossa
UPF	Ultraviolet Protecting Factor; tekstiileille määritettävä suojakerroin, vastaa aurinkorasvojen SPF:a
UV-säteily	Ultraviolettisäteily; sähkömagneettinen säteily, joka on röntgensäteilyn ja näkyvän valon välissä. Aallonpituusalue 100–400 nm.
UV-A	UV-säteilyn osa-alue, aallonpituudet 315–400 nm. Biologiassa ja lääketieteessä käytetään myös raja-aallonpituutena 320 nm.
UV-A1 ja UV-A2	UV-A alue jaetaan nykyisin vielä kahteen osaan: UV-A1 340–400 nm ja UV-A2 315/320–340 nm.
UV-B	UV-säteilyn osa-alue, jonka CIE on määritellyt aallonpituuksille 280–315 nm
UV-C	UV-säteilyn osa-alue, aallonpituudet 100–280 nm

Uvea	Silmän suonikalvo
UVI	UV-indeksi, joka kuvaa UV-säteilyn voimakkuutta
UV-mittari	Mittalaite, jolla voidaan mitata UV-säteilyn annosnopeus
Vaikutusspektri	Esitystapa, jolla kuvataan miten tehokkaasti UV-säteilyn eri aallonpituudet aiheuttavat jonkin tietyn biologisen vasteen, kuten eryteeman tai ihosyövän. Vaikutusspektrit esitetään tavallisimmin antamalla eri aallonpituuksille painotuskertoimet, jotka vastaavat aallonpituuksien suhteellista biologista tehokkuutta. Vaikutusspektrillä voidaan suorittaa painottamista (ks. painottaminen, painotusspektri) arvioitaessa jonkun säteilylähteen tehoa aiheuttaa fotokemiallisia tai -biologisia muutoksia.
Valohoito	Ihosairauksien hoito UV-säteilyllä
Valohoitolaite	Ihosairauksien hoitoon tarkoitettu UV-säteilyä tuottava lääkinällinen laite
Viivaspektri	Spektri, jossa säteilyä on vain yksittäisillä aallonpituuksilla
Watti (W)	Tehon yksikkö
Zeniitti	Taivaankannen korkein kohta

Hakemisto

A

Aallonpituudesta riippuva kerroin 93
Aallonpituusriippuvuus 36, 275
Absorptiohuippu 84, 146, 150
ACGIH (American Conference of
Government Industrial Hygienists)
256, 274
Aerosoli 205, 213
Aktiivinen keratoosi 158, 172
Albedo 214
Alppiaurinkolamppu 231
Altistumisen rajoittaminen
– työperäinen 260, 283
Altistumisen rajoittaminen – väestö
257, 281
Altistumisrajat IR-säteilylle 273
Altistumisrajat laserille 87
Altistumisrajat näkyvälle valolle 91,
273
Alumiinihitsaus 238
Aminohappo 150
Ammatillinen altistus 257
Annos 37, 156, 217, 220, 225, 259
Annoskaavio 184
Annosnopeus 36, 219, 225
ANSI (American National Standards
Institute) 96
Antioksidantti 154
Anturi 39, 61, 63
Argonlaser 121, 132
AS/NZS 4399 -standardi 243
Auringon korkeuskulma 63, 208
Auringonpilkkusykli 206
Auringon spektri 205
Aurinko 204
Aurinkomittaus 64
Aurinkosuojavoide 248
Avaruuskulma 20

B

Bakteerituholamppu 233
Basaliooma (tyvisolusyöpä) 170
Beer–Lambert–Bouguerin laki 32
Bilirubiini 266
Brewer–Dobson kierto liike 209

C

CENELEC 97
CFC-yhdisteet (freonit) 210
Chapmanin reaktio 209
CIE (Commission Internationale

de l’Eclairage, Kansainvälinen
valaistusjärjestö) 36, 144, 256
CIE:n eryteemapainotettu irradianssi
37, 150, 207
CIE:n eryteemapainotusspektri 37, 207
CO₂-laser 117, 121

D

Desinfointi 233
Detektorimatriisielementti 68
Diffraktio 41
Diffuuseri 71
Divergenssikulma 42
DNA 146, 167
DNA-vaurion vaikutusspektri 151
Dobson-yksikkö 208
D-vitamiini 159
Dysplastinen luomi (ärjyluomi) 175

E

Elastiini 159
Elohopealamppu 228, 233
EN 60335-2-27 -standardi 285
EN 60825-1 -standardi 97, 282, 286
EN S13758-2 -standardi 244
EN-standardit yleisesti 97
Epäkoherentti 270
Eryteema 38, 155
Eryteemaefektiivinen annosnopeus 39
Eryteemaherkkyys (puneherkkyys)
36, 148, 219, 259
Eryteeman vaikutusspektri 37, 150,
258
Eryteemapainotettu irradianssi 37, 150,
207
Eryteemapainotettu mittari 64
Eryteemapainotusspektri 37
Eumelaniini 154
Euroopan parlamentin ja neuvoston
optista säteilyä koskeva direktiivi
(2006/25/EY) 87, 97, 239, 256,
274, 283
Excimer-kaasulaser 121

F

Feomelaniini 154
Fibroblasti 145
Finlex-säädös pankki 285
Fitzpatrickin asteikko 147, 169
F-luku 34
Fluoresenssi 149, 226, 232

Fotoablaatio 85, 123
 Fotoakustinen vaikutus 82
 Fotobiologia 144
 Fotodiodi 60, 70
 Fotodynaaminen hoito (Photo Dynamic Treatment, PDT) 123, 187
 Fotoimmunologia 144, 162
 Fotoindusoitunut plasma 117
 Fotokatodi 70
 Fotokemia 144
 Fotokemiallinen vaurio 266
 Fotokemoterapia 186
 Fotokeratiitti (lumisoikeus) 85, 190, 240
 Fotometria 40
 Fotometriset mittaukset 62
 Fototerapia 183
 Fraunhoferin diffraktio 41
 Freonit (CFC-yhdisteet) 210
 Fresnelin diffraktio 41
 Fysikaalinen suoja-aine 248

G

Gaussinen säde 44
 Glaukooma 50, 122

H

Hajaheijastuminen 31
 Hajaläpäisy 31
 Hajasäteily 70
 Halogeenilamppu 228
 Haloni 210
 Hampaiden valkaisu 126
 Happiradikaali 154
 Harmaakaihi 85, 191, 250
 Hehkulamppu 228
 Heijastinloisteputki (reflektoriputki) 218, 227
 Heijastuminen 31
 Heijastuskulma 31
 Helium-cadmium-laser 86
 Helium-neon-laser 132
 Hemoglobiini 147, 266
 Hiilidioksidilaser 116, 121
 Hila 66
 Hitsaajan silmä 85, 190, 240
 Hitsaus 237
 Hitsauslasi 241
 Hitsausuojain 240
 Holografinen hila 69
 Hyperkeratoosi 155

I

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) 97, 256, 274, 281
 IEC 60601-2-22 96, 123
 IEC 60825-1 86, 97
 IEC 60825-2 96, 127
 IEC (International Electrotechnical Commission, Kansainvälinen sähköalan standardisointisjärjestö) 97
 IEC/TR 60825-3 96
 IEC/TR 60825-8 96
 IEC TR 60825-14 97
 Ihonalaiskerros (subkutis) 145
 Ihon optiset ominaisuudet 145
 Ihon paksuuntuminen 155
 Ihon palaminen 155
 Ihon palamisen vaikutusspektri 37, 150, 258
 Ihon rakenne 144
 Ihon ruskettuminen 151
 Ihon valovanheneminen 158
 Ihosyöpä 169
 Ihosyvän vaikutusspektri 151
 Ihotyypiluokitus 147, 169
 Iiris (värikalvo) 50
 Ilmailulaitos 136
 Ilmakehä 144, 204
 Ilmastohoito 185
 Ilmatieteen laitos 207, 245
 Immunosuppressio 162
 Infrapunasauna 273
 Infrapunasäteily (IR-säteily) 204, 271
 Interferenssi 41
 IR-A-säteily 77, 147, 272
 IR-B-säteily 78, 83, 147, 272
 IR-C-säteily 78, 84, 147, 272
 IR-LED 269
 Irradianssi 26, 40, 44, 55, 57, 87, 260
 Irradianssimonokromaattori 65

J

Jatkuvatoiminen laser 82, 129

K

Kaamosoire 268
 Kaksoishilamonokromaattori 68
 Kalibrointi 64
 Kalibrointikerroin 64
 Kandela 40

- Kansainvälinen sähköalan standardisoi-
misjärjestö (IEC) 97
Kansainvälinen valaistusjärjestö
(CIE) 36
Kapeakaistainen UVB-hoito 183
Kapeakaistainen UV-B-laite 224
Katalyytti 209
Kauko-infrapunasäteily (IR-C) 78, 84,
147, 272
Keltatauti 267
Kemiallinen suoja-aine 246
Keratinosyytti 145, 171
Keski-infrapuna-säteily (IR-B) 78, 83,
147, 272
Kiikari 48
Kiinteä hila 68
Kirkasvalohoito 268
Koherenssi 41, 42, 77
Kohorttitutkimus 175
Kokonaisirradianssi 36
Kolekalsiferoli 159
Kollageeni 159
Kollimointi 77
Korjauskerroin 63
Korkeapaineinen kaasupurkauslamppu
227
Kosinikorjaus 71
Kosinilaki 27
Kovakalvo 50
Kovettaminen UV-säteilyllä 234
Kromofori 148, 167
Krooninen aktiivinen dermatiitti 179
Kryptonlaser 121, 132
Kuitukaapeli 127
Kuivaaminen UV-säteilyllä 234
Kulmakoko α 91
Kuluttajavirasto 130, 284
Kvartsilasi 227
Käyttöturvallisuusohje 110
- L**
- Laajakaistainen UV-B-hoito 183
Laajakaistainen UV-B-laite 224
Laajakaistaiset mittaukset 62
Lähi-infrapunasäteily (IR-A) 77, 147,
272
Laki lelujen turvallisuudesta (287/1997)
130
Laki terveydenhuollon laitteista ja
tarvikkeista 123, 280
Lambertin lähde 28
Lämpövaurio (terminen vaurio) 81, 84,
92, 265, 271
Langerhansin solu 164
Laserdiodi 91, 121, 130, 132, 138, 271
Lasereiden turvallisuusluokitus 97
Laserhitsaus 120
Laserin ihovaikutukset 86
Laserin sotilaskäyttö 138
Laserkirurgia 122
Laserkosmetiikassa 125, 290
Laser kuluttajatuotteissa 130
Laserlaitteen tyyppitarkastus 287
Laserleikkaus 118
Laser lääketieteessä 121
Laser opetuksessa 131
Laserosoitin 130
Laserpolttoleikkaus 118
Laserstandardi EN S60825-1 87
Laserstandardit 96
Lasersuodatin 107
Lasersuojat 109
Lasersäteen heijastuminen 49
Lasersäteen turvaetäisyys 47
Lasersäteily 42
Lasersäteilyn enimmäisarvot 87, 286
Lasersäteilyn mittaaminen 59
Laser teollisuuden työstöprosesseissa
116
Laser tietoliikenteessä 127
Laserturvallisuus 76
Laser viihteenä 132
Laser yleisöesityksessä 286
Lasiainen 50
LED (loiste- eli valodiodi) 233, 269
Leludirektiivi (88/378/ETY) 130
l'Hospital'in sääntö 44
Linssi (mykiö) 50, 78, 191, 250, 273
Loistediodi (valodiodi, LED) 233, 269
Loistelamppu (loisteputki) 226
Luksi (lx) 268
Luminanssi 40, 108, 242
Lämpösähköinen detektori 59
Lämpösäteily 204
Lääkelaitos 284, 289
Lumisokeus (fotokeratiitti) 85, 190, 240
- M**
- MAG-hitsaus 237
Markkinavalvonta 287
Marraskesi 145
Matalapurkauslamppu 226
MED (Minimal Erythema Dose,
punoituskynnys) 38, 156
Melaniini 146, 153
Melanooma 173
Melanoomariski 222
Melanosomi 154
Melanosyytti 151, 173
Melatoniini 268
MIG-hitsaus 237
Mittausnäkökenttä γ 91
Monimetallilamppu 218, 228
Monimuotoinen valohottuma 177

Monimuotosäde 48
 Monokromaattinen säteily 42, 77
 Monokromaattori 66
 Mustavalolamppu 227
 Mustuainen (pupilli) 50
 Mykiö (linssi) 50, 78, 191, 250, 273

N

Nd:YAG-laser 116, 121
 Neliölaki 27
 Nielureaktio 209
 Nukleiinihapot (DNA ja RNA) 149
 Näkyvä valo 77, 146, 204, 264
 Näköhermo 53

O

Okasolusyöpä 171
 Optinen kuitu 127
 Optisen säteilyn mittaaminen 58
 Optisen säteilyn tunkeutuminen ihoon 144
 Optisen säteilyn tunkeutuminen silmään 78
 Optisen säteilyn valvonta 280
 Orvaskesi (epidermis) 144
 Osteomalasia 159
 Otsoni 208
 Otsonikato 210

P

Painottamaton UV-A-säteilyannos 257
 Pallokalotti 22
 Pallokoordinaatti 22
 Paristo- ja akkukäyttöiset laserlaitteet 287
 PDT-hoito (Photo Dynamic Treatment) 123, 187
 Peptidisidos 146
 Pienjännittdirektiivi (73/23/EEC) 97
 Pigmenttiepiteeli 52, 80, 265
 Pintalähde 57, 90
 Pistelähde 27, 57, 88, 90, 95, 137
 Plasmanmuodostus 82
 Polaaripyörre 210
 Polaariset stratosfääripilvet 210
 Projekzioavaruuskulma 22
 Psoraleni 186
 Puikkohitsaus 237
 Pulssien kertymisaika 94
 Pulssilaser 59, 88, 94, 137, 138
 Puneherkkyys (eryteemaherkkyys) 36, 148, 219, 259
 Punoituskynnys (MED) 38, 156
 Puolustusvoimat 139
 Pupilli (mustuainen) 50
 PUVA-hoidot 186
 PUVA-laite 224

Pyrosähköinen detektori 60
 Pyöreän levyn säteily 29
 Päiväntasaaja 245

Q

Quasi-biennial oscillation 210

R

Radianssi 24, 40, 108, 275
 Radianssilaki 26
 Radianssimittari 32
 Radiometria 20
 Radiometrian rajoitukset 41
 Rahankäsittelylaite 232
 Rakofunktio 69
 RAPEX-verkosto 290
 Rayleigh-etäisyys 46
 Reflektoriputki (heijastinloisteputki) 218, 227
 Regulatorinen T-solu 166
 RGB-diodilaser 132
 Riisitauti 159
 Ruskettuminen 151

S

Sarveiskalvo 50
 Sarveiskalvon irradianssi 55
 Sauvasolu 52, 264
 SED (Standard Erythema Dose) 38, 156
 Sekaheijastuminen 31
 Sekakaarihitsaus 237
 Sekäläpäisy 31
 Sekavalolamppu 228
 Sekundaarisäteily 108, 120
 Setelientunnistus 232
 SFS-EN 60825-1 97
 SFS-EN-tunnus 97
 Silmä 50, 189
 Silmän kokonaisläpäisy 53
 Silmänpainetauti (glaukooma, viherkaihi) 50
 Silmän rappeumasairaudet 194
 Silmän spektrinen herkkyys 41
 Silmä optisena laitteena 56
 Simuloitu kalibrointi 66
 Sininen valo 108, 266, 274
 Sinivalohoito 266
 Siroaminen 205, 246
 Skannaava laser 94
 Skintillaatio 48
 Soft-laser 125
 Solaarikeratoosi 158
 Solarium 218
 Solariumin UV-säteilyn altistumisrajat 260

Solariumkäyttöpaikkojen valvonta 285
Spektrin herkkyyserroin 36
Spektriset suureet 35
Spektroradiometriset mittaukset 66
SPF (Sun Protection Factor) 248
STM:n asetus 294/2002 87, 222, 256, 281
STM:n päätös 1474/1991 87, 256, 281, 283
ST-ohje 284
ST-ohje 9.1 285
ST-ohje 9.4 136, 286
Stratosfääri 208
Sublimaatioleikkaus 118
Sulatusleikkaus 118
Sun burn cells 158
Sun Protection Factor (SPF) 248
Suojautuminen – lasersäteily 107
Suojautuminen – UV-säteily 84, 243, 249
Suonikalvo 52
Superallergeeni 164
SUP-hoito 184
SUP-laite 224
Suuntaheijastuminen 31
Suuntaläpäisy 31
Suurennuslasi 34
Syklobutaanidimeeri 151, 157
Syvätunkeumahitsaus 120
Sähköturvallisuuslaki 280
Säteilyintensiteetti 23, 26
Säteilylaki 592/1991 280, 281, 284
Säteilyn vaimenemislaki 32
Säteilytys 37

T

Taitekerroin 25
Tapaus-verrokkitutkimus 175
Tappisolu 52, 264
Terminen detektor 59
Terminen työstö 117
Terminen vaurio (lämpövaurio) 81, 84, 92, 265, 271
Termit vaikutukset 83
Terveystarkastuslaki 763/1994 280
Terveystarkastajat 285
Terveysviranomainen 284
Teräksen hitsaus 238
Tiedonsiirtolaser 129
TIG-hitsaus 237
T-lymfosyytti 166
Toistuva altistus 94
Turvaetäisyyksien laskeminen 47
Turvallisuusluokat 97
Turvallisuusluokka 1 99
Turvallisuusluokka 1M 99
Turvallisuusluokka 2 100

Turvallisuusluokka 2M 100
Turvallisuusluokka 3B 100
Turvallisuusluokka 3R 100
Turvallisuusluokka 4 101
Turvatekniikan keskus 284
Työturvallisuus – UV-säteily 239
Tyvisolusyöppä (basaliooma) 170
Työsuojeluviranomainen 284, 289
Työturvallisuuslaki 738/2002 280, 283
Työturvallisuus – laser 107

U

Ultraviolet Protection Factor (UPF) 243, 249
Ultraviolettilaserit 84
UPF (Ultraviolet Protection Factor) 243, 249
Uritettu hila 69
Urokaanihappo (UCA) 146, 149, 168
UV-A1-hoito 185
UV-annoksen laskeminen 38
UV-A-säteily 84, 144, 204
UV-B-hoito 183
UV-B-säteily 84, 144, 204
UV-C-elohopealoistelamppu 233
UV-C-säteily 84, 144, 204
UV-indeksi 207, 245
UV-lamppu 218, 226
UV-LED 233, 269
UV-loisteputki 218
UV-säteilyltä suojautuminen 239, 243, 249
UV-säteilyn absorboituminen ihoon 146, 149
UV-säteilyn heijastuminen 147, 214
UV-säteilyn läpäisy 147
UV-säteilyn mittaaminen 225
UV-säteilyn molekulaariset vaikutukset 149
UV-säteilyn siroaminen 146, 205
UV-tyyppi 3 222

V

Vaaratasot (hazard levels) 127
Vaatetuksella suojautuminen 243, 249
Vaikutusspektri 36, 151, 256
Valaisimet 231
Valaistusvoimakkuus 40
Valodiodi (loistediodi, LED) 233, 269
Valohoidot 38, 183
Valohoitosten laadunvalvonta 188, 224
Valohoitolaite 223
Valoihottumat 176
Valokosketusihottuma 181
Valolääkeihottuma 180
Valomonistinputki 70
Valonokkosihottuma 178

Valoreseptorisolut 52, 264
Valotehokkuusvakio 40
Valovanheneminen 158
Valovoima 40
Valtioneuvoston asetus 291/2008
130, 287
Varoitusmerkinnät 101
Varoitusmerkki 102
Varoimisuositukset 104
Varusteluvaatimukset 103
Vauvan keltaisuus 267
Verenvaihto 268
Veri-aivoeste 267
Verinahka (dermis) 144
Verkkokalvon absorptio 53
Verkkokalvon irradianssi 55
Verkkokalvo (retina) 50, 78, 265
Verkkokalvovaurio 52, 77, 80, 265
Viherkaihi 50
Viivästynyt rusketus 153
Virittyminen 149
Väestöaltistus 257, 281
Välitön rusketus 153
Värikalvo (iiris) 50, 195

Y

Yksihilamonokromaattori 68
Yleisoesitysten valvonta 136
Yttrium-alumiini-kide 116

Z

Zeniitti 205, 215

Ä

Ärjyluomi 175

Symboli

6–4-fototuote 151