

# 6

## ALTISTUMINEN UV-SÄTEILYLLE

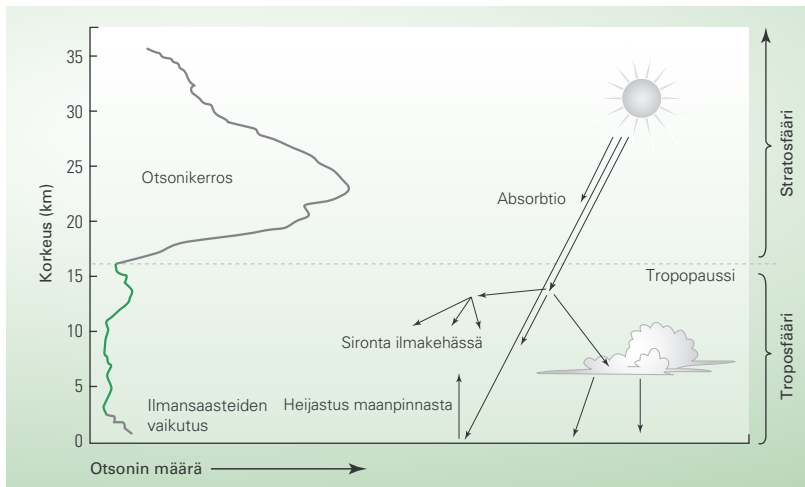
Lasse Ylianttila, Reijo Visuri, Maila Hietanen, Riikka Pastila

### SISÄLLYSLUETTELO

6.1	Aurinko .....	204
6.2	Solariumlaitteet .....	218
6.3	Valohoitolaitteet.....	223
6.4	UV-lamput .....	226
6.5	Hitsausprosessien aiheuttama UV-säteily .....	237
6.6	Suojautuminen UV-säteilyltä työympäristössä .....	239
6.7	UV-säteilyltä suojautumisen yleiset periaatteet.....	245

## 6.1 Aurinko

1800-luvun lopulla tutkijat havaitsivat, että auringon valossa on lyhytaaltoista näkymätöntä säteilyä, joka valottaa filmiä ja aiheuttaa punoitusta iholla. Havaitut muutokset aiheuttaa auringon UV-säteily, joka on merkittävin UV-säteilyn lähde elinympäristössä. UV-säteilyn (8 %) lisäksi aurinko tuottaa näkyvää valoa (47 %) sekä infrapuna- eli lämpösäteilyä (45 %). UV-säteily on jaettu kolmeen alaryhmään aallonpituuden mukaan: lyhytaaltoiseen UV-C-säteilyyn (100–280 nm), keskiaallonpituuksista muodostuvaan UV-B-säteilyyn (280–315 nm) ja pitkäaaltoiseen UV-A-säteilyyn (315–400 nm). Ilmakehä vaimentaa maanpinnalle saapuvan UV-säteilyn määrää aallonpituudesta riippuen. Ilmakehän vaikutusta maan pinnalle tulevaan UV-säteilyyn on kuvattu kuvassa 6.1.

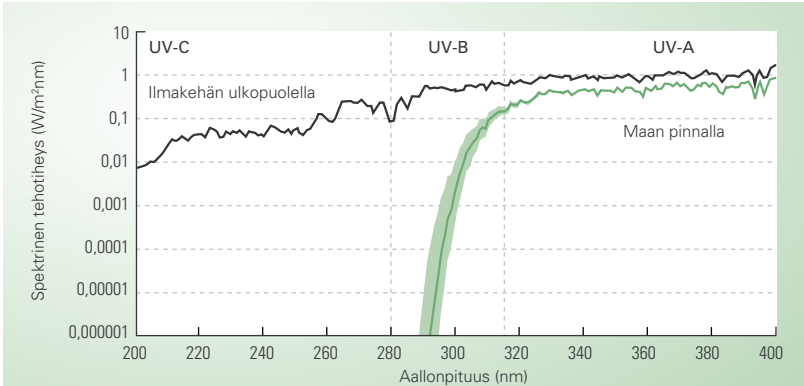


**Kuva 6.1 UV-säteilyn kulku ilmakehän läpi sekä otsonin korkeusjakauma**

Suurin osa polttavasta ja vahingollisesta UV-säteilystä absorboituu stratosfäärissä olevaan otsonikerrokseen. UV-säteily myös siroaa ilmakehässä, jonka vuoksi UV-säteilyä saadaan auringosta suoraan tulevan säteilyn lisäksi tasaisesti koko taivaalta. Pilvet ja ilmansaasteet vaikuttavat UV-säteilyn määrään vähentävästi. Tropopaussi on ilmakehän kahden alimman kerroksen, troposfäärin ja stratosfäärin, välinen rajapinta.

Maan pinnalle tulevaan UV-säteilyn määrään vaikuttavat ilmakehässä olevien säteilyä absorboivien aineiden määrä sekä säteilyn ilmakehässä kulkeuma matka. Suoran auringon säteilyn vaimenemista ilmakehässä voidaan kuvata kaavalla

$$E(\lambda) = E_0(\lambda)e^{-I(\mu_a(\lambda)+\mu_b(\lambda)+\mu_c(\lambda)+\dots)}, \quad (6.1)$$



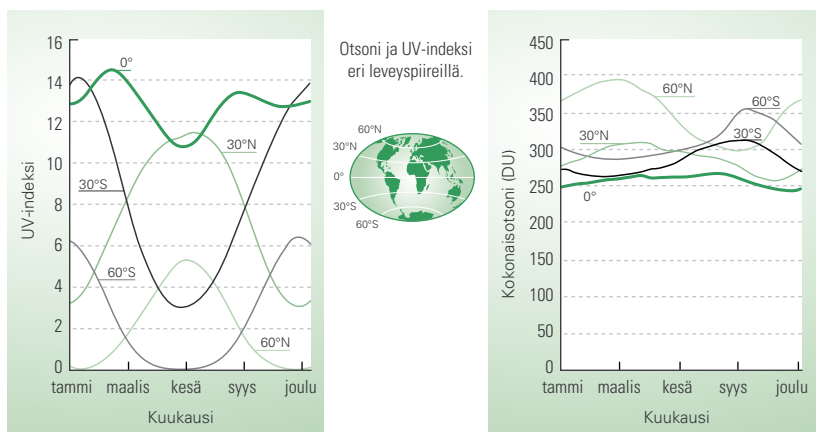
**Kuva 6.2 Auringon spektri ilmakehän ulkopuolella ja maan pinnalla**

Maan pinnalla oleva spektri on laskettu auringon korkeuskulmalle  $50^\circ$  ja siinä on kuvattu vihreällä värillä otsonin määrästä johtuva vaihteluväli.

missä  $E_0(\lambda)$  on auringon säteilyn irradianssi ilmakehän ulkopuolella,  $l$  säteilyn ilmakehässä kulkema matka ja  $\mu(\lambda)$ :t ovat otsonin, aerosolien, sironnan ja muiden säteilyä vaimentavien tekijöiden vaimenemiskertoimia. Säteilyn vaimeneminen riippuu säteilyn aallonpituudesta. Kuvassa 6.2 on esitetty auringon UV-säteilyn spektri ilmakehän ulkopuolella ja maan pinnalla. Käytännössä alle 290 nm aallonpituisen UV-säteily eli osa UV-B-säteilyn aallonpituuksista ja kaikki UV-C-säteily on absorboitunut ilmakehän otsonikerroksessa.

Ilmakehässä tapahtuva sironna vaimentaa suoraan auringosta tulevaa säteilyä, mutta maan pinnalle tuleva kokonaissäteily ei vaimene yhtä paljon, koska osa sironneesta säteilystä siroaa aina uudelleen päätyen lopulta maan pinnalle koko taivaankannelta tulevana, niin kutsuttuna diffuusina säteilyinä. UV-säteilyn sironna ilmakehässä onkin niin voimakasta, että yli puolet maan pinnalle tulevasta säteilystä on taivaalta tulevaa sironnutta säteilyä ja vain noin puolet tulee suorana säteilyinä auringosta.

Mitä pidemmän matkan ilmakehässä säteily kulkee, sitä enemmän se vaimenee. Kun aurinko on zenitissä eli korkeimmalla kohdallaan taivaankannella, tulee säteily suoraan ilmakehän läpi. Auringon ollessa matalalla lähellä horisonttia, joutuu säteily kulkemaan pidemmän matkan ilmakehän lävitse, jolloin säteily vaimenee enemmän. Tämän vuoksi auringon korkeus horisontista määrittää UV-säteilyn vuorokauden- ja vuodenaikavaihtelun. Esimerkkejä UV-säteilyn vuodenaika- ja vuorokaudenaikavaihtelusta on kuvissa 6.3 ja 6.6.



**Kuva 6.3 UV-säteilyn ja otsonin vaihtelu vuoden aikana eri puolilla maapalloa**

Vasemmalla puolella on kuvattu UV indeksin vaihtelu ja oikealla otsonin vaihtelu eri leveyspiireillä. Suomi sijaitsee leveyspiirillä 60°N.

Myös korkeus merenpinnasta vaikuttaa UV-säteilyn määrään. Mitä korkeammalla merenpinnasta ollaan, sitä lyhyemmän matkan säteily kulkee ilmakehän lävitse ja sitä enemmän tulee UV-säteilyä. Kun korkeus kasvaa yhden kilometrin, UV-säteily lisääntyy 7–25 prosenttia riippuen paikallisista olosuhteista. Yleisenä nyrkkisääntönä voi käyttää UV-säteilyn lisääntymistä kymmenellä prosentilla yhtä kilometriä kohden.

## Ilmakehän ulkopuoliset tekijät

Ilmakehän ulkopuolisista tekijöistä lähinnä maan ja auringon välinen etäisyys sekä auringon aktiivisuus vaikuttavat UV-säteilyn määrään maan pinnalla. Maan ja auringon välinen etäisyys vaihtelee vuodenajan mukaan maan kiertäessä aurinkoa. Etäisyys on lyhimmillään tammikuun alussa ja suurimmillaan heinäkuun alussa. Etäisyys heinäkuussa on noin 3,4 prosenttia suurempi kuin tammikuussa. Koska säteily riippuu neliöllisesti etäisyydestä, tulee tammikuussa maahan 6,9 prosenttia enemmän säteilyä kuin heinäkuussa.

Auringon aktiivisuus vaikuttaa maan pinnalla UV-säteilyyn lähinnä otsonin kautta. Auringon säteilemä kokonaissäteily vaihtelee 11 vuoden pituisen auringonpilkkusyklin aikana vähän, vain 0,1 prosenttia. Lyhyillä aallonpituuksilla säteilyn muutos on suurempi, pilkkuaktiivisena aikana säteily lisääntyy 300 nm aallonpituudella 0,85 prosenttia ja 200 nm aallonpituudella 8,5 prosenttia. Lisääntynyt lyhytaaltainen UV-säteily lisää otsonin

tuottoa stratosfäärissä; vaihtelu minimin ja maksimin välillä kokonaisotsonin määrässä päiväntasaajalla on 2–3 prosenttia.

## UV-indeksi kuvaa UV-säteilyn voimakkuutta

UV-säteilyn määrästä tiedotetaan kaikkialla maailmassa kansainvälisellä UV-indeksillä, joka ilmoittaa UV-säteilyn voimakkuuden helposti hahmotettavina lukuina. UV-indeksin vaihteluun vaikuttavat ennen kaikkea sijainti maapallolla sekä vuoden- ja vuorokaudenaika. Lisäksi UV-indeksiin vaikuttavat pilvisuus, paikan korkeus merenpinnasta ja yläilmakehän otsonin määrä. Indeksillä voidaan ilmoittaa UV-säteilyn mittaustuloksia sekä ennusteita UV-säteilyn määrästä. WHO, WMO, UNEP ja ICNIRP määrittelivät yhteistyössä UV-indeksin vuonna 1995. UV-indeksi saadaan kertomalla CIE-eryteemapainotettu irradianssi luvulla 40. Itse UV-indeksi on laaduton.

Kaava UV-indeksille on

$$UVI = k \int S_{ery}(\lambda) E(\lambda) d\lambda, \quad (6.2)$$

jossa kerroin  $k = 40 \text{ m}^2/\text{W}$  muuttaa UV-indeksin helposti hahmotettavan suuruiseksi luvuksi.  $S_{ery}(\lambda)$  on CIE:n eryteemapainotus ja  $E(\lambda)$  on säteilyn irradianssi maan pinnalla. CIE:n eryteemapainotusspektri on esitetty luvussa 2 kohdassa 2.1 Radiometrian perusteet sekä luvussa 5 kuvassa 5.2.

UV-indeksi vaihtelee maapallolla välillä 0–20 ja UV-säteilyn vaihtelu eri leveysasteilla vuoden aikana on esitetty kuvassa 6.3. Kuvassa on ilmoitettu päivittäinen maksimi UV-säteilyn määrä UV-indeksinä. Tropiikissa ( $0^\circ$ ) UV-indeksi ei juuri vaihtelee pysyen yli kymmenen läpi vuoden. Välimeren leveysasteilla ( $30^\circ\text{N}$ ) suurimmat UV-indeksin arvot ovat samansuuruisia kuin tropiikissa ja talvella pienimmillään alle neljän. Suomen leveyspiirillä ( $60^\circ\text{N}$ ) UV-indeksi nousee kesällä kuuden tienoille, mutta talvella ei UV-säteilyä ole juuri lainkaan.

Erisuuruisille UV-indekseille on sovittu kansainvälisesti säteilyn voimakkuuden kuvaus ja värit, joita käytetään kerrottaessa UV-säteilyn voimakkuudesta (taulukko 6.1). Suomessa Ilmatieteen laitos antaa ennusteen UV-indeksistä kahdelle seuraavalle päivälle. Yleensä UV-indeksinä ilmoitetaan UV-säteilyn päivittäinen maksimiarvo, joka saavutetaan keskipäivän aikaan. Taulukossa 6.1 on lueteltu UV-indeksin eri voimakkuusluokat ja annettu niihin liittyvät suojautumissuosituksen, joita käsitellään lisää tämän luvun lopussa kohdassa 6.7 UV-säteilyltä suojautumisen yleiset periaatteet.

UV-indeksi	Värikoodi	UV-säteilyn voimakkuus	Suojaustarve
0–2	Vihreä	Heikko	Ei tarvetta
3–5	Keltainen	Kohtalainen	Suojaudu käyttämällä vaatteita, päähineitä, aurinkolaseja, suoja-voiteita ja pysyttelemällä varjossa
6–7	Oranssi	Voimakas	
8–10	Punainen	Hyvin voimakas	Vältä suorassa auringonpaisteessa oleskelua; suojaudu ennen ulos siirtymistä
yli 11	Violetti	Äärimmäisen voimakas	

Taulukko 6.1 UV-indeksi sekä UV-säteilyn voimakkuuden kuvaus ja suojaustarve

## Otsoni vaikuttaa UV-säteilyn määrään

Alle 290 nm aallonpituisen UV-säteily absorboituu stratosfäärissä happi- ja otsonimolekyyleihin. Happi absorboi alle 250 nm aallonpituista säteilyä ja otsoni absorboi alle 315 nm aallonpituista säteilyä. Otsonin kokonaismäärä ilmakehässä ilmoitetaan Dobson-yksiköissä, DU. Yksi Dobson-yksikkö otsonia vastaa maan pinnalla normaalipaineessa ja lämpötilassa 0,01 mm paksuista otsonikerrosta. Otsonin normaalivaihtelu 200–450 DU vastaa siis maanpinnalle puristettuna 2–4,5 mm korkuista otsonikerrosta.

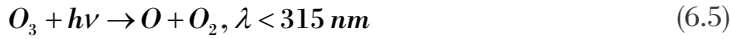
Maan pinnalle tulevan UV-säteilyn muuttuminen otsonikerroksen paksuuden muuttuessa riippuu otsonin määrän muutoksen lisäksi myös auringon korkeuskulmasta, säteilyn heijastumisesta maan pinnasta sekä muista ympäristökiteistä. UV-indeksin muutoksen ja otsonin määrän muutoksen suhde ei ole suoraviivainen, mutta muutosten ollessa pieniä voidaan muutos kuvata yksinkertaisesti niin, että otsonikerroksen ohentuessa yhdellä prosentilla kasvaa UV-indeksi yhdellä prosentilla.

Otsoni syntyy stratosfäärissä UV-säteilyn vaikutuksesta. Lyhytaaltainen UV-säteily hajottaa happimolekyylin atomaariseksi hapeksi, jonka yhtyessä tavalliseen happimolekyyliin syntyy kolmesta happiatomista muodostuvaa otsonia.



Reaktiossa  $M$  on reaktioon osallistumaton molekyyli, esimerkiksi happi- tai typpimolekyyli, joka ottaa vastaan reaktion ylimääräisen energian ja  $h\nu$  on yksittäisen fotonin energia.

Otsoni absorboi voimakkaasti alle 315 nm aallonpituista UV-säteilyä, joka hajottaa otsonin. Reaktiossa vapautunut happimolekyyli voi tuhota otsonimolekyylin muodostamalla kaksi happiatomia tai muodostamalla uudelleen otsonia happimolekyylin kanssa.



Näitä valokemiallisia reaktioita, joissa otsonia syntyy tai tuhoutuu auringon UV-säteilyn vaikutuksesta, kutsutaan Chapmanin reaktioiksi.

Otsonia tuhoutuu myös katalyyttisissä nielureaktioissa, jotka voidaan yksinkertaistaa seuraavasti:



jolloin reaktioiden nettotuloksena on otsonin tuhoutuminen



Katalyyttinä, jota merkitään kirjaimella  $X$ , voi reaktioissa olla vety (H), hydroksyyli-ryhmä (-OH), typpioksidi (NO), kloori (Cl) tai bromi (Br). Katalyytti ei kulu reaktiossa, jolloin yksittäinen katalyytti voi tuhota satojatusiansia otsonimolekyyliä.

Otsonia syntyy eniten trooppisilla leveysasteilla, jossa auringon UV-säteilyä on eniten. Otsonia myös tuhoutuu tropiikissa nopeimmin. Ottamalla huomioon pelkästään auringon säteily, tulisi otsonia olla eniten tropiikissa ja vähiten napojen luona. Kuitenkin otsonia on vähiten tropiikissa ja eniten napojen luona kuten kuvasta 6.3 nähdään. Tähän on syynä ilmakehän Brewer–Dobson kierto, joka kuljettaa tropiikissa syntynyttä otsonia napoja kohti. Kiertoliike nostaa ilmaa tropiikissa troposfääristä stratosfääriin ja kuljettaa stratosfääriin ilmamassaa talvinavalle, jolloin pohjoisen talvikuukausien aikana kierto kuljettaa ilmaa pohjoisnavalle ja etelän talvikuukausien aikana etelännavalle. Napoja kohti kuljettaessa auringon UV-säteilyn määrä vähenee ja otsonin tuhoutuminen hidastuu ja kaamosalueella jopa loppuu. Tällöin otsonin määrä lisääntyy navoilla

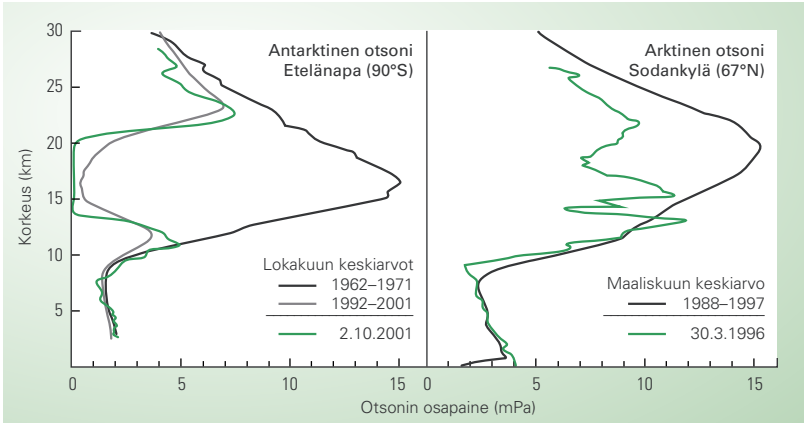
talven aikana ja laskee keväällä, kun auringon UV-säteily lisääntyy talven kaamoksen jälkeen.

Vuodenaikavaihtelun lisäksi otsonikerroksen paksuuteen vaikuttavat pitempiäaikaiset noin 27 kuukauden välein tapahtuvat ilmakehän virtausten muutokset (QBO, quasi-biennial oscillation), troposfäärin ja stratosfäärin paikalliset sääilmiöt sekä niiden rajapinnan – tropopaussin – korkeuden vaihtelu. Tropiikissa vaihtelu on pienempää, napa-alueilla vaihtelu on kymmenen prosentin luokkaa. Esimerkiksi Suomessa kesäisin hellekaudella korkeapaineen vallitessa otsonikerros on keskimääräistä ohuempi.

Ihmisten aiheuttama otsonikerroksen ohentuminen johtuu pääasiassa kloori- ja bromiyhdisteiden lisääntymisestä ilmakehässä. Kloorin ja bromin lähteitä ovat kloori-fluori-hiili-(CFC)-yhdisteet eli freonit sekä CFC-yhdisteiden tapaiset kromia sisältävät halonit, joita kumpaakin alettiin käyttää 1900-luvulla. Freoneita käytettiin suihkepullojen ponneaineena sekä jäähdytys- ja kylmälaitteissa, haloneita käytettiin pääasiassa sammuttimissa. Yhdisteet eivät reagoi muiden aineiden kanssa eivätkä liukene veteen, joten ne ovat pitkäikäisiä ilmakehässä. Yhdisteet nousevat tropiikissa troposfääristä stratosfääriin, jossa lyhytaaltainen UV-säteily rikkoo ne vapauttaen otsonia tuhoavaa klooria ja bromia. CFC-yhdisteiden käytön rajoittamisen jälkeen niiden tilalla alettiin käyttää osittain halogenoituja kloorifluorihilivetyjä eli HCFC-yhdisteitä. HCFC-yhdisteet eivät tuhoa otsonikerrosta yhtä tehokkaasti kuin CFC-yhdisteet. HCFC-yhdisteitä käytetään lähinnä kehittyvissä maissa ja niiden käytön lopettamisesta vuoteen 2040 mennessä on sovittu kansainvälisesti.

Otsonikatoa aiheuttaa kaksi erilaista tuhoamisprosessia. Katalyyttiset prosessit, kaavat 6.8 ja 6.9, tuhoavat otsonia koko stratosfäärissä. Navoilla, varsinkin etelänavalla, keväisin tapahtuvan otsonikadon syntyprosessi on hieman monimutkaisempi. Kloori muuttuu otsonikerroksen kannalta vaarattomaksi sitoutuessaan reserviyhdisteisiin, muodostaen esimerkiksi suolahappoa (HCl) tai kloorinitraattia (ClONO<sub>2</sub>). Reserviyhdisteet kulkevat Brewer–Dobson kiertoliikkeen mukana napa-alueille. Talvella napa-alueilla syntyy polaaripyörre. Polaaripyörre on voimakas pyörrevirtaus, joka eristää napa-alueen muusta ilmamassasta. Koska napa-alueille ei talven kaamoksen aikana tule lämmittävää auringon säteilyä, kylmenee polaaripyörteen sisällä oleva ilma huomattavasti. Lämpötilan laskiessa alle –80 °C ovat olosuhteet 12–25 kilometrin korkeudessa suotuisat helmiäispilvien eli polaaristen stratosfääripilvien (Polar Stratospheric Clouds, PSC) syntymiseen. Helmiäispilvet toimivat alustana heterogeenisille reaktioille, joissa kloori vapautuu reserviyhdisteistään (HCl ja ClONO<sub>2</sub>). Typen oksidit sitoutuvat





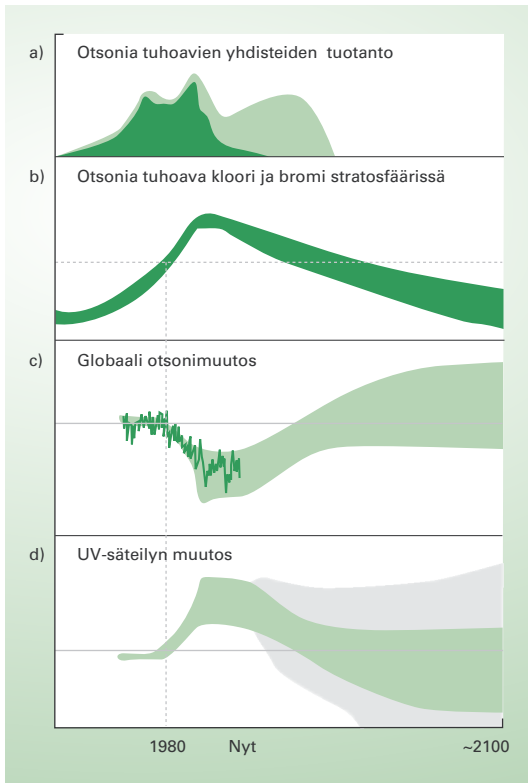
**Kuva 6.4 Otsonikato etelä- ja pohjoisnavalla**

Kuvassa on esitetty otsonin korkeusjakauma kaamoksen päättymisen aikaan etelä- ja pohjoisnavalla. Kuvassa on esitetty sekä otsonikatoa edeltävä että otsonikadon aikaisia otsoniprofiileja etelänavalla ja Sodankylästä. (Lähde: WMO, Scientific Assessment of Ozone Depletion, 2006)

samalla tyypihapoksi pilven hiukkasiin. Kaamoksen päättyessä auringon UV-säteily käynnistää kloorin katalyyttisen otsonituhonreaktion. Jos helmiäispilvet ovat olleet pitkäikäiset, ovat pilvet vajonneet alemmas poistaen tyypin oksideja kyseisestä ilmakerroksesta. Tällöin klooriyhdisteet eivät voi sitoutua reserviyhdisteisiin ja otsoni tuhoutuu nopeasti kyseisestä ilmakerroksesta. Ilman lämmitessä polaaripyörre purkautuu ja polaaripyörteen sisältämä ilma sekoittuu napoja ympäröivään ilma-ainekseen samalla pysäyttäen otsonia napa-alueella tuhoavat reaktiot.

Etelänavan polaaripyörre on huomattavasti voimakkaampi ja pitkäikäisempi kuin pohjoisnavan pyörre. Pohjoisen pallonpuoliskon maa-merijakauma ja suuret vuoristot aiheuttavat säähäiriöitä, joiden vuoksi pohjoinen polaaripyörre ei ole niin pitkäikäinen ja kylmä kuin eteläinen pyörre. Pohjoinen pyörre purkautuu tyypillisesti ennen auringon säteilyn paluuta napa-alueelle. Tämän vuoksi pohjoisella napa-alueella ei ole niin voimakasta otsonikatoa kuin etelänavalla, kuten kuvassa 6.4 esitetyistä otsoniprofiileista nähdään. Etelänavalla otsoni on tuhoutunut lähes kokonaan 14–20 kilometrin korkeudelta. Pohjoisessa on mitattu otsonikerroksen selvää oheneamista, mutta otsonin häviämistä kokonaan joltain korkeudelta ei ole vielä todettu.

Etelänavan otsoniaukko todettiin ensimmäisen kerran 1985 ja nopeasti sen jälkeen tehtiin ensimmäinen sopimus, Montrealin pöytäkirja 16.9.1987,



**Kuva 6.5 Otsonia tuhoavien aineiden määrän, otsonikerroksen paksuuden ja UV-säteilyn muutos viime vuosina sekä ennuste niiden tulevasta kehityksestä**

a) CFC-yhdisteiden (tummalla) ja HCFC-yhdisteiden (vaalealla) tuotanto.

b) Kloorin ja bromin määrä stratosfäärissä. Käyrän leveys kuvaa yhdisteiden kulkeutumisesta ja päästöennusteista johtuvaa epävarmuutta.

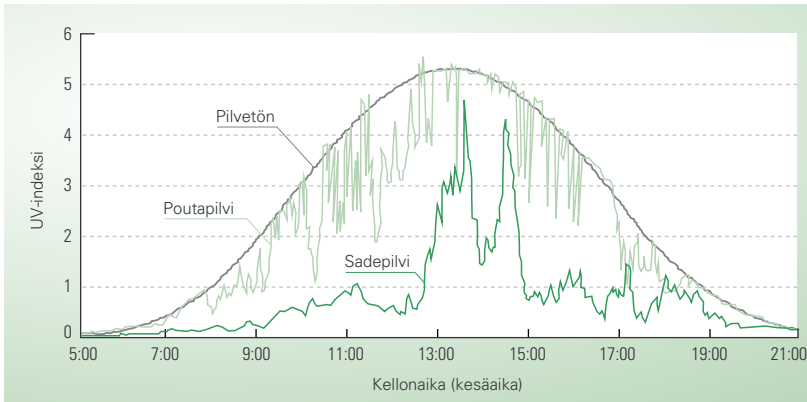
c) Otsonin määrä (60°S – 60°N), josta luonnollisten vaikutusten aiheuttama vaihtelu on poistettu. Mittaukset on esitetty tumman vihreällä ja eri kehitysmallien mukainen ennustus otsonin määrästä on esitetty vaalean vihreällä.

d) Eryteemapainotetun UV-säteilyn muutos. Otsonin vaikutus on kuvattu vihreällä ja harmaa alue kuvaa ilmastollisten muutosten aiheuttamaa ennustettua muutosta UV-säteilyyn.

otsonia tuhoavien aineiden käytön ja valmistamisen rajoittamiseksi. Sopimusta on täydennetty ja tiukennettu useaan otteeseen. Kuvassa 6.5 on esitetty otsonikerroksen vaikuttavien aineiden, otsonin ja UV-säteilyn viimeaikainen kehitys sekä ennuste niiden tulevasta kehityksestä. Otsonia tuhoavien aineiden pitoisuuksien odotetaan palautuvan vuotta 1980 vastavalle tasolle noin vuonna 2050 ja otsonikerroksen palautuvan hiljalleen entiselleen. Ilmastomuutoksen aiheuttamat muutokset voivat kuitenkin johtaa myös otsonikerroksen muutokseen, eikä otsoni palaudu välttämättä vuoden 1980 tasolle. UV-säteilyn ennustettavuus on vielä heikompi, koska pilvisyyden muutos voi vaikuttaa maan pinnalle tulevan UV-säteilyn määrään enemmän kuin otsonikerroksen muutokset.

## Pilvien vaikutus UV-säteilyn määrään

Pilvet vaimentavat UV-säteilyä. Vaimennus riippuu pilvien tyypistä ja määrästä. Kesäiset poutapilvet vähentävät UV-säteilyä vain varjostaessaan



**Kuva 6.6 UV-säteilyn vaihtelu vuorokauden aikana sekä pilvien vaikutus UV-säteilyyn**

Kuvassa on UV-säteilyn määrä keskikesällä pilvettömällä, poutapilvisellä ja sadepilvisellä taivaalla. Poutapilvet vaimentavat auringon UV-säteilyä jonkin verran mennessään auringon eteen, mutta vaimeneminen ei ole suurta, koska suurin osa UV-säteilystä tulee tasaisesti koko taivaalta. Sadepilvet vaimentavat säteilyä huomattavasti tehokkaammin, koska ne ovat paksumpia ja peittävät koko taivaan. Aurinko voi kuitenkin pilkkahtaa joskus pilvien välistä nostaten säteilyn miltei pilvettömän päivän tasalle, kuten tässä kuvassa tapahtuu kahteen kertaan keskipäivän aikoihin.

aurinkoa. Tällöinkin UV-säteily vähenee vain hetkellisesti ja vain osaksi, sillä muualla olevat poutapilvet eivät vaikuta koko taivaan säteilyyn. Tämä on havainnollistettu kuvassa 6.6. Tummat sadepilvet vaimentavat UV-säteilyä enemmän, ja synkkänä sadepäivänä UV-indeksi ei välttämättä nouse yhden yläpuolelle.

Jossain poikkeustapauksissa pilvet voivat myös lisätä UV-säteilyä. Poutapilven ollessa auringon vieressä, voi UV-säteily lisääntyä hetkellisesti, kun UV-säteily heijastuu pilven reunasta. Toinen esimerkki on ohut tasainen pilvikerros, kun maan pinta on lumen peittämä. Tällöin UV-säteily pääsee heijastumaan edestakaisin pilvien ja lumipinnan välillä lisäten näin säteilyn määrää. Yleisesti ottaen voidaan kuitenkin sanoa pilvien vaimentavan UV-säteilyä. UV-säteilyn pitkäaikaisvaihtelua tarkasteltaessa pilvisyyden vaikutus kasvaa, pilvisyys on suurin vuosittaiseen UV-annokseen vaikuttava tekijä.

Ilmakehän aerosolit ja ilmansaasteet absorboivat UV-säteilyä. Normaalisti näiden vaikutus on pieni, mutta pahasti saastuneilla alueilla UV-säteily voi vaimentua huomattavasti. Esimerkiksi Meksiko Cityssä UV-säteily on arkipäivinä kymmeniä prosentteja vaimeampaa kuin viikonloppuisin liikenteen aiheuttaman ilmansaastumisen vuoksi.

Maanpinta	Tyypillinen albedo (%)
Ruoho	1–5
Asfaltti	4–12
Betoni	8–12
Metsä	1–10
Hiekka	4–20
Vesi	5–10
Vaahoava merenpinta	25–30
Lumi	40–90

**Taulukko 6.2. UV-säteilyn albedo erityyppisiltä pinnoilta**

## UV-säteilyn heijastuminen

Maanpinta heijastaa osan UV-säteilystä ja tätä heijastuskykyä kuvataan albedolla. Albedo on maanpinnalta heijastuneen säteilytehon suhde maanpinnalle tulleeseen säteilytehoon ja se kuvaa kokonaisheijastusta ottaen huomioon sekä suoran että hajaheijastuksen. Suurin osa pinnoista heijastaa huonosti UV-säteilyä ja albedo on tyypillisesti noin kymmenen prosenttia tai sen alle. Hyvin heijastavia pintoja ovat vaalea hiekka, vaahtoava vesi ja erityisesti lumi. Vastataneen kuivan lumen albedo voi olla yli 90 prosenttia (Taulukko 6.2).

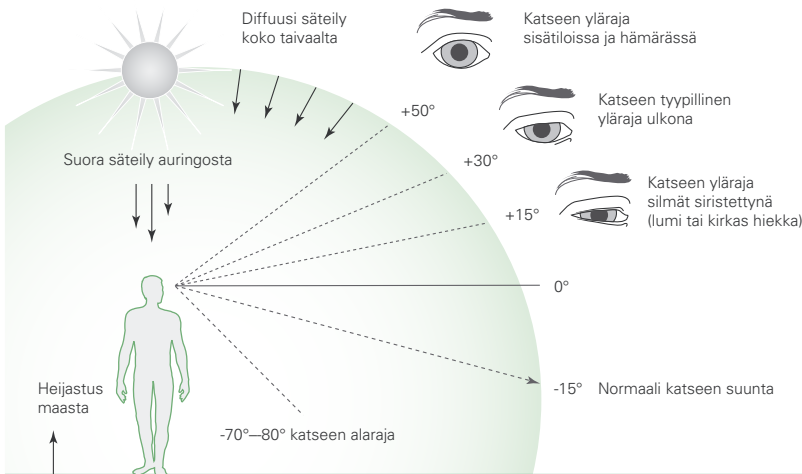
Luonnonpinnoista tapahtuvat heijastukset ovat yleensä hajaheijastuksia, jolloin niiden voidaan olettaa säteilevän tasaisesti joka suuntaan kuten Lambertin pinta (katso luku 2). Poikkeuksena tähän on tyyni veden pinta, josta heijastukset ovat suoraa peiliheijastuksia. Veden heijastuskerroin on suurimaksi osaksi pieni, vain viiden prosentin suuruinen. Lähellä horisonttia vesi heijastaa kuitenkin hyvin säteilyä. Lisäksi tulee muistaa, että vesi läpäisee hyvin UV-säteilyä. Puolen metrin syvyydessä UV-säteilystä voi olla jäljellä jopa 40 prosenttia.

Suoran heijastumisen lisäksi suuri albedo lisää UV-altistusta myös lisäämällä koko taivaalta tulevan diffuusin säteilyn määrää. Maan pinnalta heijastunut säteily siroaa takaisin maahan ilmakehästä. Takaisinheijastuneen säteilyn määrään vaikuttava maa-alue voi olla halkaisijaltaan jopa 40 kilometriä. Otollisissa olosuhteissa tuore lumi voi kaksinkertaistaa UV-säteilyn määrän lumettomaan maanpintaan verrattuna. Pystyssä oleville pinnoille – kuten kasvoille – vaikutus on vielä suurempi. Vaikka kasvat eivät olisikaan aurinkoon päin, niin lumipinnalta heijastuvan säteilyn määrä sekä koko taivaalta tulevan diffuusin säteilyn lisääntyminen

voi moninkertaistaa UV-altistuksen kasvoille normaaliin lumettomaan maanpintaan verrattuna.

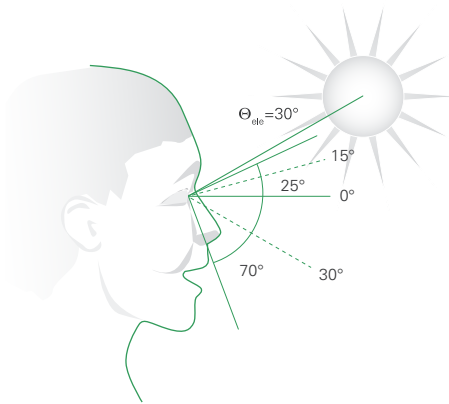
## UV-säteilyn jakauma taivaalla

Säteilyaltistusta arvioitaessa on otettava huomioon UV-säteilyn jakauma taivaalla. Auringon UV-säteilylle altistumista on havainnollistettu kuvassa 6.7. Suoraan auringosta tulevan säteilyn lisäksi säteilyä tulee tasaisesti jakautuneena koko taivaalta ja myös heijastuneena maan pinnasta. UV-säteily siroaa ilmakehässä niin, että suuri osa säteilystä tulee tasaisesti koko taivaalta. UV-säteilyn sirontaa voi verrata näkyvän valon siniseen valoon. Lyhytaaltoinen sininen valo siroaa enemmän kuin muut näkyvän valon aallonpituudet, ja tämän vuoksi taivas on sininen. UV-säteilyn aallonpituus on sinistä valoa lyhyempi, jolloin UV-säteily siroaa vielä enemmän kuin sininen valo. Suuri osa maan pinnalle tulevasta säteilystä onkin tasaisesti taivaalta tulevaa sironnutta säteilyä. Vain auringon ollessa zeniitissä eli taivaan ylimmässä pisteessä on suoran auringon säteilyn osuus hieman suurempi kuin koko taivaankannelta tulevan säteilyn osuus, muuten suurin osa säteilystä tulee tasaisesti taivaalta. Tämä tulee muistaa UV-säteilyltä suojautuessa, pelkästään suoralta auringonvalolta suojautuminen ei riitä. Suojauksen kannalta hyvä varjo on sellainen, joka peittää auringon lisäksi suuren osan sinisestä taivaasta.

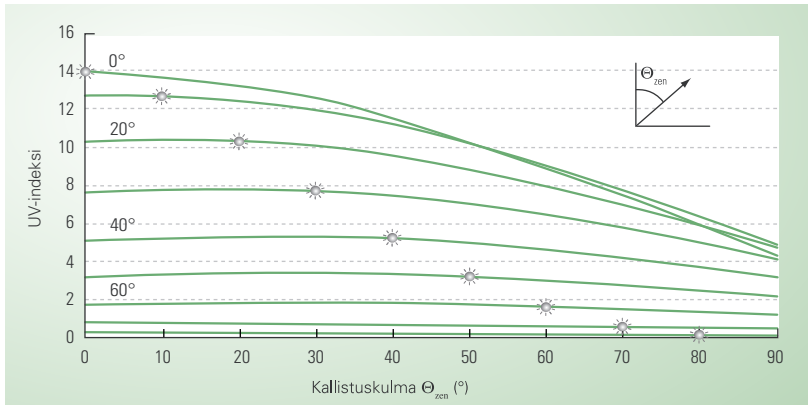


**Kuva 6.7** Altistuminen UV-säteilylle ulkona

UV-säteilyä tulee suoraan auringosta, tasaisesti jakautuneena koko taivaankannelta sekä maasta heijastuneena. Kuvassa on myös silmän näkökentät erilaisissa valaistusolosuhteissa. Silmään menevää säteilyä vähennetään vaistomaisesti silmää siristämällä.



**Kuva 6.8** Altistustilanne kasvoille tulevalle UV-säteilylle



**Kuva 6.9** Auringon UV-säteily kallistetulle pinnalle

Pintaa kallistetaan suoraan ylöspäin osoittavasta pinnasta eli horisontaalipinnasta, jonka kallistuskulma  $\theta_{zen}$  on  $0^\circ$ , pystyasentoon vaiheittain niin, että pinta osoittaa jossain vaiheessa aurinkoon päin. Kallistuskulma  $\theta_{zen}$  on lopulta  $90^\circ$  ja pinnan normaali osoittaa horisonttiin. Auringon kuvalla osoitetaan auringon zeniittikulma, jolloin auringon kuvan kohdalla pinta osoittaa suoraan aurinkoon päin. Auringon ollessa matalalla kallistuskulmalla ja -suunnalla ei ole juuri vaikutusta UV-indeksiin.

Kuvassa 6.7 on myös esitetty silmän näkökenttä erilaisissa valaistusolosuhteissa. Hämärässä ja sisätiloissa silmäluomet ovat avoimet, eivätkä varjosta säteilyä. Kirkkaissa olosuhteissa silmien siristys pienentää näkökenttää vähentäen silmille tulevaa säteilyä. Myös katseen suunta, joka on normaalisti maanpintaan päin, vähentää altistusta, koska maanpinta heijastaa yleensä huonosti UV-säteilyä. Lumipinta heijastaa kuitenkin hyvin UV-säteilyä, joten keväisin hiihdellessä kannattaa kiinnittää huomiota silmien

Maksimiannos	CIE
Laskennallinen vuosiannos	436 kJ/m <sup>2</sup>
Sisätyöntekijän vuosittainen kokonaisannos	67 kJ/m <sup>2</sup>
Sisätyöntekijän iholle kohdistuva vuosiannos	8 kJ
Ulkotyöntekijän* vuosittainen kokonaisannos	428 kJ/m <sup>2</sup> josta 24 kJ/m <sup>2</sup> Kanarialta
Ulkotyöntekijän* iholle kohdistuva vuosiannos	107 kJ josta 8 kJ Kanarialta

\*sisältää 2 vk Kanarianmatkan joulukuussa

### Taulukko 6.3 Työntekijöiden vuosiannosarviot

Suomessa saatava laskennallinen UV-säteilyn vuosiannos on määritetty ulkona olevalta vaakasuoralta pinnalta. Mittausolosuhteissa tapahtuvat muutokset, kuten esimerkiksi pilvien vaikutus UV-säteilyn määrään, on huomioitu annoksessa. Vuosiannos ilmoitetaan kilojouleina neliometriä kohden (kJ/m<sup>2</sup>). Sisätyöntekijän ja ulkotyöntekijän vuosittaiset UV-kokonaisannokset ovat arvioita ihmiskehelle vuoden aikana ulkona tulevasta UV-säteilyn määrästä neliometriä kohden. Sen sijaan sisätyöntekijän ja ulkotyöntekijän iholle määritetyt vuosiannokset ottavat huomioon vaatetuksen suojavaikutuksen ja vain altistuneen kehon alan eli kasvot, kädet ja sääret. Tämä annos on muista poiketen määritetty vain kilojouleina. Annokset on määritetty käyttämällä CIE:n painotusta, joka ottaa huomioon ihon puneherkkyden eli eryteemaherkkyden. (Vuosiannoksien lähteenä Jalarvo 2000 ja Huurto ym. 1996).

suojaukseen ja käyttää aurinkolaseja. Liitteessä 2 olevassa laskuesimerkissä havainnollistetaan maanpinnan albedon merkitystä kasvoille ja silmille tulevaan säteilyyn kuvan 6.8 mukaisessa altistustilanteessa. Auringon korkeuskulma on 30°, joka vastaa keskipäivää maaliskuussa Helsingissä ja huhtikuussa Lapissa. Lumen vaikutuksesta kasvoille tulevan säteilyn UV-indeksi on 2,4, joka on huomattavasti suurempi kuin lumettoman maan UV-indeksi 1,2. Lumettomalla maalla silmille tuleva UV-indeksi on 0,38 ja lumipinta kasvattaa UV-indeksin lukemaan 0,9 silmien siristämisestä huolimatta. Esimerkissä on myös laskettu metsän ja vesipinnan vaikutusta kasvoille tulevaan UV-säteilyyn.

Normaalisti UV-säteilyn voimakkuus ilmoitetaan horisontaaliselle pinnalle, toisin sanoen, kun pinnan normaali osoittaa suoraan ylöspäin. UV-säteily kallistetulle pinnalle on esitetty kuvassa 6.9. Kuvasta havaitaan, että kun aurinko on korkealla, pinnan kallistus vähentää UV-altistusta. Auringon ollessa matalalla ei pinnan suunnalla ole juuri vaikutusta säteilyn määrään. Varjon puolella UV-säteilyn määrä laskee hieman voimakkaammin, koska varjon puolelle ei pääse suoraa auringonvaloa, vaan kaikki säteily tulee diffuusisti koko taivaalta, jolloin säteilyn määrään vaikuttaa ainoastaan se, kuinka suuri osa taivaasta näkyy altistuvalla pinnalla.

## Auringosta saatava vuotuinen UV-annos

Ihmisten käytös ja ulkonaolotottumukset vaikuttavat huomattavasti vuosittain saatavaan UV-annokseen. Taulukossa 6.3 on esitetty aurinkoaltistuksen kaksi ääripäätä; sisällä viihtyvän sisätyöntekijän ja ulkotyötä tekevän aktiiviulkoilijan vuosittaiset UV-annokset. Aktiiviulkoilijan vuosittainen UV-annos on yli kymmenkertainen. Normaalitylanteessa ero ei ole näin suuri, vaan ulkotyöntekijöihin kohdistuva vuosittainen UV-säteilyannos on keskimäärin nelinkertainen verrattuna sisätyötä tekevien UV-annoksiin. Suomessa noin 15 prosenttia työntekijöistä tekee työtä pääosin ulkona.

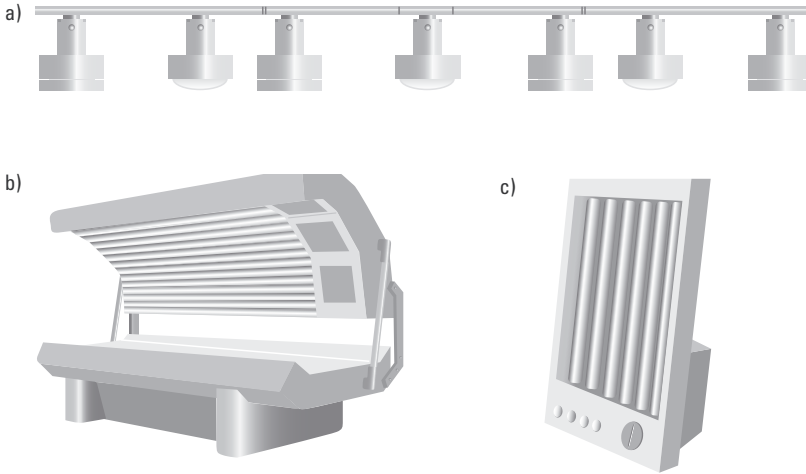
## 6.2 Solariumlaitteet

### Rakenne ja toimintaperiaate

Ultraviolettisäteilyä tuottavia solariumlaitteita käytetään ihon kosmeettiseen ruskettamiseen muun muassa kuntosaleilla, kauneushoitoloissa ja kylpylöissä. Rakenteensa perusteella solariumlaitteet voidaan jakaa kolmeen ryhmään: Kokovartalon ruskettamiseen tarkoitettuihin perinteisiin arkkusolariumeihin, kylpylöiden tai allastilojen kattoon kiinteästi asennettaviin kattosolariumeihin ja kotisolariumlaitteisiin, jotka ovat usein pienikokoisia ja tarkoitettu esimerkiksi vain kasvojen alueen ruskettamiseen (kuva 6.10).

Solariumlaitteiden säteilyominaisuudet riippuvat niissä käytettävien UV-lamppujen tyypistä ja lukumäärästä, lamppujen ja laitteen heijastinrakenteista sekä mahdollisista suodattimista. Tavallisimmin UV-säteilylähteinä käytetään erimittaisia UV-loisteputkia eli UV-loistelamppuja tai monimetallilamppuja. Solariumlaitteissa voidaan käyttää myös heijastinloisteputkia eli reflektoriputkia, joissa on UV-säteilyä lisäävä heijastava sisäpinta. Tästä syystä reflektoriputkesta saadaan enemmän säteilyä kuin tavallisesta loisteputkesta. Solariumista saatavan UV-säteilyn määrää voidaan lisätä myös loisteputkien taakse tai väliin asetettavilla alumiinilevyillä tai alumiinikouruilla. Loisteputkien suojana käytetään tavallisesti muovilevyä, joka kuuluu osana laitteen kiinteään rakenteeseen. Muovilevy vaimentaa suurimman osan UV-C-säteilystä, UV-B-säteilystä maksimissaan 30 prosenttia ja UV-A-säteilystä vain noin 10 prosenttia. Monimetallilamppuja ei hyväksytä sellaisenaan solariumkäyttöön, vaan niiden kanssa käytetään suodattimia, joilla poistetaan UV-C-säteily kokonaan ja vähennetään UV-B-säteilyn määrää. Solariumissa käytettävistä erilaisista lampputyypeistä voi lukea lisää tässä luvussa olevasta kohdasta 6.4 UV-lamput.



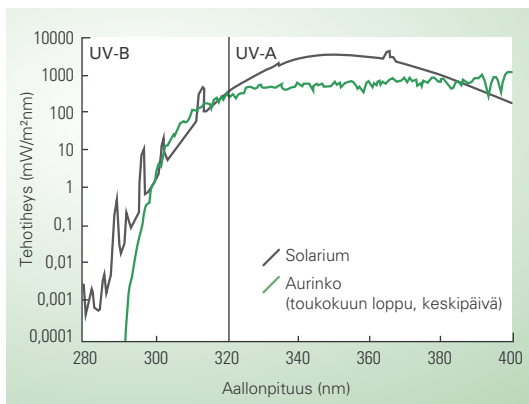


**Kuva 6.10 Solariumlaitteiden pääryhmät a) kattosolarium, b) arkkusolarium ja c) kotisolarium**

Säteilyn voimakkuuteen vaikuttaa myös lämpötila. Jos lämpötila kohoaa liikaa, UV-säteilijöiden toimintateho heikkenee. Tämän vuoksi useimmissa solariumeissa on tuulettimet kompensoimassa säteilijöiden lämmönousua. Joissakin kaksiosaisissa solariummalleissa on tuulettimet jäähdyttämässä myös solariumin ylä- ja alaosan välistä ilmatilaa, mutta näiden tarkoitus on ensisijaisesti lisätä vain käyttömukavuutta.

Sopivalla heijastimien ja suodattimien valinnalla saadaan aikaan UV-säteilyä tuottavista lampuista parhaiten auringon UV-säteilyä muistuttava spektri. Solariumlampujen emittoiman UV-säteilyn spektri eroaa kuitenkin auringon spektristä siten, että solariumlaitteet tuottavat 5–10 kertaa voimakkaampaa UV-A-säteilyä verrattuna aurinkoon (kuva 6.11). Solariuminkäyttö ruskettaakin ihoa pääasiallisesti UV-A-säteilyn aiheuttaman melaniinipigmentin tummumisen kautta. UV-B-säteilyä solariumlaitteista saadaan yhtä paljon kuin auringostakin, joten UV-B-säteilyn aikaansaamaa viivästynyttä rusketusta syntyy myös solariumkuurin aikana. Rusketuksen ilmenemisaikankohta ja rusketuksen kesto vaihtelevat ihmisen luonnollisesta ihonväristä riippuen.

Suomessa sallittujen solariumien UV-säteilyn irradianssi eli annosnopeus ei saa ylittää puneherkkyyspainotettua annosnopeutta  $0,3 \text{ W/m}^2$ . Puneherkkyydellä eli eryteemaherkkyydellä painottaminen tarkoittaa sitä, että UV-annosnopeuden laskemisessa huomioidaan enemmän niitä UV-B- ja UV-A-säteilyn aallonpituuksia, joiden on osoitettu polttavan ihoa erittäin herkästi.



**Kuva 6.11 Suomessa sallittujen solariumlampujen emittoima UV-A-säteily on lähes kymmenen kertaa voimakkaampaa kuin auringosta saatu UV-A-säteily.**

Solariumit emittoivat UV-B-säteilyä lähes saman verran kuin aurinko.

Helsingissä auringon puneherkkyysspainotettu voimakkuus on heinäkuussa suurimmillaan noin  $0,15 \text{ W/m}^2$  ja Ateenassa  $0,26 \text{ W/m}^2$ . Täten Suomessa sallittujen solariumien UV-säteilyn voimakkuus on samaa luokkaa kuin auringosta tuleva säteily Välimeren maissa.

## Altistuminen

Solariumit ovat merkittävä ihon UV-altistusta lisäävä säteilylähde auringon lisäksi. Säteilyturvakuksessa tehdyn tutkimuksen mukaan solariuminikäyttäjistä kaksi kolmasosaa on naisia ja ahkerimmat solariuminikäyttäjät löytyivät 20–35-vuotiaitten ikäryhmästä (Jalarvo, 2000). Suomalaisten solariuminikäyttö on kuitenkin maltillista; alle kymmenen prosenttia väestöstä käyttää solariumia, ja heistäkin suurin osa korkeintaan kymmenen kertaa vuodessa.

Solariumista koko keholle saatavan UV-annoksen on arvioitu olevan ihon puneherkkyyden eli eryte maherkkyyden mukaan painotettuna  $0,38$  kilojoulea (kJ). Keskimääräinen solariumin käyttäjä, joka käy solariumissa noin seitsemän kertaa vuodessa, saa keholleen siten  $2,6$  kJ annoksen vuoden aikana, joka on lisäannos auringosta vuoden aikana saatuun UV-annokseen. Sisätyöntekijän auringosta iholleen saaman minimivuosiannoksen on arvioitu olevan  $8$  kJ ja ulkotyöntekijän maksimivuosiannoksen noin  $100$  kJ (taulukko 6.3). Sisätyötä tekevän solariuminikäyttäjän annos voi lisääntyä keskimääräisellä solariuminikäytöllä noin  $30$  prosenttia ja ulkotyöntekijän parilla prosentilla. Paljon solariumia käyttävien eli noin  $40$  kertaa solarium-

missä käyvien henkilöiden solariumista saatava UV-annos voi olla eryteemapainotuksella laskettuna jopa 14–15 kJ vuodessa. Tällöin säännöllisellä solariumin käytöllä sisätyöntekijä voi kolminkertaistaa UV-annoksensa. Solariumien käytön on arvioitu lisäävän Suomen väestön vuotuista UV-annosta noin yhdellä prosentilla.

## Solariumin käyttöön liittyvät riskit

Nykytiedon valossa solariumin käytöllä ei ole terveyttä edistäviä vaikutuksia. Solariumkäsitteilyjen aikana iholle tulee runsaasti UV-säteilyä, jonka aiheuttamia terveyshaittoja ovat muun ihon palaminen, ennenaikainen vanheneminen ja ihosyöpäriskin kasvu. UV-säteilyn aiheuttamat haitat ovat siis samankaltaisia riippumatta siitä missä sille altistutaan. Tämä näkyy myös hyvin rusketuksen kohdalla; solariumissa hankittu rusketus ei ole sen terveellisempää tai turvallisempaa kuin auringossa otettu rusketus.

Solarium ei myöskään tarjoa kovin merkittävää palamiselta suojaavaa rusketusta, koska solariumien UV-A-painotteinen säteily ei saa aikaan ihon pintaosien paksuuntumista lyhyen solariumkuurin aikana. Rusketus ilman ihon paksuuntumista tarjoaa iholle vain noin suojakertoimen 1,5–4 tasoisen suojan. Solariumrusketuksen hankkimista ei voida täten perustella terveysyllä tai sillä oletuksella, että ennen kesän rantakautta tai etelänmatkaa solariumista hankittu rusketus suojaisi hyvin palamiselta.

Solariumin käytöllä ei ole mitään vaikutusta sikiöön eikä sen kehitykseen, koska UV-säteilyn vaikutukset rajoittuvat äidin ihoon. Kannattaa kuitenkin pohtia onko solariumin käyttö tarpeellista, koska käytöstä ei ole muuta hyötyä kuin ruskettunut iho, mutta haittoja sen sijaan muun muassa ihon ennenaikainen vanheneminen ja rypistyminen. Raskaudenaikainen hormonituotanto saattaa aiheuttaa myös sen, että syntyvä rusketus on epätaisaista.

Solariumien käyttö on nostettu esille mahdolliseksi ihosyöpien riskitekijäksi. Solariumien tuottaman UV-säteilyn ja ihosyöpien kehittymisen välistä yhteyttä ei ole kuitenkaan voitu osoittaa aukottomasti, vaan epidemiologisissa eli väestötutkimuksissa on saatu tuloksia sekä puolesta että vastaan. Solariumien aiheuttamaa altistumista on esimerkiksi vaikea erottaa retrospektiivisissä eli takautuvissa tapaus-verrokkitutkimuksissa auringon aiheuttamasta altistumisesta ja tämä hankaloittaa tutkimusten tekemistä ja tulosten tulkintaa. Vankin näyttö solariumien UV-säteilyn ja melanooman välisestä yhteydestä on saatu pohjoismaisesta aineistosta tehdyssä solariumitutkimuksessa, jossa seurattiin koehenkilöiden sairastuvuutta iho-

syöpään tutkimuksen aloitushetkestä eteenpäin (prospektiivinen tutkimuksen asettelu) ja verrattiin sitä heidän solariumin käyttöönsä. Tässä kohorttitutkimuksessa solariumien käytön havaittiin lisäävän melanoomariskiä, erityisesti 20–29-vuotiaiden käyttäjäryhmässä, jotka kävivät solariumissa enemmän kuin kerran kuussa (Veieröd ym., 2003). Isossa-Britanniassa tehdyn tutkimuksen mukaan solariumien käyttö voisi myös lisätä melanoomakuolleisuutta 5–7 prosenttia (Diffey 2003). Suomessa se merkitsisi noin yhdeksää kuolemantapausta vuodessa, sillä Suomessa melanoomakuolleisuus on noin 150–200 henkeä. Kansanterveydellisesti solariumien aiheuttama syöpäriski ei kuitenkaan ole niin suuri, että laitteiden täyskielto olisi perusteltu, mutta yksilötasolla riski solariumista saatavasta UV-säteilyn lisäannoksesta voi olla huomattava.

## Turvallisuussuositukset ja suojautumisohteet

Solariumin käyttöä rusketuksen hankkimiseen tai muuhun lääketieteellisesti perustelemattomaan tarkoitukseen pitäisi välttää. Erityisen tärkeää olisi, että alle 18-vuotiaat henkilöt ja ihotyyppin I tai II omaavat herkkäihoiset aikuiset eivät käyttäisi solariumia lainkaan, koska lapsuuden aikaiset palamiset sekä voimakkaat UV-altistukset ovat melanooman synnyn riskitekijöitä. Suomessa saa rusketustarkoitukseen käyttää vain niin sanottuja UV-tyypin 3 -laitteita, joissa UV-säteilyn annosnopeutta on rajattu ihon palamisen estämiseksi. Tämä rajoitus johtuu siitä, että vaalea ja UV-herkkä pohjoismainen ihotyyppi ei kestä UV-säteilyä yhtä hyvin kuin etelänmaalaisen ihmisen iho, joka on jo luonnostaan tummempi. Luvussa 7, UV-säteilyn alistumisrajat, on kuvattu tarkemmin solariumin UV-säteilylle asetetut säädösperusteiset rajoitukset Suomessa.

Iho ei saa alkaa punoittaa tai palaa solariumin käytön jälkeen, ei edes ensimmäisillä kerroilla. Solariumkuurin aikana UV-annosta tuleekin lisätä siten, että solariumin ensimmäinen käyttökerta on lyhyempi kuin muut mahdolliset kerrat, jotta nähdään kuinka iho reagoi UV-säteilyyn ja aiheutuuko solariumin käytöstä esimerkiksi valoyliherkkyysreaktioita. Käyttöajan asteittaisella pidentämisellä käyttäjät voisivatkin ehkäistä suurimman osan solariumeissa tapahtuvista palamisista.

Solariumissa saa käydä sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (294/2002) perusteella noin 20 kertaa vuodessa, mutta Säteilyturvakeskus ja Suomen ihotautilääkäriyhdistys suosittelevat käytön rajoittamista enintään kymmenen kertaan vuodessa UV-säteilyn haitallisiin terveysvaikutuksiin nojaten. Asiakas tulisi opastaa henkilökohtaisesti solariumlaitteen turvalliseen käyttöön käyttöpaikalla. Jos asiakkaalle ei anneta henkilökohtaista opastusta,

kaikkien ohjeiden sekä toiminnan harjoittajan yhteystietojen puhelinnumeroineen on oltava selvästi asiakkaan nähtävillä. Solariumlaitteen käyttöohjeeseen tulee olla selkeästi esillä ja sen tulee tarjota riittävät tiedot laitteen turvallisesta käytöstä. Varsinaisen solariumlaitteen käyttöön ohjaavan teknisen opastuksen lisäksi solariumin käyttäjälle tulee tarjota tietoa UV-säteilyn riskeistä sekä UV-säteilylle ja näkyvälle valolle herkistävästä lääkaineista. Asiakkaan käytössä tulee olla myös rusketusaikataulu, jota seuraamalla eri ihotyyppin omaavat ihmiset voivat ruskettaa turvallisesti. Asiakkaan käyttöön on myös tarjottava silmiensuojaimet ilmaiseksi. Solariumtoiminnanharjoittajat voivat tilata Säteilyturvakeskuksesta solariumin käyttäjälle räätälöidyn UV-julisteen solariumtilan seinälle asetettavaksi, joka sisältää tietoa edellä mainituista asioista. Solariumin käyttäjälle tarkoitettu infopaketti löytyy myös STUKin internet-sivuilta [www.stuk.fi](http://www.stuk.fi).

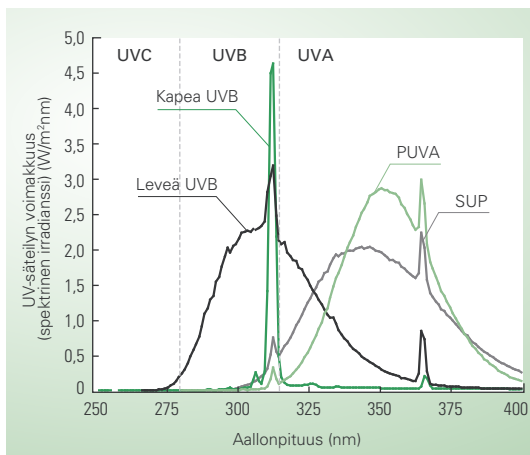
### 6.3 Valohoitolaitteet

#### Rakenne ja toimintaperiaate

Keinotekoisia UV-säteilyä tuottavia valohoitolaitteita voidaan käyttää eräiden ihosairauksien, kuten atooppisen ihottuman ja psoriasisksen, hoitoon. Valohoidot vaativat aina lääkärin määräyksen. Valohoitolaitteita saavat käyttää vain tähän tehtävään nimetyt terveydenhuoltoalan ammattihenkilöt. Heille on annettava riittävä opastus laitteiden oikeaan ja turvalliseen käyttöön. Tässä luvussa kuvataan lähinnä valohoitojen tekninen puoli ja perehdytään laadunvalvonnallisiin asioihin. Valohoitojen lääketieteelliset perusteet esitetään tämän kirjan luvussa 5.

Markkinoilla on laaja valikoima erimerkkisiä UV-valohoitolaitteita ja niillä voidaan mallista riippuen valottaa joko koko kehoa tai paikallisia ihoalueita, esimerkiksi käsiä. Koko vartalon valotukseen käytettävät valohoitolaitteet ovat useimmiten rakenteeltaan kaappimaisia ja niissä loistelamput muodostavat pystysuuntaisen seinämän valotettavan henkilön ympärille. Käytössä on myös rusketuskäyttöön tarkoitettujen solariumien kaltaisia hoitolaitteita, joissa hoidettava henkilö on makuulla.

Valohoitolaitteiden tuottaman UV-säteilyn voimakkuus riippuu – kuten solariumeissakin – käytettävistä lampuista ja niiden lukumäärästä sekä laitteessa olevissa heijastimista ja suodattimista. Lähes kaikkien UV-hoitolaitteiden säteilijät ovat loistelamppuja. Joidenkin lamppujen edessä on suodatinlasi, joka poistaa mahdollisen UV-C-säteilyn sekä vaimentaa tai tarvittaessa poistaa myös UV-B-säteilyn. Eräissä malleissa on irrotettavia



**Kuva 6.12** Esimerkkejä erityyppisten valohoitolaiteiden spektreistä

lisäsuodattimia, joilla voidaan edelleen rajata säteilyn spektrialuetta. Hoitettavan henkilön vartalo on usein noin 15–30 senttimetrin etäisyydellä lamppujen pinnasta. Jotkut valohoitolaiteissa käytettävät lampputyypit, kuten monimetallilamput ja niiden suodattimet, kuumenevat käytön aikana voimakkaasti ja tästä syystä tällaisten laitteiden käyttöetäisyydet ovat suurempia.

Biologisen tehokkuuden ja eri hoitomuotojen valinnan kannalta ratkaisevinta on valohoitolaitteen tuottaman UV-säteilyn aallonpituudet eli laitteen spektrinen jakauma. UV-säteilyn spektrijakautuman perusteella hoitolaitteet ryhmitellään tavallisesti PUVA (Psoralen + UVA) -laitteisiin, laaja- ja kapeakaistaisiin UV-B-laitteisiin sekä SUP-laitteisiin (Selective UV-Phototherapy), joka on välimuoto PUVA- ja UV-B-laitteiden spektreistä (kuva 6.12).

### Valohoitojen laadunvalvonta

Valohoitojen turvallisuuden ja hyvän hoitotuloksen yhtenä edellytyksenä on, että laitteet toimivat virheettömästi ja että laitteiden toimintaan vaikuttavat ominaisuudet tunnetaan. Huonokuntoinen tai virheellisesti toimiva hoitolaite voi johtaa huonoon hoitotulokseen ja se lisää vahinko- ja vaaratilanteiden riskiä. Tästä syystä valohoitolaiteiden turvallisen käytön varmistamiseksi valohoitoyksiköiden tulisi järjestää UV-valohoitojen laadunvarmistus (Huurto ym., 1998, Ylianttila ym., 2005).

Valohoitojen laadunvarmistuksella tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joilla varmistetaan hoitolaitteiden toimintakunto, hoitojen turvallinen toteutus sekä parannetaan UV-annosten määrittelyn luotettavuutta. UV-valohoitojen laadunvarmistuksen lopullisena tavoitteena on parantaa valohoitosten säteilyturvallisuutta ja optimoida valohoitosten toteutusta niin, että haluttu hoitotulos saavutetaan mahdollisimman vähäisellä UV-säteilyannoksella.

Laadunvalvontaan kuuluu keskeisesti valohoitolaitteiden tuottaman UV-säteilyn annosnopeuden eli voimakkuuden mittaaminen säännöllisesti. Mittaustuloksista, lamppujen vaihdoista ja muista huoltotoimista on pidettävä kirjaa niin, että laitteen toimintakuntoa ja sen muutoksia voidaan tarvittaessa arvioida muistiinpanojen perusteella. Myös potilaille hoitojakson aikana annettujen valotuksien lukumäärä, kesto-aika ja hoitojakson aikana saatu UV-annos sekä käytetty hoitolaite on ehdottomasti kirjattava. Potilasannosten kirjaaminen on tärkeää, jotta vuosien aikana kumuloituvat UV-annokset on laskettavissa. Tämä on merkityksellistä esimerkiksi arvioitaessa mahdollista riskiä sairastua ihosyöpään. Potilaiden saamien UV-annosten kirjaaminen parantaa valohoitoyksiköiden mahdollisuuksia vaihtaa tietoa ja kokemuksia eri hoitomuodoista ja siten edelleen kehittää valohoittoa.

Valohoitolaitteiden laadunvarmistukselle nimetään vastuhenkilö, jonka on tunnettava laitteiden toiminta ja käyttö ja hänellä on oltava riittävät perustiedot UV-säteilyn biologisista vaikutuksista. Hänen on ymmärrettävä UV-lamppujen vaihdon ja muiden muutostöiden vaikutus laitteen tuottamaan UV-annokseen ja hänen on osattava käyttää UV-mittareita.

## Valohoitolaitteiden tuottaman UV-säteilyn mittaaminen

Valohoitolaitteen UV-säteilyn annosnopeus olisi hyvä mitata vähintään kerran vuodessa. Annosnopeus on syytä mitata myös silloin, kun lamppuja on sammunut, laitteeseen on vaihdettu uudet lamput tai siihen on tehty muita huoltotöitä sekä silloin kun epäillään laitteen toimintavikaa tai muuta häiriötä. Mittausmenetelmän tulee olla sellainen, että se on kerrasta toiseen suoritettavissa aina samalla tavalla, jotta vaihtelut mittaustavassa eivät vaikuta mittaustulokseen. Valohoitolaitteen annosnopeus mitataan lamppuista normaalissa hoitotilanteessa käytettävällä valotusetaisyydellä, joka määräytyy selkeästi laitteen rakenteen perusteella tai on ilmoitettu käyttöohjeessa. Mittauksia tehtäessä on suojauduttava hoitolaitteen tuottamalta UV-säteilyltä käyttämällä asianmukaisia silmiensuojaimia ja suojavaatetusta.

UV-mittarin ja anturin valintaa tietyntyyppisille lamppuille ja laitteille käsitellään luvussa 2, kappaleessa 2.7 Optisen säteilyn mittaaminen. Samassa luvussa esitetään myös laskuesimerkein miten potilaan valohoidossa saama UV-säteilyn kokonaisuus sekä hoidoissa käytettävä valotusaika voidaan määrittää tiedettäessä laitteen säteilemän UV-säteilyn tehoteho eli irradianssi.

## 6.4 UV-lamput

UV-säteilyä tuottavia lamppuja käytetään hyvin monenlaisissa käyttötarkoituksissa, kuten esimerkiksi ihon ruskettamisessa, rahantunnistuksessa tai mikrobin tuhoamisessa. Tässä kappaleessa tutustutaan yleisimpiin UV-säteilyä tuottaviin lamputyyppeihin, niiden lukuisiin käyttösovelluksiin ja niiden tuottamaan UV-säteilyyn.

UV-lamppujen säteilyn tuotto perustuu lampun purkausputkessa tapahtuvaan kaasupurkaukseen, jossa lamppuun tulevan sähkön energia muunnetaan sähkömagneettiseksi säteilyksi, toisin sanoen UV-säteilyksi ja näkyväksi valoksi. Säteilyn tuotto ja sen teho ovat riippuvaisia purkausputkessa vallitsevasta paineesta. Kaasupurkaukset jaetaan matala- ja suurpaineisiin purkauksiin. Matalapurkauslamppuja käytetään yleensä tilanteissa, jossa UV-säteilyn tehon ei tarvitse olla erityisen suurta. UV-säteilyltään tehokkaat lamput puolestaan ovat usein korkeapurkauksisia erikoislamppuja.

### Loistelamput

Loistelamput eli loisteputket ovat matalapaineisia kaasupurkauslamppuja, joita käytetään valaisimissa, solariumeissa, valohoitolaitteissa ja desinfiointitarkoituksissa (kuva 6.13a). Loistelamppujen sisäpinta on päällystetty fluoresoivalla loisteaineella ja UV-säteily synnytetään fluoresenssiin perustuvalla ilmiöllä. Purkausputkessa olevaan täytekaasuun, joka usein on argonia, on lisätty pisara elohopeaa. Lampussa synnyttävän sähköpurkauksen seurauksena elohopea höyrystyy ja alkaa lähettää suurienergistä UV-säteilyä, joka pystyy tehokkaasti virittämään lampun sisäpinnan loisteaineen. Loisteaineen viritystilojen purkautuessa syntyy fluoresenssisäteilyä näkyvän valon ja UV-säteilyn aallonpituuksilla, jotka tunkeutuvat loistelampun lasin läpi ulos putkesta.

Erilaiset loisteaineet tuottavat eri määriä näkyvää valoa ja UV-säteilyä, joten loisteainevalinnalla voidaan määrittää lampun emittoiman säteilyn laji. Lam-



pussa käytetty lasimateriaali vaikuttaa myös lampusta ulostulevaan säteilyyn, sillä lyhytaaltainen UV-C-säteily ei pääse normaalista lasista valmistetusta lampusta ulos, vaan absorboituu lampun sisäseinään. Tästä syystä bakteereiden tuhoamiseen eli desinfiointiin tarkoitetuissa lyhytaaltoista UV-C-säteilyä emittoivissa loistelampuissa käytetään lasimateriaalina kvartslasia, koska se läpäisee lyhytaaltoista UV-säteilyä paremmin kuin tavallinen lasi. Näitä putkia ei myöskään ole päällystetty loisteaineella, koska lyhytaaltainen UV-säteily absorboituisi lampun sisäseinämän loisteaineeseen eikä näin ollen pääsisi ulos lampusta.

Heijastinloistelampuissa eli niin sanotuissa reflektoriputkissa putken sisäpinta on päällystetty tavanomaisesti loisteaineella, mutta tämän lisäksi loisteaineen ja lasipinnan välissä hieman yli puolet putken sisäpinnasta, on päällystetty heijastavalla kerroksella koko putken pituudelta. Näin UV-säteily saadaan suunnattua lampusta siten, että se poistuu lampusta käytännössä vain sen pinnan osan kautta, jossa ei ole heijastinta. Heijastinloisteputkia käytetään tavallisten loisteputkien tapaan esimerkiksi solariumlaitteissa ja valohoitoilaitteissa. Heijastinloisteputket ovat jopa osin syrjäyttäneet tavalliset loisteputket solariumkäytössä, koska säteilyn suuntautuessa tiettyyn suuntaan, haluttua ”rusketustehoa” saadaan reflektorilampuista hieman enemmän eikä laitteissa itsessään tarvita heijastavia pintoja.

Mustavalolamput ovat eräs loistelamppujen alaryhmä. Nimitys ”mustavalo” tulee siitä, että lamppujen lasi on väriltään hyvin tumman violettiä, lähes mustaa erikoislasia, joka läpäisee UV-säteilyä, mutta ei juuri lainkaan näkyvää valoa. Mustavalolamput tuottavat pääosin UV-A-säteilyä, joka osuessaan lampun läheisyyteen sijoitettuihin fluoresoiviin pintoihin ja materiaaleihin, virittää kyseiset pinnat. Viritystilan purkautuessa syntyy näkyvää valoa, joka havaitaan fluoresoivan pinnan ”loistamisena” pimeässä. Samanlaista fluoresoivaa ilmiötä ei pystytä havaitsemaan käytettäessä tavallisia UV-lamppuja, koska ne tuottavat liian paljon näkyvää valoa UV-säteilyn lisäksi, mikä häiritsee fluoresenssin näkemistä. Mustavalolamputa käytetään esimerkiksi diskossa tehostevaloina tai seteleidentunnistuslaitteissa.

## Erikoislamput

Erikoislamput, esimerkiksi elohopea-, ksenon-, monimetalli- ja sekavalolamput, ovat korkeapaineisia kaasupurkauslamppuja. Korkeaa höyrynpainetta tarvitaan voimakkaan UV-säteilyn tuottamiseen.

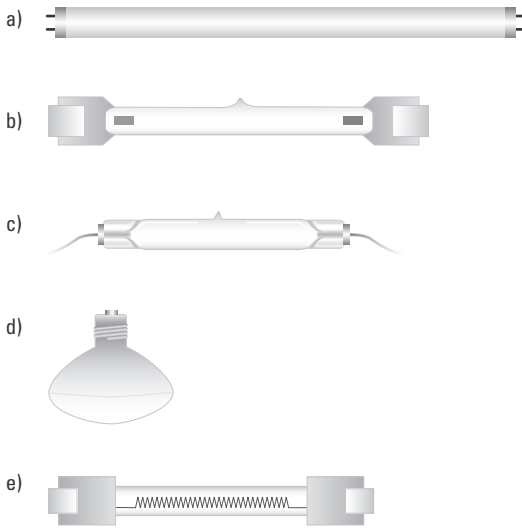
Elohopealamppujen toimintaperiaate on sama kuin loistelamppujen (kuva 6.13b) eli niiden tuottama UV-säteily perustuu kaasupurkaukseen elohopeahöyryä sisältävässä purkausputkessa. Tavallisista loisteputkista poiketen elohopealampuissa käytetään lasimateriaalina kvartsilasia, joka läpäisee UV-säteilyä erittäin tehokkaasti, varsinkin lyhytaaltoisen UV-C- ja UV-B-säteilyn alueilla. Esimerkkinä elohopealampusta mainittakoon monien muistama vanhanaikainen alppiaurinkolamppu. Näitä lamppeja ei ole enää vuosiin hyväksytty yleiseen myyntiin Suomessa, koska niiden UV-B- ja UV-C-painotteinen säteily voi aiheuttaa ihon palamista alle minuutissa ja täten ne eivät sovellu perinteiseen rusketuskäyttöön.

Monimetallilamput ovat puolestaan kirkaskupuisia kaasupurkauslamppuja, joiden purkausputkessa on elohopean lisäksi muidenkin metallien jodideja (kuva 6.13c). Korkeassa lämpötilassa tapahtuvassa sähköpurkauksessa höyrystyneet jodidit hajoavat ja viritystilaan jääneet metalliatomit emittoivat viritystilojen purkautuessa omaa tyypillistä säteilyään. UV-monometallilamppuja käytetään lähinnä solariumeissa loisteputkilaitteiden kasvotehostimina ja tällöinkin vain suodattimin varustettuna, koska tämä lampputyyppi tuottaa myös polttavia UV-B- ja UV-C-säteitä. Suodattimet poistavat lampun säteilystä kokonaan UV-C-säteilyn sekä liiallisen UV-B-säteilyn. Monimetallilampun paikan tunnistaa helposti solariumlaitteessa sen edessä olevasta levymäisestä ja violetinvärisestä suodatinrakenteesta kasvojen yläpuolella olevasta yläkannesta.

Sekavalolamppu on saanut nimensä siitä, että se tuottaa valoa usealla eri tavalla (kuva 6.13d). Sekavalolampun polttimona, kuten monimetallilampullakin, toimii suhteellisen pieni elohopeaa sisältävä purkausputki. Lamppu sisältää purkausputken lisäksi myös valaistuslamppuissa tyypillisen hehkulankakierukan, joka tuottaa osan lampun synnyttämästä säteilystä. Elohopeapolttimo ja hehkulankakierukka on suljettu loisteaineella päällystetyn kuvun sisään. Loisteaineen avulla polttimosta lähtevä UV-säteily muutetaan näkyväksi valoksi. Monimetallilamppujen tavoin voidaan myös sekavalolamppuja käyttää rusketukseen hankkimiseen, mutta ainoastaan liiallisen UV-B-säteilyn leikkaavin suodattimin varustettuna lähinnä kattosolariumeissa. Sekavalolamppujen yleisiä käyttökohteita ovat suurten tilojen valaistus.

## Hehku- ja halogeenilamput

Hehku- ja halogeenilamppuja käytetään usein valaistustarkoituksissa (kuva 6.13e). Tavallisten hehkulamppujen UV-säteilyn ja näkyvän valon tuotto



**Kuva 6.13 Esimerkkejä UV-säteilylamppuista:**

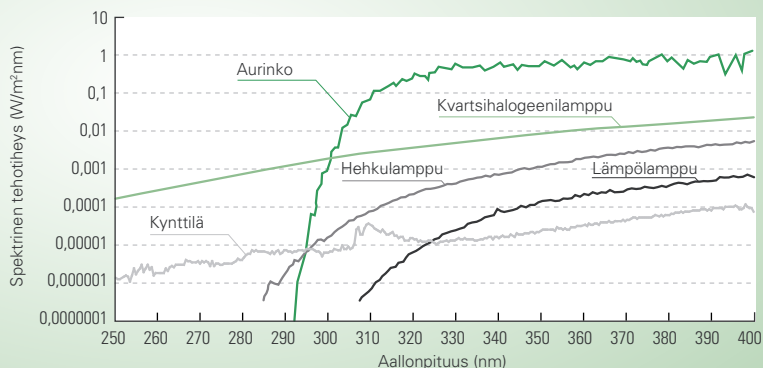
- a) loistelamppu eli loisteputki,
- b) elohopealamppu,
- c) monimetallilamppu,
- d) sekavalolamppu ja
- e) halogeenilamppu

#### FAKTALAATIKKO 6.1

### UV-lamppujen tuottamat spektrijakaumat

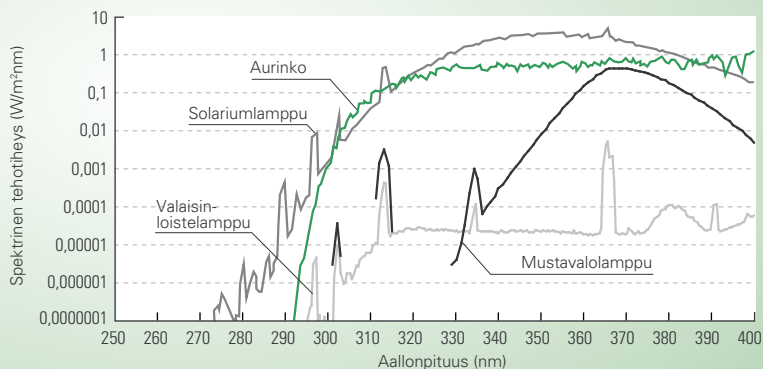
UV-säteilylamppujen spektrijakauma voidaan luokitella karkeasti kahteen erilaiseen alatyypin, viivaspektriin ja jatkuvaan spektriin. Viivaspektrissä säteily tapahtuu tietyillä aallonpituuksilla tai spektrin osilla, jolloin nämä näkyvät spektrikuvassa ikään kuin ”viivoina”. Jatkuva spektrissä puolestaan säteily tapahtuu kaikilla aallonpituuksilla tai hyvin laajalla aallonpituusalueella.

Kuvissa 6.14, 6.15 ja 6.16 on esitetty erilaisia UV-säteilyn lähteitä ja niiden spektrejä verrattuna auringon spektriin toukokuun lopussa keskipäivän aikaan Helsingissä. Joukossa on myös muutamia valaistukseen ja lämmitykseen tarkoitettuja optisen säteilyn lähteitä, joissa UV-säteilyä syntyy sivutuotteena.



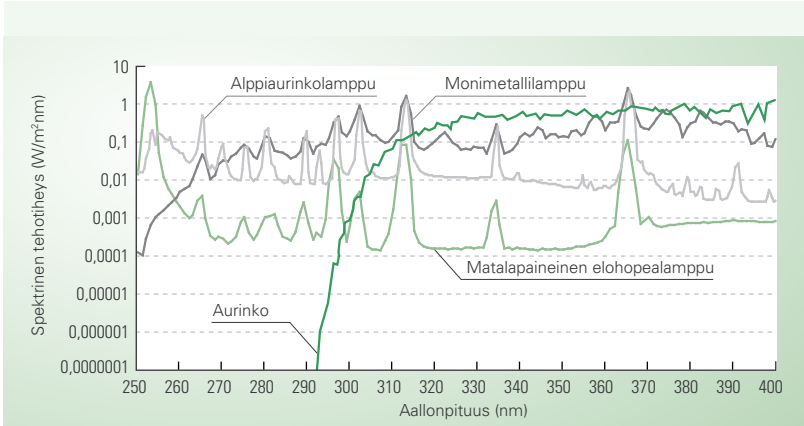
**Kuva 6.14 Kynttilän, hehkulampun, lämpölamppun ja (kvartsi)halogeenilampun säteilyspektrejä verrattuna auringon spektriin**

Kuvan lamput ovat jatkuvaspektrisiä lamppeja. Myös aurinko on jatkuvaspektrinen säteilylähte, jonka spektriin vaikuttaa ilmakehän absorptio. Lämpölamppun tuottamassa lämpösäteilyssä lamppu säteilee kaikilla aallonpituuksilla ja tuloksena on jatkuva spektri. Normaalin hehkulampun ja halogeenilampun säteily on suurimmaksi osaksi lämpösäteilyä, mutta UV-säteilyä syntyy sivutuotteena. Näiden lampujen tuottaman UV-säteilyn määrään vaikuttaa hehkulangan lämpötila sekä lampun kuvassa käytetty lasi, joka vaimentaa UV-B ja UV-C säteilyä.



**Kuva 6.15 Eri loistelampujen säteilyspektrejä verrattuna auringon spektriin**

UV-lampujen spektrit ovat sekoitus jatkuvaa ja viivaspektriä. Yleisin esimerkki tällaisista lamputa ovat loistelamput. Lampujen spektreissä näkyvät lampun elohopean aiheuttama viivaspektri sekä loisteaineiden aiheuttama jatkuva spektri. Eri loisteaineet säteilevät eri aallonpituuksilla ja säteily voi olla jakautunut kapealle tai leveälle aallonpituusalueelle. Käyttämällä erilaisia loisteaineita saadaan lampulle tehtyä halutunlainen säteilyspektri.



**Kuva 6.16 Alppiaurinko- ja monimetallilampun sekä elohopealampun säteilyspektri verrattuna auringon spektriin**

Nämä lamput ovat selkeästi viivaspektrin tuottavia säteilylähteitä ja loisteaine puuttuu lampun sisäkuoresta. Monimetallilampun ja alppiaurinkolampun spektrissä näkyy elohopean lisäksi muiden metalliatomien emittoimia spektriviivoja. Nämä lamput tuottavat myös voimakasta UV-C- ja UV-B-säteilyä verrattuna aurinkoon.

perustuu hapettomassa tilassa olevan volframihehkulangan kuumentamiseen sähkövirralla niin korkeaan lämpötilaan, että lanka alkaa säteillä IR-säteilyä, näkyvää valoa ja UV-säteilyä. Kun täytekaasuun lisätään halogeenia, estävät volframin ja halogeenin väliset kemialliset reaktiot volframin kulkeutumisen lampun lasipinnalle ja vähentävät hehkulangan kulumista. Halogeenilampun hehkulangan lämpötila on myös korkeampi kuin tavallisen hehkulampun, jolloin saavutetaan parempi valotehokkuus. Halogeenilampun kupumateriaalina käytetään paremman lämmönkestävyyden vuoksi kvartsilasia, joka läpäisee paremmin UV-säteilyä. Tästä syystä se tuottaakin enemmän UV-säteilyä kuin tavallinen hehkulamppu.

## UV-lamppujen käyttösovellukset

### Valaisimien UV-säteily

Suurin osa loistelampuista on tarkoitettu valaistustarkoituksiin. Tästä syystä johtuen ne tuottavat suurimmaksi osaksi näkyvän valon aallonpituuksia ja vähemmässä määrin UV-säteilyä, joka onkin lähinnä sivutuote.

Toimistoissa ja kodeissa valaisinkäytössä olevien halogeenilamppujen UV-säteily saadaan nykyisin lasin suojuksilla ja suojakerroksilla niin vähäiseksi,

etteivät päivittäistä UV-altistumista koskevat enimmäisarvot ylity. Käytössä olevat valaisimet tuottavatkin korkeintaan vain kymmenesosan keinotekoisille UV-säteilylähteille sallitusta päivittäisestä annoksesta väestötasolla. UV-säteilyn altistumisrajoja käsitellään tarkemmin luvussa 7 UV-säteilyn altistumisrajat.

Katuvalaistuksessa ja urheiluhalleissa käytetään korkeapaineisia kaasupurkauslamppuja, joiden UV-säteily on voimakkaampaa. Näissä lamppuissa UV-säteily absorboituu lampun kupuun tai lampun edessä olevaan suodatimeen. Lamppujen vaihtotöitä suorittavien pitää olla koulutettu tunnistamaan vaurioituneet lamput ja tekemään niiden vaihtotyöt turvallisesti, niin etteivät he itse tai muut lampun välittömässä läheisyydessä olevat altistu turhaan UV-säteilylle.

### **Fluoresenssiin perustuvat analyysit ja valotehosteet**

UV-säteilyä käytetään muun muassa setelirahojen aitouden tunnistamiseen, sillä rahojen fluoresoivaa ainetta sisältävät kuidut ja kuviot saadaan UV-säteilyn avulla näkyviin. Rahankäsittelylaitteita vastaavia laitteita käytetään lisäksi shekkien, luottokorttien, passien ja postimerkkien tunnistamisessa. Näissä fluoresenssiin perustuvissa menetelmissä UV-säteilylähteenä käytetään tyypillisesti mustavalolamppuja.

Teollisuudessa mustavalolamppuja käytetään materiaalitutkimuksiin ja -analyysiin, kuten esimerkiksi halkeamien tutkimiseen metallissa. Mustavalolamppuja käytetään myös valoefekteinä ravintoloissa, diskoissa ja teattereissa.

Ajoittainen tai satunnainen altistuminen mustavalolamppujen emittoimalle pitkäaaltoiselle UV-A-säteilylle ei aiheuta vaaraa silmille tai iholle. Turvalliset työskentely- ja oleskeluetaisytydet mustavalolampusta riippuvat kuitenkin lampun tyypistä ja tehosta sekä laitteen rakenteesta. Esimerkiksi rahankäsittelylaitteen turvallinen käyttö edellyttää, että seteleitä tarkasteltaessa käsiä ei saa pitää tarpeettoman kauan lähellä UV-lamppua. UV-lampun aiheuttama fluoresenssi-ilmio on kuitenkin hyvin heikko ja jos setelientunnistukseen käytettävässä tilassa on kirkas valaistus, niin fluoresenssihohdetta on vaikea havaita. Tällöin seteleitä joudutaan tarkastelemaan kauan ja hyvin lähellä lamppua ja käsien altistusaika pitenee. Tarpeetonta altistusta voidaan kuitenkin vähentää asentamalla laite siten, että huonetilan valaistus häiritsee mahdollisimman vähän fluoresenssin näkemistä.

Mustavalolaite tai -lamppu on asennettava siten, että UV-säteily ei osu käyttäjän tai ulkopuolisten silmiin tai iholle ja että lamppuun ei jouduta katsomaan lähietäisyyksiltä, joka käytännössä tarkoittaa alle 15 cm etäisyyttä. STM:n asetuksen (294/2992) sallima altistusaika pitenee nopeasti etäisyyden kasvaessa. Pienitehoisilla lampuilla, joiden sähköteho on 10 W tai vähemmän, 20–30 senttimetrin etäisyyksillä maksimialtistusaika sekä silmille että iholle voi olla jopa kahdeksan tuntia vuorokaudessa.

UV-aallonpituuksilla eli 375–400 nm toimivien loistediodien eli LEDien käyttö on osin korvannut mustavalolamppujen käytön muun muassa setelirahan aitouden tunnistamisessa. Normaalikäytössä näistäkään ei aiheudu vaaraa silmille eikä iholle. LEDejä käsitellään tarkemmin luvussa 8, Muu optinen säteily.

## Desinfointi

UV-C-säteilyä käytetään hyväksi desinfioinnissa. Desinfointiin tarkoitettuilla bakteerituholampuilla pyritään tuhoamaan bakteerit, virukset, alkueläimet ja niiden kystat. Tehokkain mikrobeja tuhoava aallonpituusalue on 260–265 nm, joka on myös DNA:n maksimiabsorptioaallonpituusalue. Desinfioinnissa käytetään matalapaineisia UV-C-elohopealoistelamppuja, koska näiden lamppujen säteilyenergiasta yli 90 prosenttia emittoituu 254 nm aallonpituudella. Tyypillisesti näitä lamppuja käytetään työskentelyalueiden ja -välineiden sterilointiin sairaaloissa, elintarviketeollisuudessa ja tutkimuslaboratorioissa. UV-C-lamppuja käytetään myös talous- ja uimaveden sekä huoneilman desinfointiin.

UV-C-lamppuja käytettäessä laite tulee koteloida ja asentaa siten, että luvussa 7 esitetyt enimmäisarvot laitteen läheisyydessä olevan henkilön silmille ja iholle eivät ylity. Altistuminen suojaamattomalle UV-C-lampulle lähietäisyyksillä eli alle 50 cm päässä ylittää altistumisrajat erittäin lyhyessä ajassa muutamasta sekunnista minuuttiin. Näiden laitteiden tuottamalle (haja)säteilylle on asetettu enimmäisarvoja samoin kuin niiden tuottamalle otsonille. Otsonia syntyy lampun emittoiman UV-C-säteilyn muodostaessa happiradikaaleja, jotka puolestaan yhtyvät kaksiatomiseen happimolekyyliin. Syntynyt reaktiivinen otsoni osallistuu myös bakteerien tuhoamiseen ja saattaa liian suurina pitoisuuksina ärsyttää hengitysteitä ja silmiä.

## **Kovettaminen ja kuivaaminen**

Monissa teollisuusprosesseissa, kuten esimerkiksi maalin, lakkojen ja liimojen kovettamisessa sekä painotuotteiden kuivaamisessa käytetään UV-säteilyä. Painovärien kuivuminen vaihtelee eri väreillä eri aallonpituudella. Liimojen ja muovien kovettaminen voidaan tehdä UV-A-lähteillä eli mustavalolampuilla, jolloin UV-annos on suhteellisen pieni. Kuitenkin esimerkiksi painotuotteiden kuivaamisessa sekä maalin ja lakkojen kovettamisessa käytetään lampuja, jotka tuottavat myös UV-B- ja UV-C-säteilyä. Näissä prosesseissa on tarvetta suuritehoisten, jopa useiden kilowatin lampujen, kuten monimetalli- ja halogeenilampujen, käyttöön. Normaalisti teollisuusprosesseissa tällaiset lamput on suojattu siten, että laitteiston käyttäjä ei altistu säteilylle.

Perinteisesti UV-A-säteilyä on käytetty myös hammaslääketieteellisissä toimenpiteissä, esimerkiksi hampaiden muovipaikka-aineen kovetusprosessissa. Kuitenkin viime vuosina UV-lähteitä on korvattu sinistä valoa tuottavilla säteilylähteillä, jotka myös kovettavat muovipaikka-ainetta.

## **Hyönteisten houkuttelu**

Eurooppalaisessa standardisoinnissa on alettu viime vuosina kiinnittää huomiota kotitalouksissa käytettäviin sähkölaitteisiin, jotka tuottavat UV-säteilyä. Juomaveden- ja ilmanpuhdistimien lisäksi näihin kuuluvat muun muassa hyönteisten houkutteluun tarkoitetut laitteet. Koska noin 350 nm aallonpituisen säteily houkuttaa hyönteisiä, UV-A-säteilylähteitä käytetään myös tässä tarkoituksessa. Normaaleissa käyttöolosuhteissa UV-altistuminen hyönteisten houkutteluun tarkoitetuille laitteille on vähäistä eikä siitä aiheudu vaaraa.

## **Muut käyttösovellukset**

UV-lampuilla on edellä mainittujen lisäksi erilaisia muita käyttösovelluksia ja -kohteita, joissa lampujen sähköteho vaihtelee muutamasta watista kilowatteihin. Monet fotobiologit ja fotokemistit käyttävät erilaisia UV-säteilylähteitä tutkimuksiin. UV-säteilyä käytetään myös filmien ja painopiirien valottamiseen. Stabiileja, 200–1 000 W kvartsihalogeenilamppuja käytetään yleisesti UV-mittareiden kalibrointiin.



## UV-lamppujen käyttöön liittyvät riskit ja niiltä suojautuminen

UV-laitteen lampun tyyppi antaa viitteitä siitä millaisia säteilyriskejä laitteeseen liittyy. Pelkkien UV-lamppujen tuottaman UV-säteilyn voimakkuus ja aallonpituusalue ovat kuitenkin vain suuntaa antavia arvioitaessa UV-altistumista, koska laitteen rakenteella on vielä oma vaikutuksensa sen emittoimaan säteilyyn. Tästä syystä suojautumisen tarve joudutaan arvioimaan tapauskohtaisesti. Myös etäisyys säteilylähteestä on merkitsevä, sillä mitä kauempana UV-lähteestä ollaan, sitä vähäisempää on UV-säteilyn teho. Joissakin tapauksissa laitteen rakenne on sellainen, että erillistä UV-suojausta ei tarvita.

Lamput tai laitteisto tulisi asentaa siten, että laite- ja tilateknisin ratkaisuin altistuminen UV-säteilylle olisi mahdollisimman vähäistä. Hajasäteilyä voidaan vähentää kaikenlaisilla UV-säteilyä läpäisemättömillä esteillä ja jopa tavallisella ikkunalasilla, joka suodattaa tehokkaasti UV-C ja B-säteilyä. Työtilassa tulee olla myös selkeät varoitusmerkinnät ja suojausohjeet.

Mikäli laite-lamppuyhdistelmän tuottama UV-säteily on voimakasta, laitetta käytettäessä tulee ottaa huomioon myös UV-säteilyltä suojautuminen, jotta UV-säteilylle määritetyt altistumisrajat, joita käsitellään luvussa 7, eivät ylity. Mikäli suojautuminen vaatii henkilökohtaisia suojavälineitä, kuten suojavisiiriä, pitkähihaisia ja -lahkeisia vaatteita tai käsineitä, työntekijöille on annettava riittävä opastus ja ohjeistus, jotta he ymmärtävät suojautumisen merkityksen ja osaavat varmistaa oman ja muiden turvallisuuden. Suurin riski turvallisuudelle on se, että työntekijä tai ulkopuolinen henkilö epähuomiossa, jossain poikkeuksellisessa tilanteessa tai tietämättään menee säteilytystilaan ilman suojaimia. Silloin kasvojen palaminen ja silmien sarveiskalvon tulehtuminen UV-säteilyn vaikutuksesta ovat käytännössä väistämättömiä seurauksia.

Eryteemaefektiivisestä eli ihon puneherkkyysvaikutuspektrillä painotetusta UV-säteilyn annosnopeudesta voidaan johtaa UV-säteilyn voimakkuutta kuvaava UV-indeksi, jota käsitellään tarkemmin luvuissa 6.1 sekä 6.7. UV-indeksiä käytetään kuvaamaan yleensä auringon UV-säteilyn voimakkuutta, mutta sitä voidaan hyödyntää UV-säteilyä tuottavien laitteiden yhteydessä. Taulukossa 6.4 on esimerkkejä eri lamppujen ja laitteiden UV-indekseistä. Heikkoja eli UV-indeksiltään 0–2-luokkaa olevia UV-säteilyn lähteitä ovat muun muassa kodin valaistuksessa käytettävät valonlähteet. Äärimmäisen voimakkaita UV-säteilylähteitä ovat muun muassa valohoito- ja elohopealamput sekä tehokkaimmat solariumlamput.

UV-säteilylähde	UV-indeksi	UV-säteilyn voimakkuus
Aurinko		
Suomessa (maksimi)	6	voimakas
Välimeren maissa (maksimi)	12	äärimmäisen voimakas
Päiväntasaajalla	15	äärimmäisen voimakas
Solariumlaitteet		
Nykyisin Suomessa (maksimi)	12	äärimmäisen voimakas
Vanhanaikainen alppiaurinkolamppu (etäisyys 50 cm)	140	äärimmäisen voimakas
Valohoitolamput		
PUVA- ja UVA-lamput	3–6	kohtalainen – voimakas
SUP-lamput	20–30	äärimmäisen voimakas
UVB-lamput	120–200	äärimmäisen voimakas
Valaisimet		
Kynttilä (etäisyys 3 cm)	0,01	heikko
Hehkulamppu (etäisyys 15 cm)	0,01	heikko
Halogeenilamppu (kohdevalaisin)	0,02	heikko
Loistelamppu (-putki) (etäisyys 1,5 m)	0,002	heikko
Muut lamput		
Infrapuna- eli lämpölamppu (125W, etäisyys 60 cm)	0,0003	heikko
Kvartsihalogeenilamppu (1000W, etäisyys 50 cm)	1,8	heikko
Mustavalolamppu (9W, etäisyys 15 cm)	0,14	heikko
Matalapaineinen elohopealamppu (etäisyys 5 cm)	250	äärimmäisen voimakas
Monimetallilamppu (400W, etäisyys 50 cm)	170	äärimmäisen voimakas

**Taulukko 6.4 Auringon ja keinotekoisien UV-lähteiden UV-säteilyn voimakkuuden vertailu**

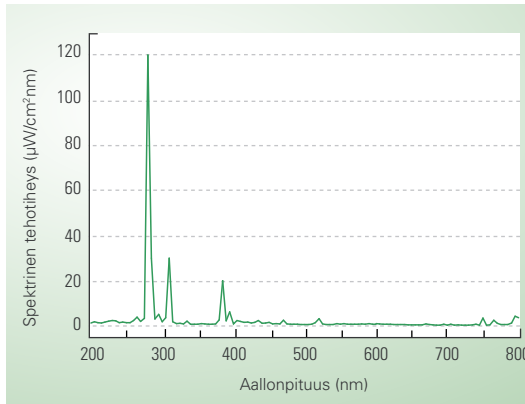
Suojautumistarve alkaa, kun UV-indeksi on yli 3. Kun UV-indeksi on 6–10, UV-säteily on voimakasta. Kun UV-indeksi nousee yli 11:n, UV-säteily on äärimmäisen voimakasta.

## 6.5 Hitsausprosessien aiheuttama UV-säteily

Hitsaajat ovat suurin keinotekoiselle UV-säteilylle altistuva ammattiryhmä, koska hitsatessa syntyy voimakasta lyhytaaltoista UV-säteilyä. Erilaisia sähköhitsausmenetelmiä ovat MIG- (metal inert gas), MAG- (metal active gas) ja TIG- (tungsten inert gas) sekä puikkohitsaus.

Hitsattavan kappaleen ja käytettävän lisäainelangan välille tuotetaan sähkövirran avulla sähköinen virtapiiri, jossa tapahtuva sähköpurkaus synnyttää valokaaren. Valokaaren korkea lämpötila sulattaa työstettävän kappaleen ja lisäainelangan hitsisulaksi, joka jähmettyessään kiinnittää hitsattavat materiaalit toisiinsa. Lisäainelangan kemiallinen koostumus on samankaltainen kuin hitsattavalla materiaalilla. Hitsauksessa käytetään apuna myös suojakaasua, jonka tärkein tehtävä on syrjäyttää ilman sisältämä happi, jotta välttyttäisiin hitsattavien materiaalien hapettumiselta. Yleisesti käytettyjä suojakaasuja ovat argon, helium ja hiilidioksidi sekä näiden kaasujen seokset. Hitsausta kutsutaan MIG-hitsaukseksi, kun käytetty suojakaasu ei reagoi hitsisulan kanssa eli on ”inerttiä”, kuten argonia. MAG-hitsauksessa käytetään ”aktiivista”, hitsisulan kanssa reagoivaa suojakaasua, esimerkiksi hiilidioksidia. MIG- ja MAG-hitsauksessa yleisimmin käytettyä valokaarityyppiä kutsutaan kuumakaareksi. Tällöin valokaari palaa jatkuvasti lisäainelangan siirtyessä hitsisulaan pisaroina. Lyhytkaarihitsauksessa lisäainelangan sulaminen ja siirtyminen tapahtuu oikosulkujen aikana ja hitsattavaa materiaalia sulattava valokaari palaa ainoastaan tiheästi esiintyvien oikosulkujen välillä. Sekakaarihitsauksessa, joka on kuumakaari- ja lyhytkaarihitsauksen sekamuoto, lisäainelangan siirtyminen on suuripisaraista ja epävakaista tuottaen runsaasti savua ja hitsaushuuruja. Pulssihitsauksessa virtalähde pulssittaa hitsausvirtaa niin, että lisäainetta siirtyy hitsisulaan pisara kerrallaan. Valokaari synnyttää myös voimakasta hitsaussäteilyä eli kirkasta näkyvää valoa ja UV-säteilyä sekä erilaisia hitsaussavuja ja -huuruja, joiden koostumus vaihtelee hitsausmenetelmästä ja käsiteltävästä materiaalista riippuen. UV-säteilyn lisäksi sähköhitsaus tuottaa myös suhteellisen voimakkaita magneettikenttiä.

Sähköhitsauksessa syntyvän UV-säteilyn määrään vaikuttavat käytettävä lisäainelanka, suojakaasu, hitsattava materiaali, valokaarityppi, hitsausvirta ja kaarijännite sekä hitsauksen aikana syntyvät heijastukset. Työterveyslaitoksessa tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin eri hitsausprosessien synnyttämää optista säteilyä spektrometrin mittauksin 210–800 nm aallonpituusalueella. Mittauksia tehtiin hitsauslaboratoriossa käyttäen erilaisia hitsausmenetelmiä, kuten MIG-, MAG- ja TIG- sekä puikkohitsausta. Hitsattavia perusaineita olivat alumiini sekä ruostumaton ja seostamaton teräs.



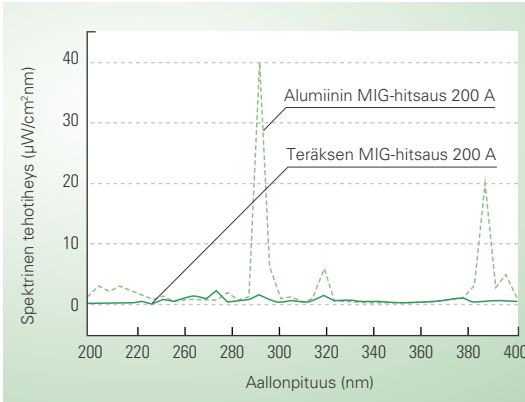
**Kuva 6.17** Esimerkki optisen säteilyn spektrijakaumasta pulssi-MIG-alumiini-hitsauksessa, jossa lisäainelankana oli alumiiniseos AlMg4.5Mn ja suoja kaasuna 0,03 % argon-typpioksidi

Mittausetäisyys 150 cm. Kuvasta havaitaan hitsauksen sisältävän voimakasta UV-C-säteilyä.

Alumiinihitsauksessa syntyvä UV-säteily oli huomattavasti voimakkaampaa verrattuna seostamattoman teräksen hitsaukseen. MIG-hitsaukselle tyypillinen valokaarimuoto eli kuumakaari tuotti selvästi enemmän UV-säteilyä verrattuna muissa hitsaustyypeissä käytettävään sekakaareen. Tavallisen MIG-hitsauksen ja pulssi-MIG-hitsauksen optisen säteilyn spektrijakaumat ja tehotiheydet eivät samoilla hitsausvirta-arvoilla poikenneet mainittavasti toisistaan. Kuvassa 6.17 on tyypillinen telakoilla käytettävän hitsausmenetelmän, pulssi-MIGin, synnyttämä säteilyspektri alumiinia hitsatessa.

Seostamattoman teräksen hitsauksessa syntyvä optisen säteilyn spektri mitattiin hitsattaessa kappaleita 200 ampeerin virralla, halkaisijaltaan 1,2 mm:n seostamattomalla rutiilitäytelangalla ja 0,03 % argon-typpioksidi suoja kaasulla. Verrattaessa syntynyttä säteilyspektriä vastaavaan alumiinihitsauksessa syntyvään spektriin voidaan havaita selvä ero UV-säteilyn tehotiheydessä ja spektrin muodossa (kuva 6.18).

Suurimmat UV-säteilyn tehotiheydet esiintyivät 250–350 nm alueella ja ne ovat siten merkittävimpiä hitsaussäteilyn haitallisuutta arvioitaessa. Mitattujen UV-säteilyn tehotiheyksien perusteella lasketut suurimmat sallitut altistumisajat suojaamattomalle iholle ja silmälle 0,5 metrin etäisyydellä vaihtelivat 0,2 sekunnista 10 sekuntiin. Lyhytaaltoisen valon biologisesti painotettujen tehotiheyksien avulla lasketut suurimmat sallitut altistumisajat ”siniselle valolle”, jota käsitellään tarkemmin luvussa 8, olivat huomattavasti pitempiä alkaen kuudesta sekunnista kestäen jopa minuutteihin asti.



**Kuva 6.18 Teräksen ja alumiinin MIG-hitsauksessa syntyvän UV-säteilyn spektriset tehoitiheydet**

Mittausetäisyys 150 cm. Lisäainelankana alumiiniseos AlMg4.5Mn.

Mittaustulokset osoittivat myös valokaaren lähialueella tapahtuvan heijastumisen kasvattavan merkittävästi hitsaajan altistumista optiselle säteilylle. Työtilanteissa hitsaaja työskentelee ja seuraa hitsausta sellaisesta kulmasta, että valokaaren lähietäisyydellä syntyy heijastuksia erityisesti alumiinista. Tämän vuoksi heijastunut säteily tulee ottaa huomioon hitsaajan suojautumistarvetta arvioitaessa. Heijastuksilla oli merkitystä altistumiseen erityisesti alle 500 nm aallonpituuksilla.

## 6.6 Suojautuminen UV-säteilyltä työympäristössä

Työntekijöiden työperäistä UV-säteilyaltistumista koskevat raja-arvot on määritetty EU:n komission antamassa optisen säteilyn direktiivissä 2006/25/EY<sup>1)</sup>, ja viimeistään vuonna 2010 se on laitettava kohdemaissaan täytäntöön. Työntekijöitä tuleekin suojella UV-säteilyltä, jotta direktiivissä ilmoitetut raja-arvot eivät ylity. Direktiivi koskee kuitenkin vain keinotekoisista lähteistä tulevaa UV-säteilyä.

<sup>1)</sup> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/25/EY, terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysisistä tekijöistä (keinotekoinen optinen säteily) aiheutuille riskeille



**Kuva 6.19 Kahden tummuusasteen suodattimilla varustettuja hitsausmaskeja**

### Silmien suojaus hitsaustöissä

Sähköhitsauksessa syntyy huomattavia määriä UV-säteilyä sekä näkyvää kirkasta valoa, joiden aiheuttamat haitat kohdistuvat sekä silmiin että ihoon. Silmiin voi kehittyä UV-säteilyn seurauksena silmän pinnan sarveiskalvon tulehtuminen eli fotokeratiitti, joka tunnetaan myös niin sanottuna ”hitsarin silmänä” eli lumisokeutena. Silmänpohjan verkkokalvo voi puolestaan vaurioitua kirkkaan näkyvän valon seurauksena. Silmävaurioiden lisäksi myös kasvojen iho palaa herkästi voimakkaan UV-säteilyn vuoksi. Tästä syystä hitsaajat ovat perinteisesti suojanneet silmänsä ja kasvonsa käyttämällä kasvojensuojaimia, joissa on pieni hitsaussuodatin silmien edessä. Tavallisesti hitsaussuojain tuodaan kasvojen eteen hitsauskaaren sytytyksen jälkeen nopealla niskan liikkeellä. Jos liike ei ole tarpeeksi nopea, voi seurauksena olla fotokeratiitin muodostuminen silmiin, koska silmät jäävät säteilyltä suojaamatta useita kertoja työpäivän aikana. Lisäksi tämä nopea, toistuva niskan liike voi aiheuttaa kroonisia niskavaivoja. Perinteiset hitsaussuojat ovat usein painavia ja lisäksi näköalue on hyvin rajoitettu.

Mittaussuunta	Tummuusaste 8 + suodin 1,7	Tummuus- aste 10	Tummuus- aste 11	Tummuus- aste 12
Pinta edestä	21,9	14,2	2,9	1,0
Pinta edestä	33,5	23,2	3,3	2,0
Pinta sivulta	22,9	15,5	2,9	1,1
Pinta sivulta	31,1	15,9	3,9	1,2
Pinta sivulta		26,3	3,6	1,5

**Taulukko 6.5 Hitsauslasien läpi mitattuja kirkkauksia eli luminansseja (kcd/m<sup>2</sup>) pulssi-MIG-hitsauksessa**

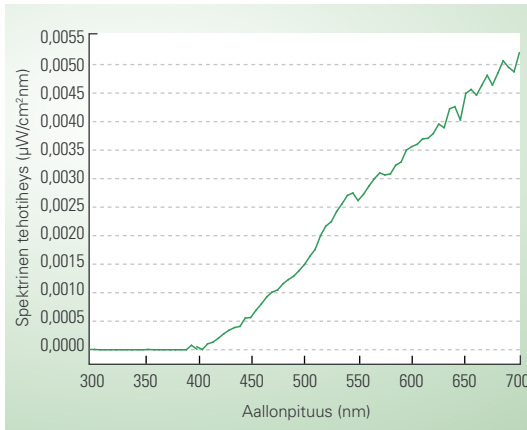
Hitsausvirtana 190 ampeeria ja jännitteenä 30 voltia, suojakaasuna helium-argon suhteessa 75:25, perusmetallina ja lisäainelankana alumiiniseos AIMg4.5Mn.

Edellä mainittujen ongelmien välttämiseksi on kehitetty uudentyyppisiä hitsaussuojaimia, joissa on kahta eri tummuusastetta vastaavat suodattimet (kuva 6.19). Tumma suodatin on välttämätön suojaamaan silmiä näkyvältä erittäin voimakkaalta kirkkaalta valolta, joka ei kuitenkaan ole haitallista iholle. Tehokkaan UV-säteilyltä suojaavan suodattimen ei puolestaan tarvitse olla tumma, koska UV-säteily pysähtyy oikeantyyppiseen muoviin ja siten kasvojen ihon ja silmien suojaamiseen riittää vaaleampi UV-suodatin.

Silmiensuojaimia koskevat yleiset määräykset on annettu eurooppalaisessa standardissa EN 166, kun taas EN 169 sisältää hitsaussuodattimien läpäisyvaatimukset ja antaa tummuusasteiden suositukset eri hitsausmenetelmille. Suositeltava tummuusaste määräytyy paitsi hitsaukseen liittyvien tekijöiden mutta myös valaistusolosuhteiden sekä henkilökohtaisen mukavuuden ja hitsausetäisyyden perusteella. Liian tumman hitsauslasin käyttö ei ole suositeltavaa, koska se haittaa työskentelyä sekä vie hitsaajan usein lähemmäksi valokaaren tuntumassa muodostuvaa otsonia ja alumiinihuu-ruja. Hitsaajan lähistöllä työskentelevien ihon ja silmien suojaamisesta tulee myös huolehtia. Hitsauskohteen erottaminen muusta työtilasta on suositeltavaa hitsaussuojaseinän tai hitsausverhojen avulla.

Hitsausnaamaria valittaessa tulee huomioida ainakin seuraavat seikat:

- Naamari täyttää henkilösuojaindirektiivin vaatimukset ja sen täytyy olla CE-merkitty.
- Naamarin suojauksen on oltava riittävää ja siinä ei saa olla rakoja eikä reikiä eri osia yhdistettäessä.
- Naamari on yhdistettävissä muihin suojaimiin, esimerkiksi kypärään ja kuulonsuojaimiin.



**Kuva 6.20 Tummuusastetta 11 olevan hitsaussuojaimen läpi MIG-hitsauksessa mitattu optisen säteilyn spektrijakauma**

Kuten kuvasta huomataan, suojain suodattaa UV-säteilyn (100–400 nm) käytännössä kokonaan ja sinisen valon (400–500 nm) aallonpituudet suhteellisen tehokkaasti pois. Näkyvän valon pidemmät aallonpituudet pääsevät tunkeutumaan suojan läpi.

- Naamarin kanssa on mahdollista käyttää kaulan ja niskan säteilyltä suojaavaa suojahuppua.
- Suojalasi hitsauslasin edessä on helposti vaihdettavissa.
- Naamarin ja hitsauslasin riittävästä kunnossapidosta on huolehdittava.

Työterveyslaitoksen tekemässä alumiinihitsausta koskevassa tutkimuksessa selvitettiin muutamien eri tummuusastetta olevien hitsaussuodinten kykyä suodattaa optista säteilyä mittaamalla niiden läpi tulevan hitsausvalokaaren luminanssi eli kirkkaus ja säteilyn spektrinen tehoitehis.

Näkyvän valon osalta ohjeellinen arvo miellyttävälle kirkkaudelle on alle kymmenen kilokandela neliometriä kohden ( $\text{kcd}/\text{m}^2$ ). Taulukossa 6.5 on esitetty hitsaussuodinten läpi mitattuja luminansseja. Hitsauslasi tummuusasteeltaan 8 ja suodin 1.7 yhdessä vastaavat tummuusasteeltaan 8.7 olevaa hitsaussuodinta.

Spektroradiometrinen mittausten perusteella vähintään tummuusastetta 11 oleva hitsaussuojain suojaa hyvin UV-säteilyltä ja lyhytaaltoiselta "siniseltä valolta" eli alle 500 nm aallonpituuksilta (kuva 6.20). Näkyvän valon painotettuun tehoitehyyteen perustuvat suurimmat sallitut altistumisajat ovat 4,5–7,3 tuntia, mikä on yleensä riittävä, koska usein hitsausta on vain noin puolet kokonaistyöajasta.



## Ihon suojaus ulkotöissä

Auringon UV-säteilyltä suojaavien vaatteiden ja päähineiden käyttötarve työympäristössä liittyy ulkotöihin, esimerkiksi asfalttitöihin, mansikanpöimintään ja puutarhassa työskentelyyn. Liialliselta auringon UV-altistukselta suositellaan yleensä suojautumaan välttämällä auringossa oleskelua ja käyttämällä aurinkosuojaivoiteita. Vaatteiden ja päähineiden käyttöä suojauskeinona korostetaan huomattavasti harvemmin, vaikka sopiva vaatetus tarjoaa yksinkertaisen ja tehokkaan suojan auringonsäteilyä vastaan.

Yleisesti tiedetään, että tummat, tiheäkudoksiset kankaat suojaavat paremmin UV-säteilyltä kuin vaaleat ja harvakudoksiset. Tekstiilien UV-suojausta voidaan kuitenkin parantaa värittömien UV-säteilyä absorboivien yhdisteiden avulla. Tästä syystä materiaalien UV-vaimennuksen arvioiminen on varsin vaikeaa vain niiden ulkoisten ominaisuuksien perusteella. Australia on ollut aurinkosuojien kehittämisessä edelläkävijä, sillä maassa on jo useiden vuosien ajan kampanjoitu UV-säteilyltä suojaavan vaatetuksen ja leveälieristen päähineiden tärkeydestä. Australian ja Uuden-Seelannin yhteinen standardi (AS/NZS 4399:1996) olikin ensimmäinen normatiivinen eli vaatimuksen antava ohje tekstiilien suojakertoimen eli UPF:n (Ultraviolet Protection Factor) määrittämiseksi. Tekstiilien UPF määritetään laboratorioolosuhteissa ja se kuvaa vaateen UV-säteilyn pidätyskykyä. UPF vertautuu aurinkorasvoille määritettävään Sun Protection Factoriin eli SPF:in.

AS/NZS 4399 -standardi esittää testausvaatimukset UPF-kertoimen määrittämiseksi ja ohjeet tuotteiden suojausluokan merkitsemiseksi. Standardin mukainen spektrofotometrisesti mitattu UPF-kerroin ilmaisee kankaiden UPF-kertoimen, mutta ei ilmoita valmiin pukineen suojauskerrointa. Venymisen, kosteuden, pesemisen tai kulumisen vaikutuksia ei myöskään voida arvioida kyseisen standardin perusteella. AS/NZS-standardissa suojauskertoimet luokitellaan kolmeen eri luokkaan, kuten taulukossa 6.6 esitetään.

UPF-luokka	Suojaustaso	UV-säteilyn läpäisy (%)
15, 20	Hyvä suoja	6,0–6,2
25, 30, 35	Erittäin hyvä suoja	2,6–4,1
40, 45, 50, 50+	Erinomainen suoja	< 2,5

**Taulukko 6.6 AS/NZS-standardin UPF-suojakertoimien luokitus**

Testattu materiaali	UPF
Puuvilla - neulos - valkoinen	20,0
Puuvilla - neulos - sininen	30,0
Puuvilla - neulos - värjäämätön	43,3
Puuvilla - kangas - värjäämätön - 193 g/m <sup>2</sup>	9,9
Akryyli - kangas - valkoinen - 204 g/m <sup>2</sup>	10,9
Puuvilla/modaali - kangas - valkoinen	48,1
Viskoosi - kangas - vihreä	11,5
Polyesteri - kangas - valkoinen - 192 g/m <sup>2</sup>	62,5
Polyesteri - kangas - harmaa - 130 g/m <sup>2</sup>	102,0

**Taulukko 6.7 Eri kangaslaatujuen UPF-arvoja**

Viime vuosina myös useat muut maat ja monikansalliset järjestöt ovat laatineet ehdotuksia UV-suojatekstiilien standardeiksi. Eurooppalaisen standardointijärjestön (CEN) tekninen komitea 248 on laatinut standardin EN 13758-2, joka tullaan vahvistamaan lähiaikoina myös suomalaisiksi SFS-EN-standardiksi. Kyseisessä standardissa UV-suojavaatemateriaaleiksi luokitellaan vain tekstiilit, joiden UPF-kerroin on vähintään 30.

Australialaisen ja eurooppalaisen luokituksen eroavuuden syyksi mainitaan Euroopan eri testauslaboratorioiden välillä todetut erot testausmenetelmissä ja -tuloksissa, joten riittävä suojaus halutaan varmistaa huomioimalla mitatausepävarmuus. Lisäksi UPF 30 -luokan täyttävät tekstiilit kestävät pienempiä UPF-luokkia paremmin kastumista, venymistä ja kulumista. Koska auringon säteily Euroopassa on huomattavasti heikompaa kuin Australiassa, UV-suojauksen mahdollinen heikentyminen käytön aikana antaa vielä riittävän suojan. EN-standardi asettaa myös tiukat vaatimukset valmiille asusteille. Auringolta suojaavan vaatteiden ylävartalon suojauksen täytyy ulottua kaulasta lantialle ja peittää 3/4 käsivarsista. Alavartalon suojauksen tulee ulottua vyötäröstä polvilumpioiden alapuolelle. Standardinmukaisessa suojavaatteessa tulee olla EN-standardin numero ja merkintä UPF 30+. Lisäksi merkinnässä tulee olla varoitustekstit ja -kuvio.

Eurooppalainen standardi ei aseta vaatimuksia päähineille eikä muille asusteille kuin vaatteille. Kuitenkin liekihattu on perinteisesti ollut tärkeitä auringonsuojavarusteita, ja toisaalta niiden UV-suojausominaisuuksia on vaikea silmämääräisesti arvioida. Äskettäin englantilainen testauslaitos SATRA määrittä viiden erilaisen kesähattu UPF-arvoja. Tulokset osoittivat hattujen UPF:n vaihtelevan välillä UPF 10 ja 50+. Testissä menestyi heikosti muun muassa kallein tuote, niin sanottu Panama-hattu, jossa viileyden turvaamiseksi oli tuuletusaukkoja. Suomessa Työterveyslaitos on

akkreditoitu testaamaan ja sertifioimaan erityyppisiä suojavaatteita. Taulukossa 6.7 on esimerkkejä belgialaisen Centexbel-tutkimuslaitoksen määrittämistä tekstiilimateriaalien suojauskertoimista. Koska materiaalitiedot ovat hyvin puutteellisia, taulukko antaa vain yleiskäsityksen UPF-arvojen vaihteluista.

## 6.7 UV-säteilyltä suojautumisen yleiset periaatteet

### Käytä apunasi UV-indeksiä

Auringosta voi nauttia, kun pitää mielessä ihon ja silmien suojaamisen. UV-annostaan ja palamisriskiään voi helposti vähentää ennakoivalla asenteella, kun muistaa muutamia näihin tekijöihin liittyviä perusasioita.

Ihon rusketus- ja palamisherkkyyteen vaikuttaa ihon perusvärin ja aurin-gossa oloajan lisäksi UV-säteilyn voimakkuus, josta viime vuosina on alettu tiedottaa väestölle monissa maissa. Suojautumistarpeen arviointia varten käytetään kansainvälistä UV-indeksiä (UVI), joka kuvaa auringon ultraviolettisäteilyn voimakkuutta yhdellä luvulla. UV-indeksin avulla annetaan myös lyhyen aikavälin UV-ennusteita, jotka Suomessa laatii Ilmatieteen laitos. Ennusteiden tarkoituksena on kiinnittää huomiota UV-säteilyn terveystarpeisiin ja tiedottaa tarpeesta suojata ennakolta iho ja silmät ennen voimakkaassa UV-säteilyssä oleskelua. UV-indeksin määrittäminen laskennallisesti on kuvattu tarkemmin tämän luvun alussa kohdassa 6.1.

Ihon ja silmien suojautumistarve alkaa, kun UV-indeksi on yli 3 (taulukko 6.1). UV-indeksi 3 toteutuu Suomessa etelärannikolla toukokuusta elokuuhun. Suomessa UV-indeksin suurin arvo on 6 ja se voidaan saavuttaa etelärannikolla keskikesällä keskipäivän aikaan. Välimeren maissa UV-indeksi on kesällä 8–10. Päiväntasaajan leveysasteilla tai vuoristossa UV-indeksi voi olla yli 12, tai jopa 15. Vertailun vuoksi, voimakkaimpien Suomessa sallittujen solariumien UV-indeksi on noin 12 eli ne ovat voimakkuudeltaan trooppisen auringon luokkaa.

Kun UV-indeksi on tiedossa, siitä on helppo laskea ruskettumattoman, UV-herkkien eli ihotyyppien I ja II ihon punetumis aika. Punetumis aika saadaan minuutteina, kun luku 130 jaetaan UV-indeksiluvulla. Esimerkiksi jos UV-indeksi kesällä on 6, herkkä iho palaa 21 minuutissa. Etelä-Euroopassa ja lähellä päiväntasaajaa, missä ultraviolettisäteily on huomattavasti voimakkaampaa kuin Suomessa, vaalea pohjoismainen iho palaa erittäin

herkästi. Etelässä oleskeltaessa iho tulisi muistaa suojata ennakoon vaatteilla ja aurinkovoiteilla ennen auringonpaisteeseen siirtymistä.

## Huomioi ympäristö, pysy pystyssä ja vetäydy varjoon

Uimarannoilla ja vesillä oltaessa aurinko tuntuu ruskettavan ja polttavan erityisen tehokkaasti. Tämä johtuu siitä, että ne ovat aukeita paikkoja, joissa koko taivas on usein näkyvissä (kuva 6.21). Tällä on merkitystä siksi, että ilmakehässä tapahtuvan siroamisen takia noin puolet UV-säteilystä tulee suhteellisen tasaisesti koko taivaankannelta ja vain puolet suoraan auringosta. Taivaankannesta siroaminen siis lisää UV-säteilyn määrää. Yksi syy aurinkorannalla palamiseen on myös makuuasento. Makailija saa nelinkertaisen määrän UV-säteilyä pystyasennossa puuhaillevaan verrattuna. Liikuttaessa altistuminen jakautuu myös tasaisemmin eri ihoalueille.

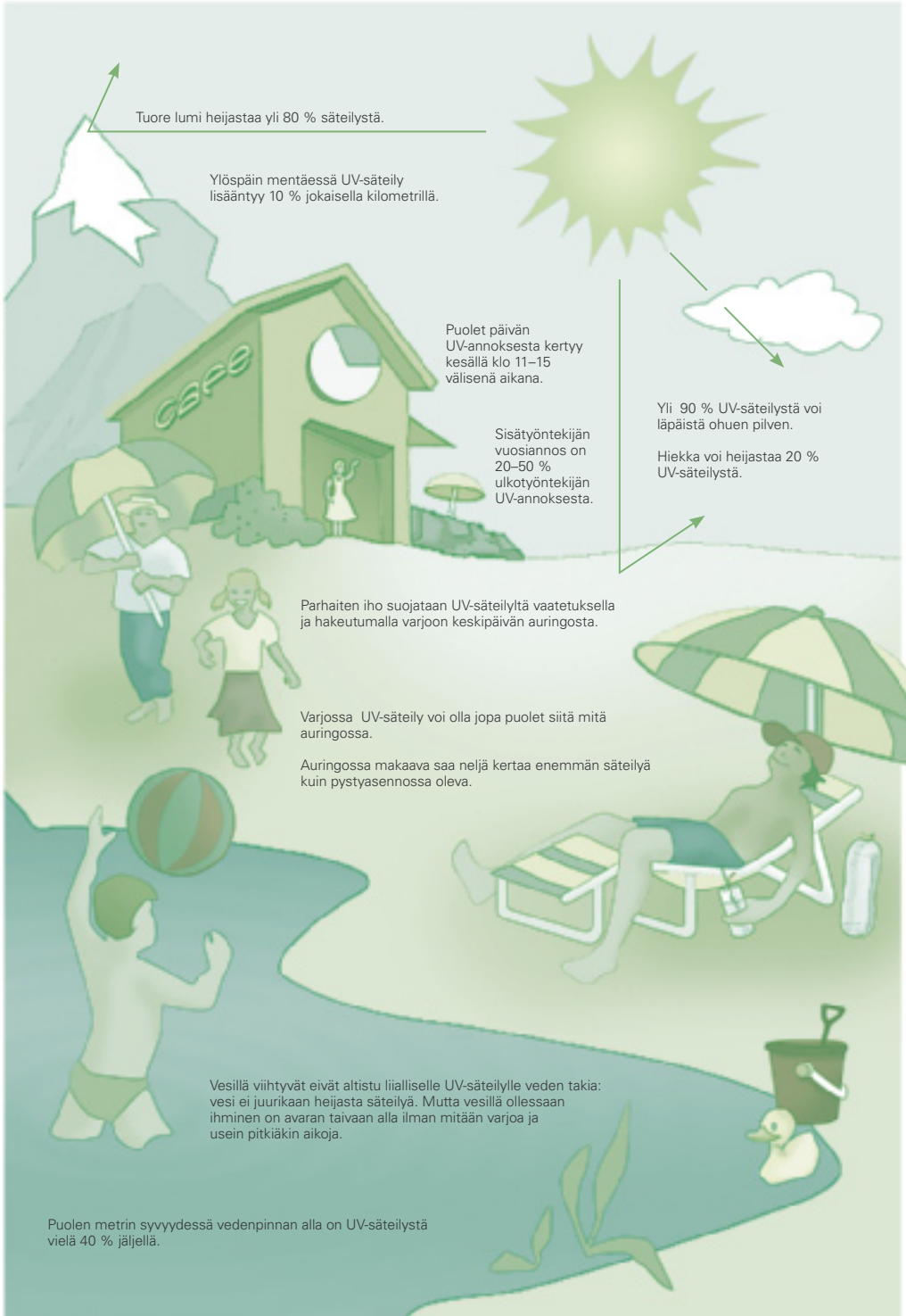
Vedenpinnasta tapahtuva UV-säteilyn heijastuminen ei ole niin suurta kuin yleensä luullaan, vain 5–10 prosentin luokkaa. Sen sijaan jopa 40 prosenttia UV-säteilystä uppoaa veden pinnan alapuolelle puoleen metriin saakka. Vesi ei siis suojaa uimaria UV-säteilyltä kovinkaan hyvin.

Varjossa oleskelu on hyvä tapa suojautua suoralta UV-säteilyltä, koska varjossa UV-säteilyä on puolet vähemmän kuin auringossa. Toisaalta, jotta varjo antaisi täyden suojan, pitää suuren osan taivaankannesta peittyä puiden tai rakennusten taakse edellä mainitun taivaankannesta tapahtuvan siroamisen takia. Näin ollen pelkkä auringon peittyminen esimerkiksi pilven tai puun taakse, ei välttämättä riitä suojaamaan UV-säteilyltä täydellisesti. Varjossa voi siis ruskettua ja jopa palaa.

Toinen tehokas suojakeino estää ihon palamista on välttää pitkäaikaista suorassa auringonpaisteessa oleskelua keskipäivän tunteina klo 11–15 välillä. Aurinko on polttavimmillaan silloin kuin varjo on lyhyempi kuin oma pituus. Vuorokauden aikana kertyvästä UV-annoksesta noin puolet tulee kello 11–15 välillä ja omaa vuorokautista UV-annostaan voikin vähentää tehokkaasti viettämällä siestaa etelänmaiden tyyliin.

## Suojavoiteet

Aurinkovoiteet sisältävät suoja-aineita, jotka estävät UV-säteilyn, erityisesti UV-B-säteilyn pääsyn iholle. Suoja-aineita on kahdenlaisia; kemiallisia ja fyysikaalisia. Kemiallisissa suoja-aineissa on niin sanottuja konjugoituja



**Kuva 6.21 UV-säteilyltä suojautumisen keskeiset periaatteet**

kaksoissidoksia sisältäviä molekyyliä, jotka absorboivat UV-säteilyä tehokkaasti muuttaen UV-fotonien sisältämän energian lämmöksi. Fysikaaliset suoja-aineet, jotka usein ovat mainittu tuoteselosteessa titaanidioksidina tai sinkkioksidina, toimivat ikään kuin kilpenä heijastaen säteitä ihosta pois päin.

Suojakerroin kertoo aurinkosuojatuotteen tehon eli SPF:n (Sun Protection Factor). Suojakerroin 20 tarkoittaa, että auringossa voi oleskella palamatta 20 kertaa pidempään kuin ilman voidetta. Aurinkorasvat pystyvät oikein käytettynä estämään UV-säteilyn aiheuttaman palamisen, mutta suurikaan suojakerroin ei anna täydellistä suojaa UV-säteilyä vastaan. Voiteesta huolimatta iho saa säteilyä sitä enemmän mitä kauemmin auringonpaisteessa oleskellaan. Täten mahdollisia soluvaurioita aiheuttavaa UV-säteilyä pääsee iholle, vaikka voiteen ilmoittama suoja-aika ei vielä olisikaan ylitetty ja vaikka auringossa oleskeltaisiin vain suojakertoimen osoittaman ajan. Aurinkovoiteita tulisikin siis käyttää ihon säteilyrasituksen vähentämiseksi eikä auringossa oleskelun pidentämiseksi.

Aurinkosuojavoiteen tarjoama suoja riippuu suojakertoimen lisäksi iholle levitettävän voiteen määrästä. Määritettäessä aurinkovoiteen suojakerrointa laboratoriossa, voidetta levitetään  $2 \text{ mg/cm}^2$ , joka vastaa noin teelusikallista aurinkorasvaa neliösenttimetriä kohti. Yleensä ihmiset levittävät kuitenkin iholleen huomattavasti vähemmän suojavoidetta, kuin testiolosuhteissa suojakerrointa määritettäessä on käytetty. Jos aurinkovoidetta on levitetty iholle liian vähän, myös aurinkorasvan teho on pienempi ja täten sen tarjoama suojavaikutus jää huomattavasti pienemmäksi kuin pakkauksessa ilmoitettu suojakerroin.

Suojavoiteita käytettäessä niitä tulee levittää runsaalla kädellä 15–30 minuuttia ennen aurinkoon siirtymistä ja lisättävä rasvaa 15–30 minuutin auringossa oleskelun jälkeen. Näin iholle saadaan levitettyä kaksi kerrosta suojaavaa voidetta jo UV-altistuksen alussa. Mikäli rasva kuluu pois uinnin, urheilun, ihon hankaamisen, esimerkiksi pyyhkeellä kuivaamisen yhteydessä tai voimakkaasti hikoiltaessa, aurinkosuojavoidetta on luonnollisesti lisättävä.

Alle kaksivuotiaiden iholle ei suositella käytettävän suojavoiteita lainkaan, koska ohuen ihon läpi saattaa imeytyä aurinkorasvoissa olevia kemiallisia suoja-aineita. Lisäsuojana vanhemmille lapsille voi käyttää lapsille suunniteltuja aurinkorasvoja, joiden suojauskyky perustuu fysikaaliseen suodatimeen eli sinkki- ja titaanidioksidisiin. Pääasiallisesti lasten iho tulisi kuitenkin suojata vaatteilla ja varjolla.

## UV-säteiltä suojautuminen vaatteilla

Vaatteet tarjoavat parhaan suojan auringon UV-säteitä vastaan. Kesävaatteet on usein valmistettu puuvillasta, silkistä, pellavasta ja suosituimpia ovat kevyet luonnonmateriaalit. Parhaan UV-suojan antavat löyhästi ja ilmastavasti laskeutuvat vaatteet, jotka eivät ole aivan ihon pinnassa kiinni.

Kankaiden keskinäinen vertailu on usein vaikeaa, koska kankaan tarjoamaan UV-suojaan vaikuttavat monet seikat. Kankaan tarjoama suojavaikutus riippuu suuresti kankaan paksuudesta, läpikuultavuudesta ja siitä kuinka huokoista kangas on. Paksumpi kangas suojaa UV-säteiltä paremmin kuin ohut tai läpikuultava. Tummat kankaat absorboivat paremmin UV-säteitä kuin vaaleat kankaat, samoin kuin valkaisemattomat puuvilla- ja silkikankaat, sillä langoissa olevat luonnonpigmentit ja muut epäpuhtaudet absorboivat UV-säteilyä. Myös kankaan valmistustekniikalla on väliä eli onko kangas kudottu vai neulottu. Kudotusta kankaasta valmistetut vaatteet tarjoavat paremman UV-suojan, koska neuloksessa lankojen väliin jää suurempia "reikiä" eli huokosia, joista UV-säteily pääsee vaivattomasti tunkeutumaan iholle. Useat tekstiilit myös venyvät päälle puettaessa. Tämä laskee kankaan UV-suojaa, koska kankaan huokokset suurenevät ja päästävät lävitseen enemmän UV-säteilyä.

Myös kankaan kosteudella on merkitystä. Tämä on huomionarvoista, sillä kesällä vaatteet kostuvat helposti hikoillessa ja vesileikeissä. Kankaan UV-säteitä ja näkyvää valoa heijastavat ominaisuudet laskevat kankaan kastuessa ja tästä syystä märkä kangas päästää enemmän optista säteilyä lävitseen. Kosteudesta johtuva heikentynyt UV-säteilyn pidätyskyky ei kuitenkaan ole lopullista, vaan kangas saa takaisin tarjoamansa UV-suojan kuivuttuaan. Puuvillakankaiden kohdalla on huomattu, että UV-säteilynsuoja jopa nousee pesujen yhteydessä; puuvilla kutistuu kuivuessaan ja tästä johtuen kangas tiivistyy eli kankaassa olevat huokokset pienenevät. Myös monet pyykinpesu- ja huuhteluaineet sisältävät optisia kirkasteita, joiden tehtävänä on kirkastaa kankaiden värejä ja lisätä valkoisen hohtavuutta. Optiset kirkasteet absorboivat eli imevät itseensä auringon valossa olevaa ultraviolettisäteilyä ja heijastavat kankaasta valoa.

Kankaiden tarjoamaan UV-suojaan eli Ultraviolet Protection Factoriin (UPF) on kiinnitetty viime aikoina suuresti huomiota ja tässä kirjassa sitä käsiteltiin tarkemmin edellisessä luvussa 6.6 Suojautuminen ulkotöissä. Vaatteen tarjoama UPF-suojakerroin vertautuu suoraan aurinkorasvojen SPF:ään. Eräässä tutkimuksessa havaittiin, että yli 90 prosenttia kesävaatteissa käytetyistä kankaista tarjoaa yli 10 UPF:n suojan ja 80 prosenttia tarjoaa yli 15 UPF:n suojan. Hyvin monet kesävaatteet antavatkin erittäin

hyvän suojan UV-säteilyä vastaan. Maailmalla kehitetään myös entistä parempia kangassekoitteita, joiden UV-suoja on korkea. Esimerkiksi puuvillan UPF-arvoa on saatu kohotettua sekoittamalla siihen polyesteriä, jolloin sen tarjoama suoja UV-säteitä vastaan on noussut. Kankaan tarjoamaa UV-suojaa voidaan lisätä myös jälkikäteen lisättävillä erityisillä UV-suojilla.

## Muista suojata silmät

Kroonisella UV-altistumisella on havaittu olevan yhteys harmaakaihin kehittymiseen silmän mykiöön. Silmien suojaaminen aurinkolaseilla on tarpeen ja lasten silmien suojaaminen on erityisen tärkeää. Suotavinta on käyttää aurinkolaseja, jotka suojaavat silmät myös sivulta tulevalta säteilyltä, jonka osuus voi olla jopa 10–25 prosenttia koko säteilystä. Pelkkä edestä tulevan UV-säteilyn tehokaskaan vaimentaminen ei siten riitä, vaan voi olla ääritapauksessa jopa vahingollista, koska lasien käyttö laajentaa mustuaista ja näin lisää mykiön altistumista sivusta tulevalle säteilylle. Myös kevät-hangille kannattaa varata mukaan aurinkolasit ja ehkäistä niillä lumesta heijastuvan UV-säteilyn aiheuttama akuutti ja kivulias silmän sarveis- ja sidekalvon tulehdus, lumisokeus.

## KIRJALLISUUTTA

### Aurinko

ACIA, Arctic Climate Impact Assessment - Scientific Report. Cambridge University Press, New York, 2005. <http://www.acia.uaf.edu>

Huurto L, Jokela K, Jansén C. Exposure of Finnish population to solar UV radiation and consequent carcinogenic effects. In: Roos J (ed.). The Finnish research programme on climate change. Publications of the Academy of Finland 4/96: 104–109. Edita, Helsinki, 1996.

Jalarvo V. Suomalaisten solariuminkäyttö. STUK-A181. Helsinki, 2000.



NASA. Studying Earth's Environment From Space. Nasa Textbook June 2000. <http://www.ccpo.odu.edu/SEES/index.html>

WMO, Scientific Assessment of Ozone Depletion:1991 Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 25, 1992.

WMO, Scientific Assessment of Ozone Depletion:1994 Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 37, 1994.

WMO, Scientific Assessment of Ozone Depletion:1998 Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 44, 1999.

WMO, Scientific Assessment of Ozone Depletion:2002 Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 47, 2003.

WMO, Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 50, 2007.

### Solariumlaitteet

Diffey BL. A quantitative estimate of melanoma mortality from ultraviolet A sunbed use in the U.K., *British Journal of Dermatology*, 149: 578–581, 2003.

Hoikkala M, Lappalainen J, Leszczynski K, Paile W. Väestön altistuminen ultraviolettisäteilylle Suomessa ja säteilymittaukset. STUK-A85. Helsinki, 1990.

Jalarvo V. Suomalaisten solariuminkäyttö. Pro gradu-tutkielma. STUK-A181. Helsinki, 2000.

Jalarvo V, Visuri R, Huurto L. Solariumien käyttöpaikkatarkastukset 1998–1999. STUK-B-STO 45. Helsinki, 2001.

SFS-EN 60 335-2-27:1997 Safety of household and similar electrical appliances, Part 2: Particular requirements for appliances for skin exposure to ultraviolet and infrared radiation.

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

SS-ohje 9.1 Solariumlaitteiden ja aurinkolamppujen säteilyturvallisuusvaatimukset ja tyyppitarkastus. Helsinki, 1989.

ST-ohje 9.1 Solariumlaitteiden säteilyturvallisuusvaatimukset ja valvonta. Helsinki, 2003.

STUKin internet-sivut osoitteessa [http://www.stuk.fi/ihminen\\_ja\\_sateily](http://www.stuk.fi/ihminen_ja_sateily)

Säteilylaki (592/1991).

Veieröd MB, Weiderpass E, Thörn M, Hansson J, Lund E, Armstrong B, Adami HO. A prospective study of pigmentation, sun exposure, and risk of cutaneous malignant melanoma in women. *Journal of National Cancer Institute*, 95:1530–1538, 2003.

Visuri R, Leszczynski K, Huurto L, Jokela K. Solariumlaitteiden ja aurinkolamppujen tarkastukset vuosina 1989–92. STUK-B-STO 27. Helsinki, 1992.

### Valohoitolaitteet

Guidelines for topical PUVA: a report of a workshop of the British Photodermatology Group. *British Journal of Dermatology*, 142: 22–31, 2000.

Huurto L, Leszczynski K, Visuri R, Ylianttila L, Jokela K. Valohoitolaitteet, niiden UV-säteily ja valohoitosten laadunvarmistus. Lääkelaitoksen julkaisusarja. Helsinki, 4/1998.

Ylianttila L, Huurto L, Visuri R, Jokela K. UV-valohoitolaitteiden laadunvarmistuksen käytännön menetelmien kehittäminen. Lääkelaitoksen julkaisusarja. Helsinki, 4/2005.

### UV-lamput

Cayless MA, Marsden AM, toim. *Lamps and Lighting*. Australia, 1983.

CIE. *Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems*. CIE Standard S009/E, (Vienna: CIE), Wien 2002.

Halonen L, Lehtovaara J. *Valaistustekniikka*. Otatieto Oy. Jyväskylä, 1992.

ICNIRP/ILO/WHO. Protecting Workers from UV Radiation; A Joint ICNIRP/WHO/ILO on line publication 14/2007; 2007.

ICNIRP Statement. Fluorescent Lighting and Malignant Melanoma. Health Physics, 58(1): 111–112; 1990.

Whillock M, Clark IE, McKinlay AF, Todd CD, Mundy SJ. Ultraviolet radiation levels associated with the use of fluorescent general lighting, UV-A and UV-B lamps in the workplace and home. NRPB-R221, Chilton, 1988.

#### Hitsausprosessien aiheuttama UV-säteily

Hietanen M, Engström P, Kauhaniemi P, Mäkinen H. Ultraviolettisäteilyn ja otsonin haitat ja torjunta alumiinihitsauksissa. Tutkimusraportti. Työterveyslaitos, Helsinki, 1997.

Lepola, P, Makkonen, M. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. WSOY, Helsinki, 2005.

#### Suojautuminen UV-säteilyltä työympäristössä

Hietanen M, von Nandelstadh P, Hämäläinen A-M. Kaksoissuodattimella varustettujen hitsaussuojainten suojausominaisuuksien arviointi. Loppuraportti. Työterveyslaitos, Helsinki, 2002.

#### UV-säteilyltä suojautumiseen yleiset periaatteet

Davis S, Capjack L, Kerr N, Fedosejevs R. Clothing as protection from ultraviolet radiation: which fabric is most effective? International Journal of Dermatology 36: 374–379, 1997.

Diffey BL. Sun protection with clothing. British Journal of Dermatology, 144(3): 449–450, 2001.

Diffey BL. When should sunscreen be reapplied? Journal of American Academy of Dermatology, 45: 882–885, 2001.

Hoffman K, Laperre J, Avermaete A, Altmayer P, Gambichler T. Defined UV Protection by Apparel Textiles. Archives of Dermatology, 137: 1089–1094, 2001.