



Hanna-Mari Nieminen

## **VASTASYNTYNEEN HYPERBILIRUBINEMIAN VALOHOITO**

VALOHOITOLAITTEIDEN SÄTEILYTEHON MITTAAMINEN

# **VASTASYNTYNEEN HYPERBILIRUBINEMIAN VALOHOITO**

VALOHOITOLAITTEIDEN SÄTEILYTEHON MITTAAMINEN

Hanna-Mari Nieminen  
Opinnäytetyö  
Syksy 2012  
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Hyvinvointiteknologia

---

Tekijä: Hanna-Mari Nieminen  
Opinnäytetyön nimi: Vastasyntyneen hyperbilirubinemian valohoito - Valohoitolaiteiden säteilytehon mittaaminen

Työn ohjaaja: Jukka Jauhiainen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2012 Sivumäärä: 45 + 1 liite

---

Opinnäytetyön aiheena oli vastasyntyneen hyperbilirubinemian valohoito ja valohoitolaiteiden säteilytehon mittaaminen. Työn aihe oli peräisin Pedihealth Oy:ltä, joka maahantuo valohoitolaitteita. Työssä haluttiin saada selville, onko eri valohoitolaiteiden säteilytehossa eroja ja onko säteilyteho riittävä valohoidon kannalta.

Tutkimukseen haettiin tietoa alan kirjallisuudesta ja laitteiden käyttöohjeista. Tutkimus suoritettiin mittaamalla valohoitolaiteiden valonlähteen emittoimaa valoa radiometrillä. Mittaukset suoritettiin 11:lle eri valohoitolaitteelle, joista osa oli Pedihealth Oy:n laitteita ja osa käytössä Oulun yliopistollisen sairaalan vastasyntyneiden teho- ja hoitoyksikössä.

Tuloksena saatiin valohoitolaiteiden spektrinen irradianssi ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ), joka kuvaa laitteen tuottaman, tietyn aallonpituusalueen säteilyn voimakkuutta pinta-alaa kohti. Valohoitolaiteiden mitattuja säteilytehoja verrattiin suositustasoihin ja laitevalmistajan ilmoittamiin arvoihin. Lisäksi arvioitiin laitteiden efektiivisen alueen kokoa ja säteilylähdettä.

Tuloksista nähtiin, että valohoitolaiteiden ja valonlähdetyyppien säteilytehojen välillä on eroja eivätkä intensiivihoidon suositusarvot aina täyttyneet, Vastasyntyneen hyperbilirubinemian intensiivisessä hoidossa tehokkaalla valohoidolla on merkitystä. Valohoidon tehostamiseksi suositellaan käytettävän useita valonlähteitä samanaikaisesti. Valohoidon tehokkuuden kliinisestä tutkimuksesta olisi myös hyötyä.

---

Asiasanat:

Bilirubiini, hyperbilirubinemia, keltaisuus, sinivalohoito, spektrinen irradianssi

## **ALKULAUSE**

Haluan esittää kiitokset Pedihealth Oy:lle ja erityisesti Seppo Similälle, mielekkästä opinnäytetyöstä. Kiitos työn ohjaamisesta Oulun seudun ammattikorkeakoulun yliopettaja Jukka Jauhiaiselle ja kielenhuollosta Pirjo Partaselle.

Kiitokset perheenjäsenille ja erityisesti Lunalle, joka työpöydällä kehräsi kilpaa tietokoneen kanssa.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	10
2 VASTASYNTYNEEN KELTAISUUS	11
2.1 Bilirubiini	11
2.2 Bilirubiinin poistuminen elimistöstä	11
2.3 Vastasyntyneen keltaisuus ja hyperbilirubinemia	13
3 VALOHOITO	15
3.1 Bilirubiinin hajoaminen valon vaikutuksesta	15
3.2 Vastasyntyneen valohoito	17
3.3 Valohoidossa käytettävät valonlähteet	19
3.3.1 Loisteputket	19
3.3.2 Halogeeni- ja metallihalidilamput	20
3.3.3 Ledit	21
3.4 SäteilYTEHO	22
3.4.1 Irradianssi	23
3.4.2 Spektrinen irradianssi	23
3.5 SäteilYN EFektiivinen alue	24
3.6 Vastasyntyneen ihon pinta-ala	24
4 LAITTEET	25
4.1 Radiometri	25
4.2 Valohoitolaitteet	26
4.2.1 Bilitron 3006	27
4.2.2 Bilitron Sky 5006	28
4.2.3 Bilicot Led	28
4.2.4 Bililed Mini	29
4.2.5 Bilisoft Led	29
4.2.6 Bili-Compact 1816	30
4.2.7 Photo-Therapy 4000	31

4.2.8 Amelux	31
4.2.9 Babytherm 8010	32
4.2.10 Giraffe Spot PT Lite	33
4.2.11 Biliblanket Plus	34
5 LAITTEIDEN MITTAAMINEN	35
5.1 Mittaustilanteet	35
5.2 Mittaamiseen vaikuttavat tekijät	36
6 TULOKSET	37
6.1 Mittaustulokset	37
6.2 Tulosten vertailu suositustasoihin	38
6.3 Laittevalmistajan ilmoittama säteilyteho	39
6.4 Valonlähde	39
6.5 Efektiivinen alue	39
7 POHDINTA	41
LÄHTEET	43
Liite 1 Valohoitolaitteet	

## SANASTO

Aallonpituus	riippuu valon nopeudesta ja taajuudesta; näkyvän valon aallonpituus välillä 400–700 nm
ABO-immunisaatio	raskauden aikainen tilanne, joka syntyy äidin ja sikiön veriryhmäepäsopivuudesta.
Absorptio	aineen tai energian imeytyminen toiseen aineeseen
Aivoverieste	fysiologinen este, joka säätelee erilaisten aineiden pääsyä verenkierrosta aivosoluihin; tarkoituksena estää haitallisten aineiden pääsy keskushermostoon
Bilirubiini	hemoproteiinien hajotessa vapautuva rasvaliukoinen aineenvaihduntatuote
Emissio	säteily; energian siirtyminen säteilylähteestä ympäristöön tai kohteeseen
Efektiivinen alue	alue, jossa pienin säteilytehon arvo on vähintään 40 % säteilytehon maksimiarvosta
Enterohepatiittinen kiertokulku	kierto, jossa sappihappo kiertää suoliporttilaskimo-maksa-sappi-suoli-reittiä
Hemolyysi	punasolujen hajoaminen
Hyperbilirubinemia	bilirubiinin normaalia korkeampi pitoisuus veressä

Inkubaattori	keskosten hoitoon käytetty erityislaitteistolla varustettu suojakaappi, jonka sisäilman lämpötilaa, kosteutta ja happipitoisuutta voidaan säädellä
Irradianssi	saapuva säteily, säteilytysvoimakkuus, jonka yksikkö on $W/m^2$
Isomeeri	molekyylejä, joiden rakenne on erilainen mutta molekyylikaava samanlainen; isomeerien fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet poikkeavat toisistaan
Isomeraasi	molekyylin atomien uudelleen järjestyminen
Kernikterus	aivotumakkeisiin kertyneen bilirubiinin aiheuttama tumakevaurio eli krooninen bilirubiinienkefalopatia
Konjugaatio	konjugaatiossa vieraaseen aineeseen liittyy jokin aineenvaihdunnan tuote, jolloin sen rakenne muuttuu ja vesiliukoisuus kasvaa
nm	nanometri on metrin miljardisosa eli $10^{-9}$ m
Noninvasiivinen	kajoamaton hoito- tai tutkimusmenetelmä, jossa kehoon ei tunkeuduta
Radiometri	säteilymittari, joka mittaa sähkömagneettisen säteilyn määrää
Rh-immunisaatio	raskauden aikainen tilanne, jossa Rh-positiivisen sikiön verisoluja pääsee Rh-negatiivisen äidin vereen



Spektri

tarkoittaa yleisesti havaitun suureen jakautumista komponentteihin aallonpituuden, taajuuden tai energian suhteen

Spektrinen irradianssi

aallonpituudesta riippuva saapuva säteily, jonka yksikkö on  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$

# 1 JOHDANTO

Arviolta puolet vastasyntyneistä kellastuu ensimmäisen elinviikon aikana, ja osalle heistä kehittyy hoitoa vaativa hyperbilirubinemia. Spesifisen aallonpituusalueen valohoito on ollut ensisijainen hoitomuoto vastasyntyneen keltaisuuden hoidossa jo vuosikymmeniä. Valohoidon tehtävänä on ehkäistä vakava aivovaurio, joka voi seurata korkeasta bilirubiinipitoisuudesta.

Valohoitolaitteita on useilta eri valmistajilta ja niissä käytetään nykyisin valonlähteenä loisteputkia, halogeeni- ja metallihalidilamppuja sekä ledejä. Valohoitolaitteiden valo voi olla sinisen lisäksi myös valkoista. Valohoitolaitteet asetetaan vastasyntyneen ylä- tai alapuolelle. Valokuitutyyny voidaan asettaa suojan kanssa suoraan ihoa vasten. Eri valonlähteitä voidaan käyttää myös yhdessä valohoidon tehostamiseksi.

Työssä tutustuttiin 11 eri valohoitolaiteeseen, joista osa on Pedihealth Oy:n maahantuomia laitteita ja osa käytössä Oulun yliopistollisen sairaalan vastasyntyneiden teho- ja hoitoyksikössä. Tavoitteena oli mitata valohoitolaitteiden säteilytehot, joita verrattiin suositustasoihin ja laitevalmistajan ilmoittamiin arvoihin. Lisäksi arvioitiin laitteiden efektiivisen alueen kokoa ja säteilylähdettä.

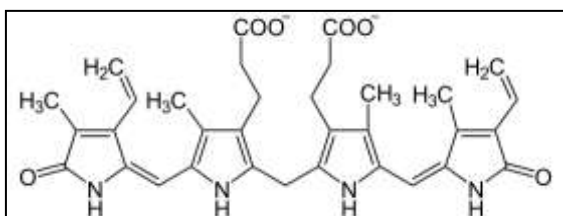
Opinnäytetyön aihe on peräisin Seppo Similältä, joka on Pedihealth Oy:n lääketieteellinen johtaja sekä lastenlääkäri. Pedihealth Oy on oululainen lastentarvikkeiden, terveyden- ja sairaanhoidon välineiden valmistaja sekä toimittaja, joka on perustettu vuonna 1986.

## 2 VASTASYNTYNEEN KELTAISUUS

Vastasyntyneen keltaisuudella tarkoitetaan tilaa, jossa bilirubiinia kertyy liikaa vastasyntyneen elimistöön aiheuttaen selvästi havaittavaa ihon keltaisuutta. Ihon poikkeava keltaisuus johtuu vastasyntyneen punasolujen normaalia lyhyemmästä eliniästä ja maksan epäkypsästä konjugaatio toiminnasta. Keltaisuutta esiintyy yli puolella vastasyntyneistä ensimmäisen elinviikon aikana ja osalle heistä kehittyä hoitoa vaativa hyperbilirubinemia. Suurentunut bilirubiiniarvo on vahingollista vastasyntyneen aivoille. Se voi aiheuttaa vaikean aivojen basaaliosan vaurion tai pahimmassa tapauksessa kuoleman. (1; 2.)

### 2.1 Bilirubiini

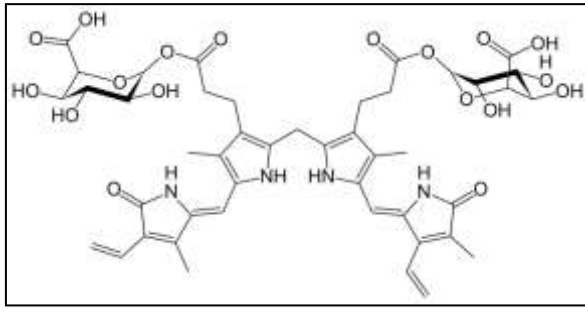
Vanhetessaan tai vaurioituessaan punasolut hajoavat, jolloin vereen vapautuu bilirubiinia. Bilirubiini on rasvaliukoinen yhdiste, jonka kemiallinen kaava on  $C_{33}H_{36}N_4O_6$  (kuva 1). Tätä kutsutaan konjugoimattomaksi bilirubiiniksi, joka ei poistu elimistöstä sellaisenaan. Bilirubiini konjugoituu maksassa, johon se kulkeutuu plasman albumiinin mukana. (3.)



KUVA 1. Bilirubiinin rakennekaava (3)

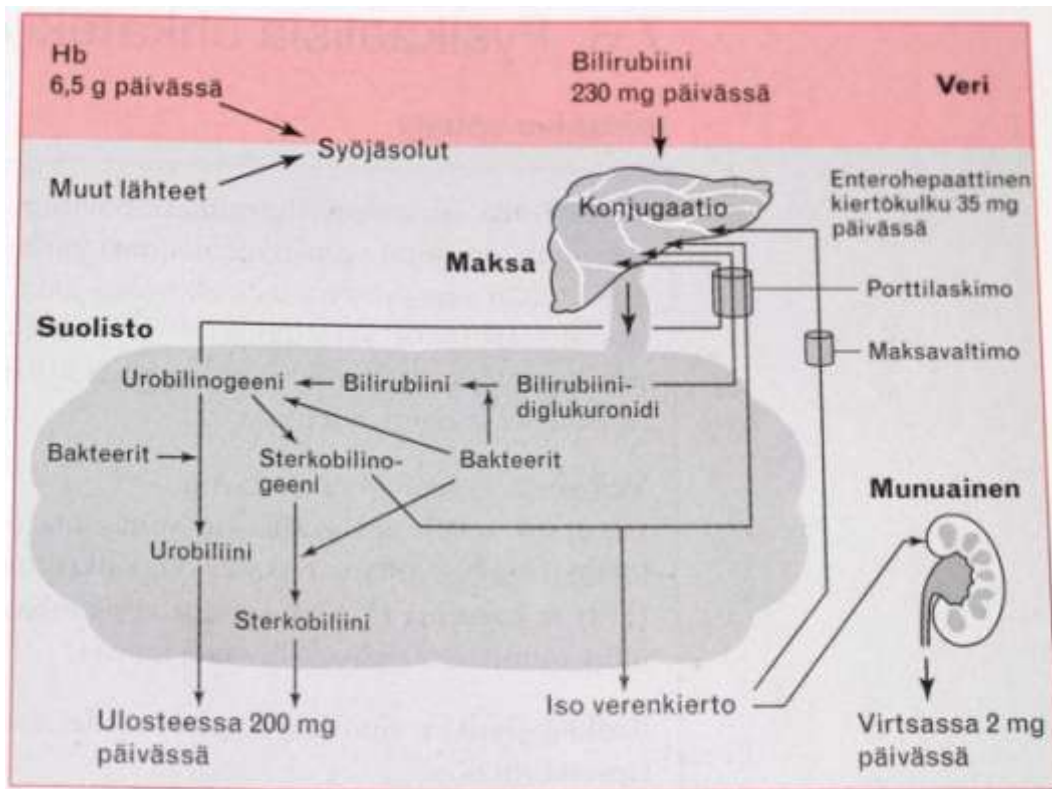
### 2.2 Bilirubiinin poistuminen elimistöstä

Bilirubiini konjugoituu maksassa glukurohapon entsyymien UDP-glukuronyylitransferaasin eli UGT:n vaikutuksesta muodostaen vesiliukoisen yhdisteen bilirubiinidiglukuronidin,  $C_{45}H_{52}N_4O_{18}$  (kuva 2), jota kutsutaan konjugoituneeksi bilirubiiniksi. (3; 4.)



*KUVA 2. Bilirubiiniglukuronidin rakennekaava (5)*

Suurin osa konjugoituneesta bilirubiinista erittyy sapen kautta, yhtenä sappiväriaineena, ohutsuoleen ja pieni osa erittyy urobiliinä munuaisten kautta virtsaan. Osa konjugoituneesta bilirubiinista muuttuu suolistobakteerien vaikutuksesta urobilinogeeniksi, sterkobilinogeeniksi ja takaisin konjugoimattomaksi bilirubiiniksi. Osa näistä hapettuu edelleen sterkobiliiniksi ja urobiliiniksi, jotka poistuvat elimistöstä ulosteen mukana. Loput imeytyvät takaisin elimistöön ja palaavat maksaan käsiteltäviksi. Tätä kiertoa kutsutaan enterohepaattiseksi kiertokulkuksi, joka tarkoittaa sappihapon kiertoa välillä suoli-porttilaskimo-maksa-suoli. Kuvassa 3 havainnollistetaan enterohepaattinen kiertokulku ja bilirubiinin normaali poistuminen elimistöstä. (4.)



KUVA 3. Bilirubiinin normaali poistuminen (4)

### 2.3 Vastasyntyneen keltaisuus ja hyperbilirubinemia

Vastasyntyneen keltaisuus on yleinen ja tavallisesti vaaraton oire, joka ilmenee terveillä ja täysiaikaisilla lapsilla yleensä 1–3 vuorokauden kuluttua syntymästä. Tällöin keltaisuus on usein lievää ja häviää itsestään. Ennenaikaisesti syntyneillä lapsilla keltaisuutta esiintyy useammin ja se alkaa myöhemmin ja kestää kauemmin. Bilirubiinipitoisuuden kasvaessa korkeaksi puhutaan hyperbilirubinemiasta. (6.)

Tavallisesti keltaisuuden aiheuttaa maksan kypsymätön toiminta. Vastasyntyneen korkea punasolujen määrä, niiden lyhentynyt elinikä ja tästä johtuva lisääntynyt hemoglobiinin hajoaminen lisäävät bilirubiinin määrää elimistössä. Epäkypsä maksa ei pysty riittävästi käsittelemään hajoamistuotteita, jolloin elimistön bilirubiinipitoisuus kasvaa. Lisäksi vastasyntyneen suolistobakteerien puuttuminen hidastaa bilirubiinin poistumista elimistöstä. (6; 7.)

Punasolujen poikkeavan suuren hajoamisen eli hemolyysin taustalla on usein äidin ja lapsen veriryhmien erilaisuus. Rh- ja ABO-immunisaatiossa äidin elimis-

tö alkaa tuottaa vasta-aineita sikiöstä peräisin olevia punasoluja kohtaan. Vasta-aineet kulkeutuvat sikiöön ja alkavat tuhota sikiön punasoluja. Tästä aiheutuva keltaisuus alkaa nopeasti ja voimakkaasti ja voi vaatia verenvaihdon. Toisinaan keltaisuus voi johtua myös rintamaidosta ja saattaa kestää yli kuukauden, mutta se ei ole kuitenkaan vaarallista. (6; 7.)

Hoitamaton voimakas keltaisuus on vahingollista lapselle. Konjugoimaton bilirubiini voi läpäistä vastasyntyneen kehittymättömän aivoveriesteen ja kertyä aivotumakkeisiin. Tätä kutsutaan kernikterukseksi eli krooniseksi bilirubiinienkefalopatiaksi, joka voi hoitamattomana aiheuttaa lapselle pysyviä aivovaurioita tai jopa kuoleman. (8.)

Hyperbilirubinemia havaitaan ensimmäisenä ihon keltaisuutena. Bilirubiinipitoisuus voidaan määrittää laboratorionkokeella verinäytteestä ja bilirubiinimittarilla. Noninvasiivinen bilirubiinimittari määrittää ihon hiussuonissa kulkevan veren ja ihon bilirubiinipitoisuuden valon absorptio-ominaisuuksien perusteella. Bilirubiinimittarit antavat melko luotettavia tuloksia, mutta ennenaikaisesti syntyneiden syntyneiden lasten keltaisuuden mittaamiseen ei tämä menetelmä yksistään riitä. Hyperbilirubinemiaa hoidetaan ensisijaisen valohoidon lisäksi verenvaihdolla. Rh-immunisaation aiheuttamaa keltaisuutta ehkäistään immunoglobuliinihoidolla. (2.)

### 3 VALOHOITO

1950-luvulla Englannissa huomattiin, että runsaasti auringonvaloa saaneet vastasyntyneet välttyivät keltaisuuden aiheuttamilta haitoilta. Tästä kiinnostuneet tutkijat huomasivat, että bilirubiinimolekyylillä absorboi valoa tietyllä aallonpituusalueella muuttuen haitattomaan, liukoiseen muotoon. Sinisestä valosta kehittyi hoitomuoto keltaisuuden hoitoon, ja se on kaikkialla yleisesti käytössä. (7.)

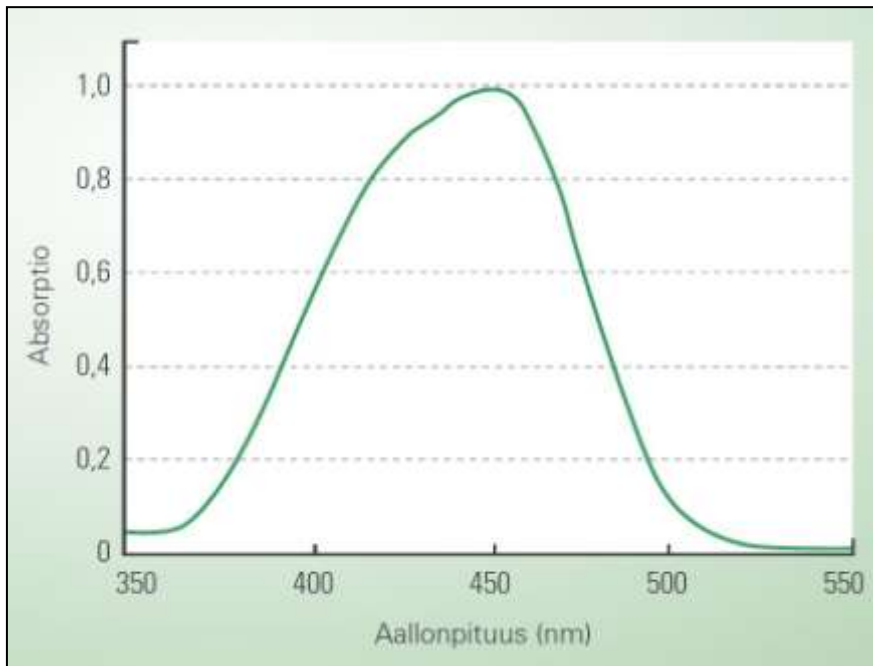
Vuosien varrella on kehitetty erilaisia laitteita vastasyntyneiden valohoitoon. Nykyään valohoitoon käytetään valaisimia, joissa valonlähteenä on loisteputkia, halogeenilamppu(ja), metallihalidilamppu(ja) tai ledejä. Nykyään on myös valohoitolaitteita, joiden valo on valkoista ja siten silmälle miellyttävämpää.

Hyperbilirubinemian valohoidon päätavoitteena on kernikteruksen eli suurentuneen bilirubiinipitoisuuden aiheuttamien pysyvien aivovaurioiden ehkäisy. (9.)

#### 3.1 Bilirubiinin hajoaminen valon vaikutuksesta

Bilirubiinimolekyylissä on neljä pyrollin kaltaista rengasta. Rakenne on samankaltainen levien ja kasvien valopigmenttien kanssa. Kun bilirubiinimolekyylillä joutuu kosketuksiin valon kanssa, kaksoisidokset isomeroituvat ja muodostuu liukoinen isomeeri. Ilmiötä hyödynnetään hyperbilirubinemian hoidossa. (9.)

Kuvasta 4 havaitaan, että bilirubiinimolekyylillä absorboi parhaiten valoa, jonka aallonpituus on noin 450 nm. Valohoidossa käytetään valoa, joka sisältää valoa laajemmalla aallonpituusalueella, esimerkiksi 420–480 nm. Aallonpituuden kasvaessa valo tunkeutuu syvemmälle ihokudokseen, jolloin valohoito tehostuu. (10, s. 266–268.)

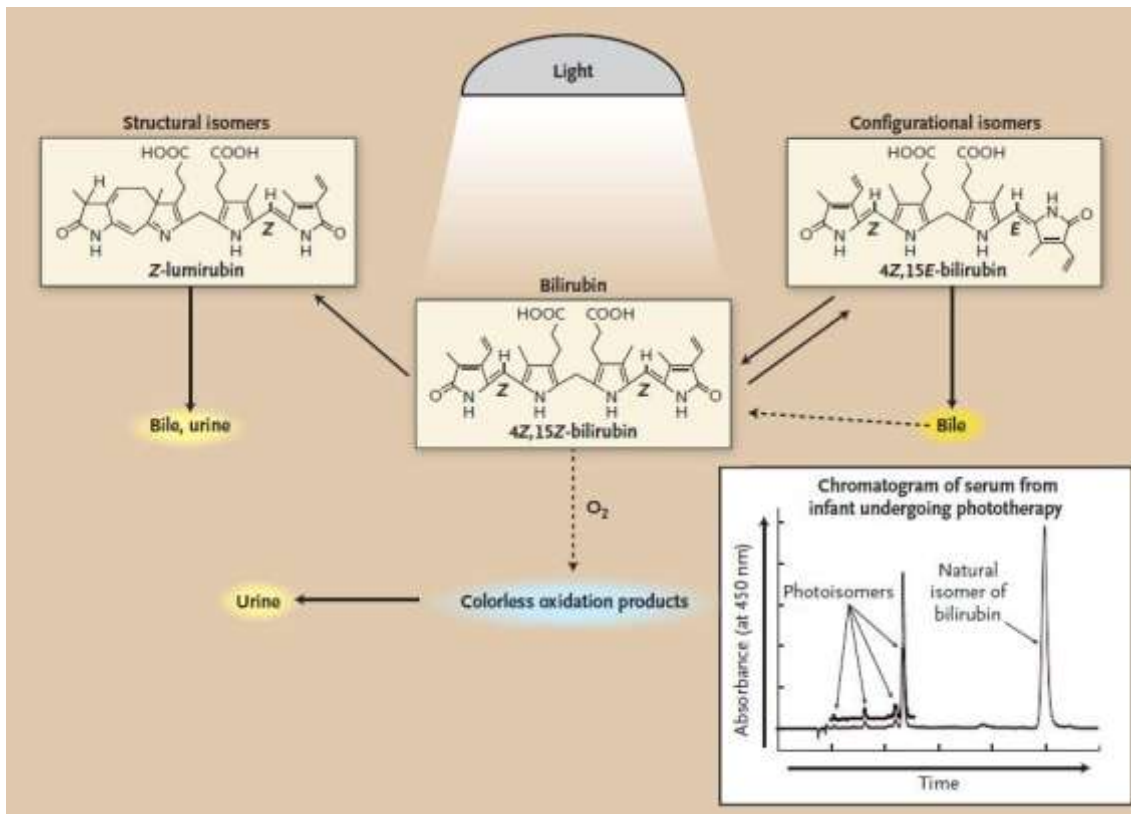


KUVA 4. Bilirubiinin absorbtiospektri (10)

Valohoidossa käytettävä valo vaikuttaa suoraan ihon läpi kahden millimetrin syvyyteen asti. Valo absorboituu ihoon kertyneeseen ja pintaverisuonien veressä kiertävään bilirubiinimolekyyliin. Valon vaikutuksesta bilirubiini muuttuu isomeereiksi, jotka voivat poistua elimistöstä sapsen ja virtsan mukana, ilman maksassa tapahtuvaa konjugaatiota. (10, s. 266–268; 11.)

Kuvassa 5 havainnollistetaan valohoidon vaikutus bilirubiiniin (4Z,15Z-bilirubiini). Absorboidessaan valoa voi bilirubiinimolekyylin rakenne muuttua 4Z,15E-bilirubiiniksi, joka voi muuttua takaisin bilirubiiniksi tai erittyä sappeen. Bilirubiini voi muuttua myös Z-lumirubiiniksi, joka erittyy sappeen ja virtsaan. Pieni osa bilirubiinista muuttuu värittömiksi hapetustuotteiksi, jotka erittyvät virtsaan. Kromatogrammissa nähdään valohoidon aikana syntyneet valoisomeerit (photoisomers). Valoisomeerejä ilmenee myös aikuisen ihmisen veressä aurin-  
gonoton jälkeen. (11.)

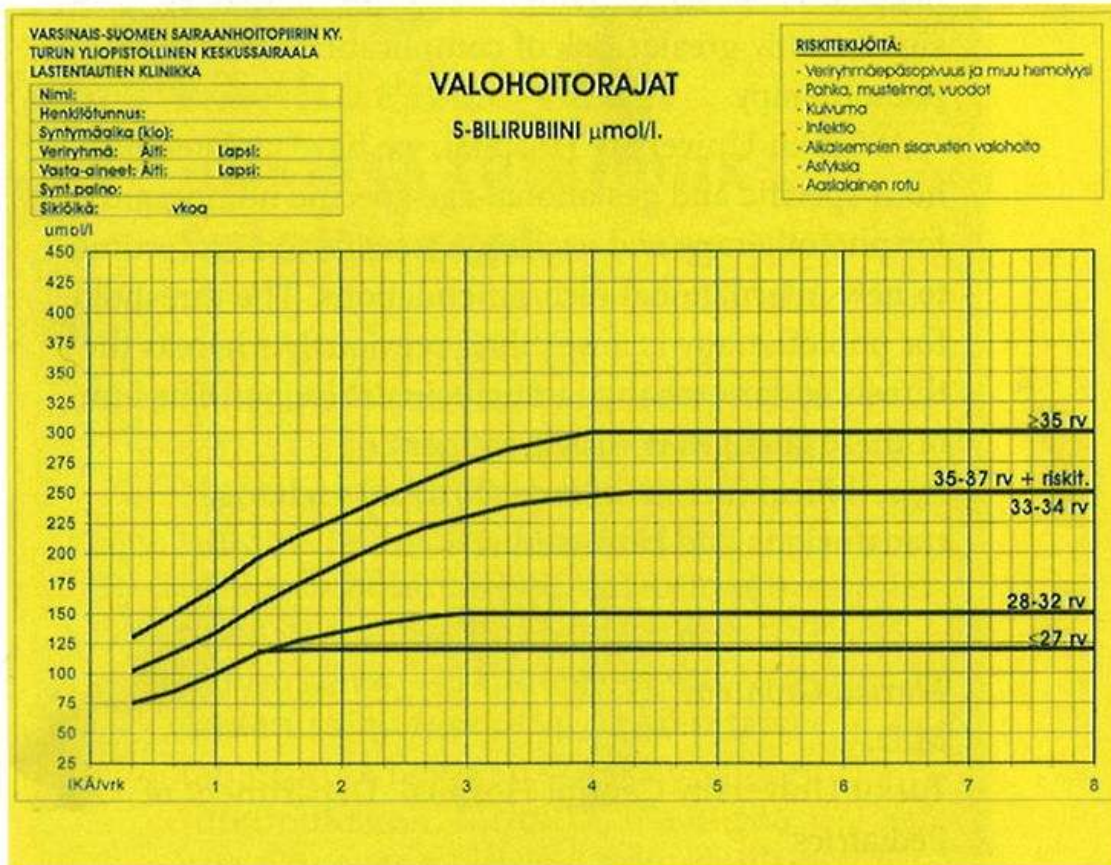




KUVA 5. Valohoidon vaikutus bilirubiiniin (11)

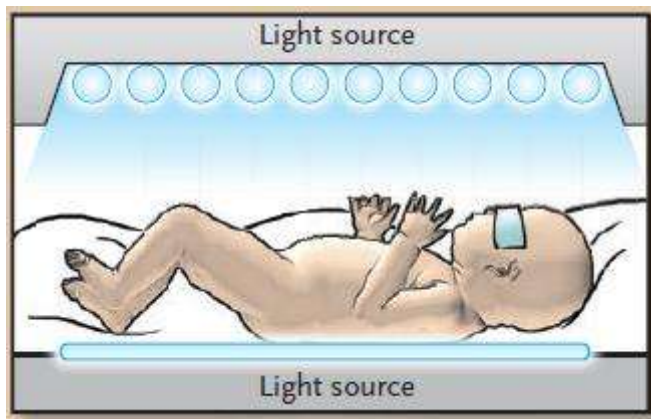
### 3.2 Vastasyntyneen valohoito

Vastasyntyneen valohoito aloitetaan, kun bilirubiinipitoisuus on kohonnut normaaliarvoista. Kuvasta 6 nähdään valohoitorajat vastasyntyneelle. Valohoidon aloittamiseen vaikuttavat vastasyntyneen bilirubiinipitoisuus, ikä, syntymähetken raskausviikko ja riskitekijät. Yleensä valohoito kestää 1–3 päivää tai kunnes pitoisuus on riittävästi laskenut. Valohoidon aikana vauva on ilman vaatteita ja silmät suojattuna. (10, s. 266–268.)



KUVA 6. Valohoitörajat (2)

Valohoitoa voidaan antaa vastasyntyneelle loisteputki-, halogeeni-, metallihaliditai led-valojen avulla. Valokuitumatolla voidaan ohjata valoa lähemmäs ihon pintaa ja useita valohoitolaitteita voidaan käyttää yhdessä valohoidon tehostamiseksi (kuva 7). Keltaisuuden valohoitoon vaikuttavat bilirubiinipitoisuuden lisäksi muun muassa sikiön ikä, vauvan ikä ja paino. Valohoidon tehokkuus riippuu laitteesta, käytettävän valon aallonpituudesta, säteilyn voimakkuudesta, etäisyydestä potilaaseen ja ihon sekä säteilyn pinta-alasta. (10, s. 266–268; 12.)



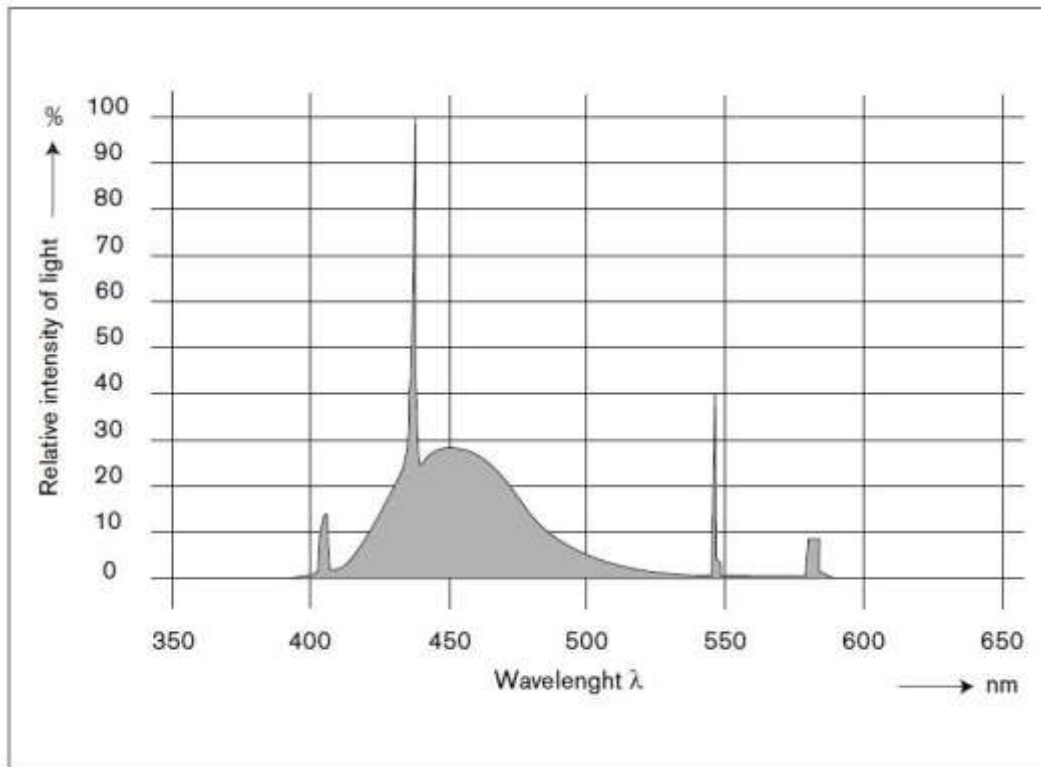
KUVA 7. Valohoitoa kahdella valonlähteellä (11)

### 3.3 Valohoidossa käytettävät valonlähteet

Valohoidossa käytetään nykyään valonlähteenä loisteputkia, halogeeni- ja metallihalidilamppuja sekä ledejä. Ennen valohoitolaitteet olivat sinivaloisia, mutta nykyään on laitteita, joissa on hoitoon tarkoitettu valonlähde tuottaa valkoista valoa. Laitteissa voi olla myös ”ei-hoitava” valonlähde tasapainottamassa spektriä, jotta työskentely olisi miellyttävämpää. Valohoidossa käytettävän valonlähteen säteilyteho tulee olla tavallisessa valohoidossa noin  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  ja intensiivisessä valohoidossa yli  $30 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ . Intensiivisen valohoidon tarkoituksena on mahdollisimman tehokkaasti laskea korkeaa bilirubiinipitoisuutta. (11; 13.)

#### 3.3.1 Loisteputket

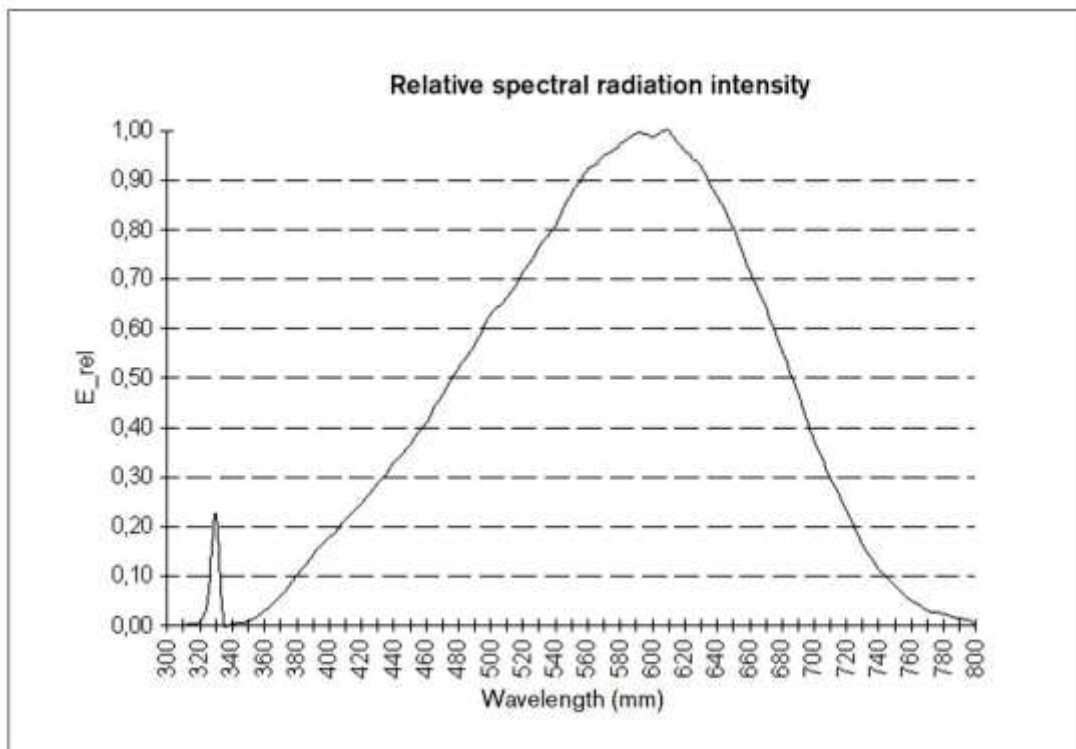
Loisteputket ovat yleisemmin käytettyjä lamppuja valohoitolaitteissa. Loisteputkia on erimallisia: suorita tai muotoon taivutettuja. Loisteputket ovat edullisia, mutta niiden intensiteetti heikkenee ajan myötä, joten ne tulisi vaihtaa 1000–2000 tunnin välein. Loisteputkia on saatavilla sinisellä ja valkealla valolla, eivätkä ne kuumene käytössä. Kuvassa 8 nähdään sinisen loisteputken spektri. (14.)



KUVA 8. Valohoitolaitteen loisteputken spektri (15)

### 3.3.2 Halogeeni- ja metallihalidilamput

Halogeeni- ja metallihalidilamppuja käytetään valaisevissa ja kuituohtisissa valohoitolaitteissa. Lamppujen valo on silmälle valkoista, koska sen spektri sisältää laajemman aallonpituusalueen sisältäen myös infrapunasäteilyä (kuva 8). Kuituohtisissa valohoitolaitteissa valo on sinistä, koska siitä suodatetaan tarpeettomat aallonpituudet pois. Halogeeni- ja metallihalidilamppujen intensiteetti ei olennaisesti heikkene iän myötä, mutta ne kuumenevat paljon käytössä ja ovat herkkiä särkymään. (14.)

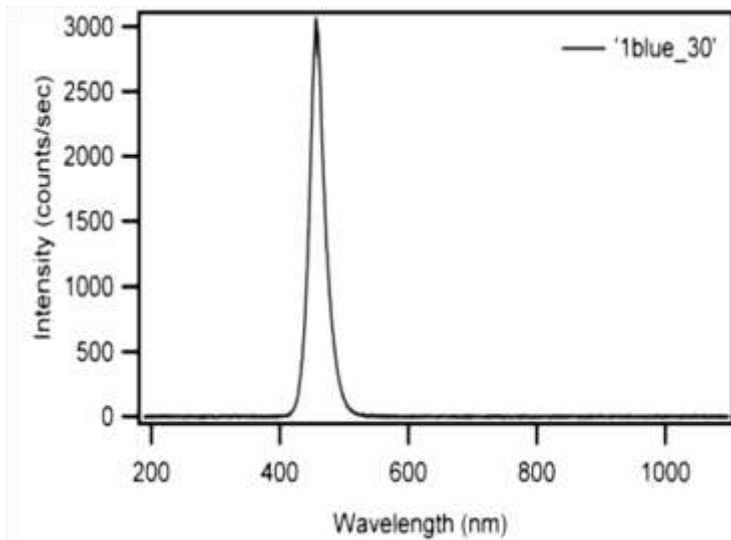


KUVA 9. Valohoitolaitteen halogeenilampun spektri (16)

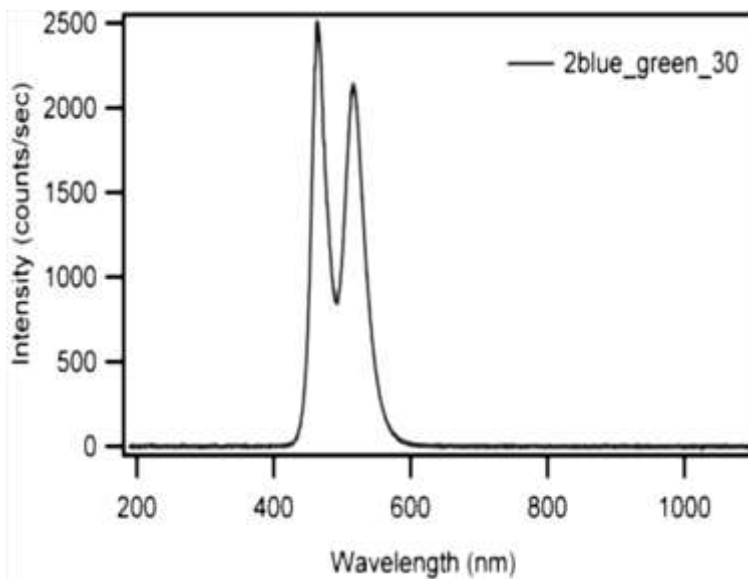
### 3.3.3 Ledit

Ledit edustavat uusinta tekniikkaa. Ne ovat edullisia ja pitkäikäisiä, vaihtoväli jopa 20 000 tuntia, ja eivätkä ne rikkoonnu helposti. Ledien tuottama valo on silmälle sinistä tai sini-vihreää (kuvat 10 ja 11) eivätkä ledit kuumene käytössä. Ledejä käytetään vastasyntyneen suorassa valaisussa ja kuituoptisissa valohoitolaitteissa. Ledien spektreistä nähdään, että aallonpituusalueet ovat kapeat verrattuna loisteputken ja halogeenin spektriin. (14.)

Led-valoihin perustuvissa valohoitolaitteissa voidaan käyttää ”superledejä”, jotka ovat erittäin tehokkaita usean pienen ledin muodostamia yksiköitä. Ne tuottavat valoa aallonpituusalueella 420–500 nm. (17.)



KUVA 10. Sinisen ledin spektri (18)



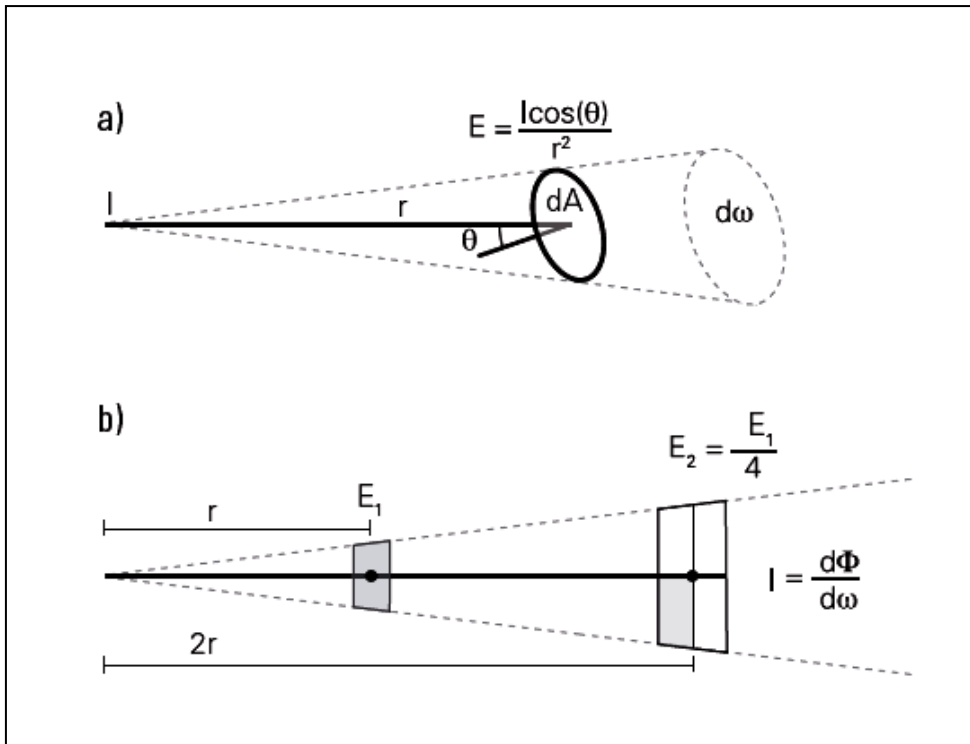
KUVA 11. Sinivihreän ledin spektri (18)

### 3.4 Säteilyteho

Valohoitolaitteen säteilyteho ilmoitetaan yleensä irradianssina tai spektrisenä irradianssina. Molemmat kuvaavat samaa asiaa; spektrinen irradianssi painotuu tiettyyn aallonpituusalueeseen ja irradianssi koko säteilyn spektriin.

### 3.4.1 Irradianssi

Irradianssi  $E$  kuvaa pinta-ala-alkiolle tulevaa säteilytehoa. Irradianssi riippuu säteilyn tulokulmasta ja etäisyydestä (kuva 12, kohta a). Saman kuvan kohdasta b havaitaan myös, että etäisyyden kaksinkertaistuessa pienenee irradianssi neljännekseen. Irradianssin yksikkö on  $W/m^2$ . (10, s. 26–28.)



KUVA 12. Irradianssi( $I$ ) riippuu säteilyn tulokulmasta ja etäisyydestä (10, s. 28)

### 3.4.2 Spektrinen irradianssi

Säteilyn riippuvuutta aallonpituudesta kuvataan spektrisellä irradianssilla. Spektrinen irradianssi  $E_\lambda$  saadaan derivoimalla irradianssi aallonpituusalueen yli (kaava 1). Spektrisen irradianssin yksikkö on  $\mu W/cm^2/nm$ . (10, s. 35–36.)

$$E_\lambda = \frac{dE}{d\lambda}$$

KAAVA 1

$E$ =irradianssi

$\lambda$ =aallonpituus

### 3.5 Säteilyn efektiivinen alue

Efektiivinen alue tarkoittaa pinta-alaa, jossa pienin säteilytehon arvo on vähintään 40 % säteilytehon maksimiarvosta eli  $E_{bi} > 0,4$ .  $E_{bi}$  lasketaan kaavalla 2. (19.)

$$E_{bi} = \frac{E_{bi \min}}{E_{bi \max}} \quad \text{KAAVA 2}$$

$E_{bi \max}$  = suurin säteilytehon arvo

$E_{bi \min}$  = pienin säteilytehon arvo

Laitevalmistaja ilmoittaa yleensä efektiivisen alueen pinta-alan yksikössä  $\text{cm}^2$  tai pituus x leveys, josta pinta-ala voidaan laskea.

### 3.6 Vastasyntyneen ihon pinta-ala

Täysiaikaisen vastasyntyneen ihon pinta-ala on keskimäärin  $2100 \text{ cm}^2$ , ja raskausviikolla 32 syntyneen pinta-ala on noin  $1300 \text{ cm}^2$ . Yläpuolelta tuleva valohoito vaikuttaa noin kolmannekseen ihon pinta-alasta (ihon efektiivinen alue), jolloin vastaavat luvut ovat  $700 \text{ cm}^2$  ja  $430 \text{ cm}^2$ . Valohoito tehoaa sitä paremmin, mitä isommalle ihon pinta-alalle se vaikuttaa. (13.)



## 4 LAITTEET

Valohoitolaite on sähköinen laite, joka emittoi valoa tietyllä aallonpituusalueella ja säteilyteholla. Valohoitolaitteet olennaisimmat osat ovat valonlähde ja valonlähteen käyttölaskuri. Lisäksi valohoitolaitteissa voi olla hoitoaikalaskuri, työvalo ja valotehon säädin. Valohoitolaitteita on monenkokoisia, eri valonlähteellä, ja ne ovat yleensä helposti liikuteltavia. Valohoitolaitteiden säteilytehon mittaamiseen käytetään radiometriä.

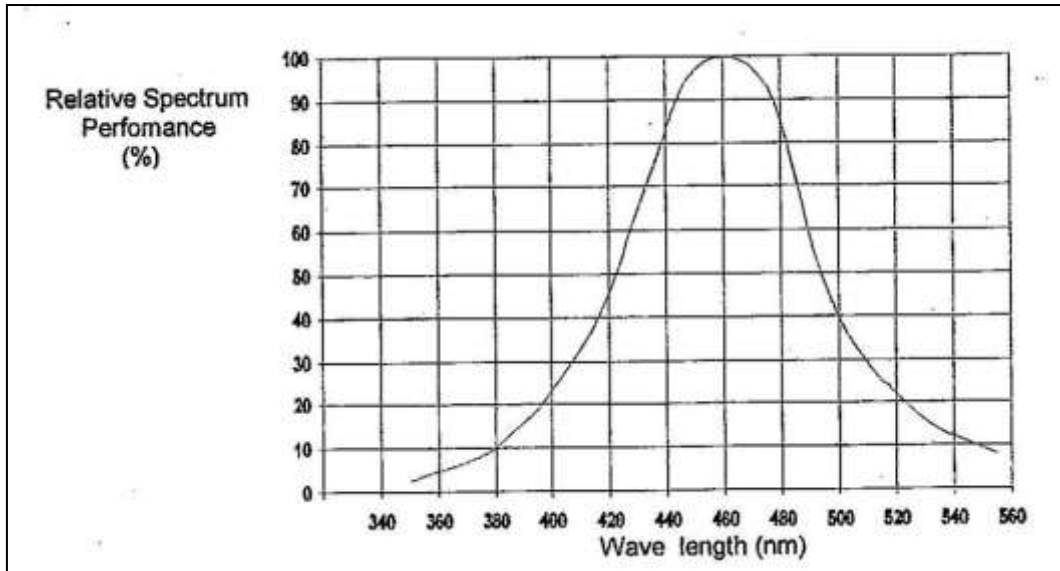
### 4.1 Radiometri

Sinivalohoitolaitteiden säteilytehon mittaamiseen käytettiin Fanemin radiometriä, mallia 2026 (kuva 13). Radiometri antaa aallonpituudesta riippuvan säteilytehon yksikössä  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , joka tarkoittaa spektristä irradianssia. (18; 20.) Laite on yksinkertainen käyttää: laite viedään säteilylähteen ala- tai yläpuolelle ja painetaan memo-painiketta, jolloin laite antaa näytölle tuloksen. Laite kalibroidaan sulkemalla radiometrin mittauspiste esimerkiksi sormella ja painamalla memo-painiketta, jolloin tuloksen tulee olla 0.



KUVA 13. Radiometri

Radiometrin säteilyä mittaava detektori (kuvassa 13 punaisella nuolella osoitettu) on spesifinen vain tietylle aallonpituusalueelle, joka vastaa valohoitolaitteiden tuottaman valon aallonpituusaluetta. Tässä työssä radiometrin mittaama aallonpituusalue on kuvan 14 mukainen.



KUVA 14. Radiometrin spektri (18)

## 4.2 Valohoitolaitteet

Valohoitolaitteista esitellään valmistajan ilmoittamia tietoja, kuten säteilyteho, efektiivinen alue ja valonlähde sekä muita ominaisuuksia, joilla on sinivalohoidon kannalta merkitystä. Lisäksi taulukkoon 1 on kirjattu tässä työssä mitattujen valohoitolaitteiden valonlähteet, valonlähteiden käyttötunnit ja laitteiden sarjanumerot.

## TAULUKKO 1. Mitatut valohoitolaitteet

Laite	Valonlähde	Valonlähteen käyttötunnit	Laitteen sarjanumero
Bilitron 3006	5 x LED	3422	MAG 72261
Bilitron Sky 5006	15 x LED	0	DAH 96076
Bilicot Led	10 x LED	0	BLC-11-02-061
Bililed Mini	10 x LED	0	BLM-10-01-004
Bilisoft Led	6 x LED	1917	HFAQ50252/ HFBQ50109
Bili-Compact 1816	10 x 9 W loisteputki	509	28310
Photo-Therapy 4000	4 x 18 W loisteputki	460	ARRH-0001
Amelux	6 x 18 W loisteputki	88	0646126
Babytherm 8010	6 x 50 W halogeeni	2	ASCE-0010
Giraffe Spot PT Lite	1 x 50 W metallihalidi	93	HEBN50040
Biliblanket Plus	1 x 100 W halogeeni	699	HDKE50719/ HEAE50764

Liitteessä 1 on opinnäyteyössä käsiteltyjen valohoitolaitteiden ominaisuuksia koottuna yhteen taulukkoon.

### 4.2.1 Bilitron 3006

Bilitron 3006:n valonlähteenä on viisi ”superlediä” (kuva 15), joiden käyttöikäksi laitevalmistaja Fanem ilmoittaa 20 000 tuntia. Valohoitolaitteen spektrinen irradianssi on 50–65  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , kun etäisyys hoidettavaan on 30 cm. Säteilytehon vaihteluväliksi ilmoitetaan  $\pm 10$  %. Tällä etäisyydellä säteilyn efektiivinen alue on 10,5 x 15,0 cm. Laitteen tuottaman valon aallonpituus on 425–500 nm. Laitteen säteilyteho on säädettävissä ja hoitoaika on seurattavissa näytöltä. Vähimmäisetäisyys hoidettavaan on 30 cm. Laite on kooltaan pieni, 11,6 x 23,0 x 5,0 cm (leveys, syvyys, korkeus), ja sitä voidaan käyttää yhdessä jalustan kanssa tai asettaa suoraan inkubaattorin päälle. (19.)



*KUVA 15. Biltron 3006 (19)*

#### **4.2.2 Biltron Sky 5006**

Biltron Sky 5006:n valonlähteenä on 15 "superlediä", joiden käyttöiäksi laitevalmistaja Fanem ilmoittaa 20 000 tuntia. Valohoitolaitteen spektrinen irradianssi on 45–65  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , kun etäisyys hoidettavaan 30 cm. Tällä etäisyydellä säteilyn efektiivinen alue on 30,0 x 16,0 cm. Laitteen tuottaman valon aallonpituus on 425–500 nm. Laitteen säteilyteho on säädettävissä ja hoitoaika voidaan seurata näytöltä. Vähimmäisetäisyys hoidettavaan on 30 cm. Laite on kooltaan 36,0 x 27,0 x 5,5 cm, ja sitä voidaan käyttää yhdessä jalustan kanssa tai asettaa suoraan inkubaattorin päälle. (21.)

#### **4.2.3 Bilicot Led**

Bilicot Led sisältää 10 led-yksikköä, joiden spektriseksi irradianssiksi laitevalmistaja Novos ilmoittaa 60  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , aallonpituusalueeksi 425–500 nm ja kestoiksi 20 000 tuntia. Valohoitolaitteen koko on 63,5 x 32,5 x 13,5 cm, ja sen alusta on kooltaan 58,0 x 29,0. Valohoitoaika voidaan seurata laitteen näytöltä. Valohoito tapahtuu pukemalla vastasyntynyt Bilisuit-pukuun ja asettamalla lapsi laitteeseen selälleen. Laitteen tuottama valo läpäisee puvun selkäpuolen verkon

ja pääsee näin vastasyntyneen iholle. (22.) Kuvasta 16 nähdään, että valo tulee alhaalta päin ja läpäisee puvun selkäosan.



*KUVA 16. Bilicot Led ja Bilisuit-puku*

#### **4.2.4 Bililed Mini**

Bililed Minin valonlähteenä on kymmenen ”superlediä”, joiden kestoksi laitevalmistaja Novos ilmoittaa 20 000 tuntia. Valohoitolaitteen spektrinen irradianssi on  $60 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , kun etäisyys hoidettavaan on 30 cm. Tällä etäisyydellä säteilyn efektiivinen alue on 20,0 x 15,0 cm. Laitteen tuottaman valon aallonpituus on 425–500 nm. Laitteen säteilyteho on säädettävissä ja hoitoaika voidaan seurata näytöltä. Laite on kooltaan 27,5 x 12,0 x 6,5 cm, ja sitä voidaan käyttää yhdessä jalustan kanssa tai asettaa suoraan inkubaattorin päälle. (23.)

#### **4.2.5 Bilisoft Led**

Bilisoft Led muodostuu valonlähdeyksiköstä, valokuitukaapelista ja valotyynystä. Valonlähteenä käytetään ledejä, joiden tuottama sininen valo on aallonpituudeltaan 430–490 nm. Valo johdetaan valokuitukaapelin avulla valotyynyyn, josta se pääsee absorboitumaan tyynynsuojan läpi hoidettavan iholle. Valotyynyjä on

kahta eri kokoa (kuva 17). Suuremman valotyynyn, jonka koko on 25,0 x 30,0 cm, keskimääräinen spektrinen irradianssi, tyynynsuojaa käytettäessä, on 35  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ . Pienemmän valotyynyn koko on 15,0 cm x 30,0 cm ja sen keskimääräinen spektrinen irradianssi, tyynynsuojaa käytettäessä on 50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ . Kertakäyttöisiä tyynynsuoja on kaksi eri mallia: pesän muotoinen tyynynsuoja, johon vastasyntynyt asetetaan, ja tyynynsuoja, jossa on sidontanauhat. Valontuottoyksikön koko on 16,5 x 21,0 x 16,5 cm ja valokuitukaapelin pituus noin 140 cm. Laittevalmistaja Datex-Ohmeda ilmoittaa led-moduulin kestoksi 8000–10 000 tuntia. (24.)



*KUVA 17. Bilisoft Ledin valonlähdeyksikkö, valotyynyt ja kertakäyttöiset tyynynsuoja (24)*

#### **4.2.6 Bili-Compact 1816**

Bili-Compact 1816:n valonlähteenä on kymmenen 9 W:n loisteputkea, joiden valo on sinistä ja aallonpituusalueen huippu on 460 nm. Loisteputkien kestoksi ilmoitetaan 1000–1200 tuntia. Laittevalmistaja Weyer ilmoittaa laitteen keskimääräiseksi irradianssiksi 16  $\text{W}/\text{m}^2$ , kun etäisyys hoidettavaan on 35 cm. Tällä etäisyydellä säteilyn efektiivinen alue on 40,0 x 70,0 cm. Vähimmäisetäisyys hoidettavaan on 20 cm. Laite on kooltaan 22,0 x 52,5 x 9,0 cm, ja sitä voidaan käyttää yhdessä jalustan kanssa tai asettaa suoraan inkubaattorin päälle. (25.)

#### 4.2.7 Photo-Therapy 4000

Photo-Therapy 4000:n valonlähteenä on neljä 18 W:n loisteputkea, joiden valo on sinistä ja aallonpituusalueen huippu on 460 nm (kuva 18). Lisäksi laitteessa on kaksi valkoisen valon loisteputkea, jotka voidaan tarvittaessa vaihtaa sinisiin loisteputkiin. Laitevalmistaja Dräger suosittelee vaihtamaan siniset loisteputket 1000 tunnin välein. Loisteputkien keskimääräinen irradianssi on  $13 \text{ W/m}^2$ , kun etäisyys hoidettavaan on 40 cm ja käytössä on neljä sinistä loisteputkea. Tällä etäisyydellä säteilyn efektiivinen alue on 30,0 x 50,0 cm. Vähimmäisetäisyys hoidettavaan on 30 cm. Laite on kooltaan 28,5 x 47,0 x 13,0 cm, ja sitä voidaan käyttää yhdessä jalustan kanssa tai asettaa suoraan inkubaattorin päälle. (15.)



KUVA 18. Photo-Therapy 4000

#### 4.2.8 Amelux

Ameluxin valonlähteenä ovat kuusi 18 W:n loisteputkea, joiden valo on sinistä ja aallonpituusalue on 425–475 nm. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää neljää sinistä loisteputkea ja kahta tavallista valkoisen valon loisteputkea. Laitevalmistaja Ar-

do suosittelee vaihtamaan loisteputket 2000 tunnin välein. Loisteputkien keskimääräinen irradianssi on  $43 \text{ W/m}^2$ , kun etäisyys hoitotasoon on 35 cm ja käytössä kuusi sinisen valon loisteputkea. Tällä etäisyydellä säteilyn efektiivinen alue on 23,0 x 46,0 cm. Vähimmäisetäisyys hoidettavaan on 20 cm. Valohoitoaikaa voidaan seurata hoitoaikalaskurilla. Laite on kooltaan 40,0 x 47,0 x 9,0 cm ja sitä käytetään jalustan kanssa. (26.)

#### **4.2.9 Babytherm 8010**

Babytherm 8010 on laite, johon on integroitu valohoitoyksikkö (kuva 19). Valohoitoyksikössä on kuusi 50 W:n halogeenilamppua, joiden valo on valkoista. Yksikkö sisältää myös kaksi säteilylämmitintä ja työvaloja. Valohoidon kestoa voi seurata laitteen näytöltä. Laitevalmistaja Dräger suosittelee lamppujen vaihtoväliksi 1000 tuntia. Halogeenien keskimääräinen irradianssi on  $9,5 \text{ W/m}^2$ , kun etäisyys hoidettavaan on 80 cm. Tällä etäisyydellä säteilyn efektiivinen alue on 20,0 x 40,0 cm. Vähimmäisetäisyys hoidettavaan on 80 cm. (16.)





*KUVA 19. Babytherm 8010*

#### **4.2.10 Giraffe Spot PT Lite**

Giraffe Spot PT Liten valonlähteenä on yksi 50 W:n metallihalidilamppu, jonka valo on valkoista. Laittevalmistaja Ohmeda Medical suosittelee lampun vaihtoväliksi 2500 tuntia. Lampun keskimääräinen spektrinen irradianssi on  $35 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , kun etäisyys hoidettavaan on 38 cm. Tällä etäisyydellä säteilykeilan halkaisija on 20 cm. Vähimmäisetäisyys hoidettavaan on 38 cm. Laitteen

koko ilman valo-osaa on 20,0 x 30,0 x 13,0 cm. Valo-osa on pitkä ja taipuisa (kuva 20). Laitetta käytetään yhdessä jalustan kanssa. (27.)



KUVA 20. Giraffe Spot Pt Lite (28)

#### 4.2.11 Biliblanket Plus

Biliblanket Plus muodostuu valonlähdeyksiköstä, valokuitukaapelista ja valotyynystä. Valonlähteessä on yksi 100 W:n halogeenilamppu, jonka valo on valkoista. Lampun valo suodatetaan niin, että jäljelle jäävät aallonpituudet 400–520 nm. Suodatettu sininen valo johdetaan valokuitukaapelin avulla valotyynyyn, josta se pääsee absorboitumaan hoidettavan iholle. Valotyynylle on kaksi erimallista suojaa, joista toisessa on sidontaliivi. Laitteen säteilyteho on säädettävissä ja suurimmalla teholla valotyynyn keskimääräinen spektrinen irradianssi, tyyneysuojaa käytettäessä, on  $45 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm} \pm 25 \%$ . Valonlähdeyksikön koko on 27,0 x 26,0 x 11,0 cm ja valokuitukaapelin pituus noin 120 cm. Valotyynyn efektiivinen alue on 10,0 x 15,0 cm. Laittevalmistaja Ohmeda Medicalin mukaan lampun kesto riippuu käytetystä säteilytehosta ja se sijoittuu 800 ja 10 000 tunnin välille. (28.)

## 5 LAITTEIDEN MITTAAMINEN

Työssä mitattiin 11 eri sinivalohoitolaitteen spektrinen irradianssi. Laitteissa oli valonlähteenä joko ledejä, loisteputkia, halogeenilamppuja tai metallihalidilamppuja.

Valonhoitolaitteiden säteilyteho mitattiin radiometrillä, joka mittaa vain tiettyä aallonpituusalueita. Mittaustuloksena saatiin sinivalohoitolaitteen spektrinen irradianssi, jonka yksikkö on  $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ .

Bilitron 3006, Bilitron Sky 5006, Bilicot led ja Bililed Mini mitattiin Pedihealth Oy:ssä. Bilisoft Led, Bili-Compact 1816, Photo-Therapy 4000, Amelux, Babytherm 8010, Giraffe Spot PT Lite ja Biliblanket Plus mitattiin Oulun yliopistollisen sairaalan vastasyntyneiden teho- ja hoitoyksikössä, missä laitteen ovat käytössä. Mittaukset suoritettiin elokuussa.

### 5.1 Mittaustilanteet

Mittaukset pyrittiin tekemään 30 cm:n etäisyydeltä, koska se oli näiden laitteiden yleisin vähimmäisetäisyys hoitotilanteessa. Poikkeuksena Giraffe Spot PT Lite, jonka minimi hoitoetäisyys on 38 cm, ja Babytherm 8010, jolla se on 80 cm.

Kontaktityyppisissä laitteissa mittaukset tehtiin tyynysuojan kanssa painaen radiometrin mittauspiste tyynyä vasten. Bilicot Ledin mittaukset tehtiin Bilisuit-puvun läpi asettamalla radiometrin mittauspiste puvun verkkoa vasten.

Ennen mittauksia laitteiden annettiin lämmitä jonkin aikaa, että ne saavuttaisivat maksimaalisen säteilytehonsa. Mikäli laitteissa oli säteilytehon säätö, asetettiin se isoimmalle tasolle. Radiometriä kalibroitiin mittausten välissä. Rinnakkaisia mittauksia tehtiin 20 ja ne kohdennettiin valmistajan ilmoittamalle teholliselle eli efektiiviselle pinta-alueelle. Poikkeuksena oli Bilisoft Led, jonka mittaukset tehtiin valotyynyn merkityistä 9:stä eri mittauskohdasta, jolloin rinnakkaisia tuloksia saatiin 18.

## 5.2 Mittaamiseen vaikuttavat tekijät

Säteilytehon mittaamisessa on otettava huomioon mittaustulokseen vaikuttavat tekijät ja pyrittävä poistamaan/minimoimaan ne.

Ulkoiset valonlähteet, lähinnä katon loisteputket, voivat vaikuttaa tuloksiin kohtavasti, koska niiden valo voi sisältää aallonpituuksia, jotka radiometri mittaa. Loisteputkien valon vaikutus testattiin mittaamalla niiden valoa radiometrillä valohoitolaitteiden kohdalta. Tulokseksi saatiin 0. Loisteputkien emittoiman valon sisältämät siniset aallonpituudet olivat niin heikkoja, etteivät ne vaikuttaneet radiometrin antamiin tuloksiin.

Etäisyydellä on tunnetusti vaikutusta säteilytehoon. Säteilyteho heikkenee etäisyyden neliössä eli etäisyyden kaksinkertaistuessa heikkenee säteilyteho neljännekseen (9, s. 28). Tämä pätee myös valohoitolaitteissa. Mittausetäisyys mitattiin tarkasti viivaimella ja/tai rullamitalla.

Säteilytehoon vaikuttaa myös säteilyn saapumiskulma eli se, tuleeko säteily vinosti vai kohtisuoraan radiometrin mittauspisteeseen (9, s. 28). Mittauksissa radiometri asetettiin kohtisuoraan valonlähdeä vasten.

Radiometrin mittausrvirhettä ei ollut ilmoitettu laitteen käyttöohjeissa, joten se jäi huomiotta.

## 6 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin valohoitolaitteiden säteilytehon mittausrvoja. Kaikkia mittaustuloksia verrattiin suositustasoihin ja osaa tuloksia voitiin verrata laitevalmistajan ilmoittamaan säteilytehoon. Lisäksi arvioitiin valonlähteen merkitystä ja efektiivisen alueen kokoa.

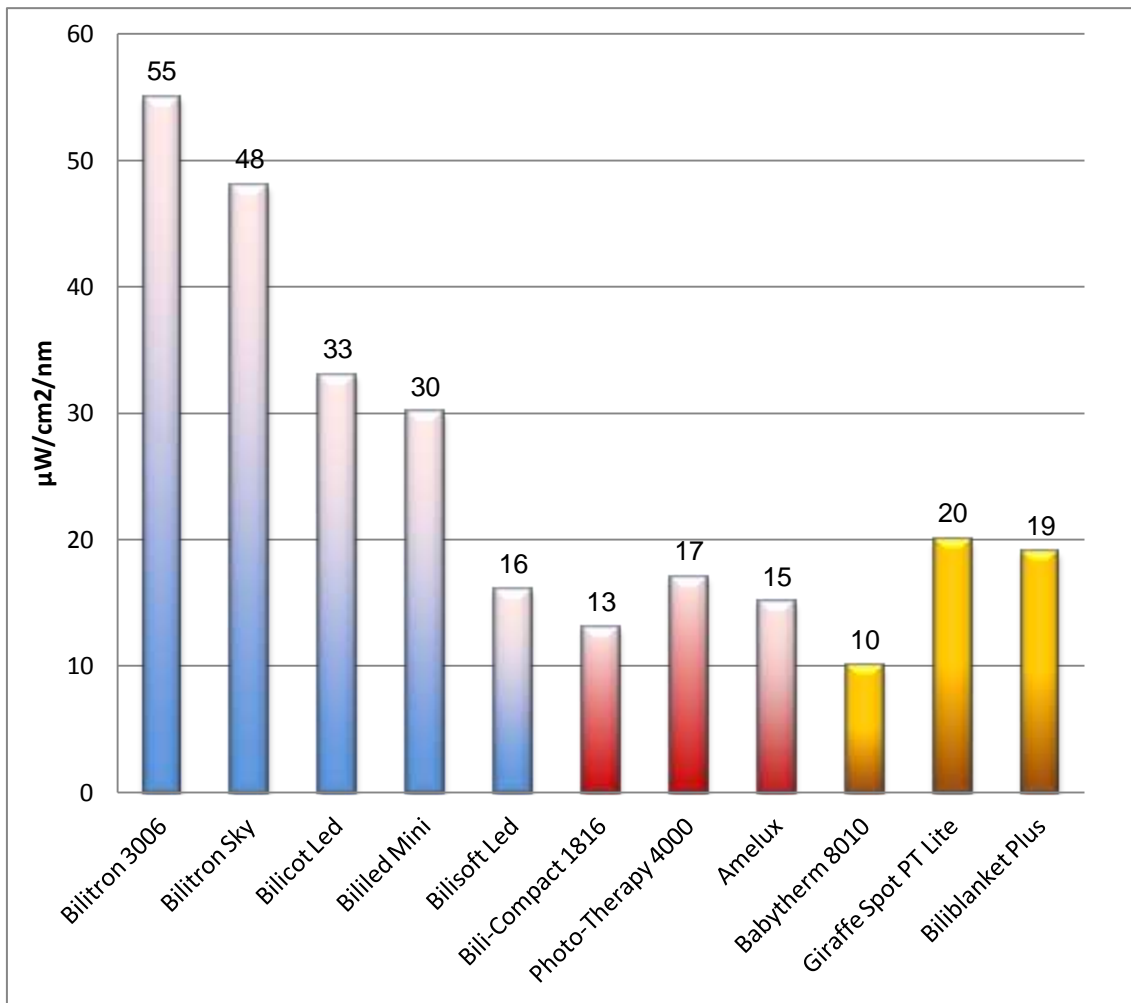
### 6.1 Mittaustulokset

Taulukossa 2 nähdään eri valohoitolaitteiden mittaustulokset. Tulokset ovat keskiarvoja rinnakkaismittauksista

*TAULUKKO 2. Mittaustulokset mittausetäisyyden mukaan*

Valohoitolaite	Mittausetäisyys			Kontakti
	30 cm	38 cm	80 cm	
Bilitron 3006	55	-	-	-
Bilitron Sky 5006	48	-	-	-
Bilicot Led+Bilisuit	-	-	-	33
Bililed Mini	30	-	-	-
Bilisoft Led	-	-	-	16
Bili-Compact 1816	13	-	-	-
Photo-Therapy 4000	17	-	-	-
Amelux	15	-	-	-
Babytherm 8010	-	-	10	-
Giraffe Spot PT Lite	-	20	-	-
Biliblanket Plus	-	-	-	19

Kuvaan 21 on koottu tulokset pylväsdiagrammina. Sinisävyiset pylväät kuvaavat Led-valohoitolaitteiden tuloksia, punasävyiset pylväät loisteputkellisten valohoitolaitteiden tuloksia ja kellertävät pylväät kuvaavat halogeeni- ja metallihalidilamppuisten valohoitolaitteiden tuloksia.



KUVA 21. Valohoitolaitteiden spektriset irradianssit: sinisellä ledit, punaisella loisteputket ja keltaisella halogeeni- ja metallihalidilamput

## 6.2 Tulosten vertailu suositustasoihin

Valohoidossa käytettävän valonlähteen säteilyteho tulisi olla tavallisessa valohoidossa noin  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  ja intensiivisessä valohoidossa yli  $30 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , jotta korkea bilirubiinipitoisuus saataisiin nopeasti laskemaan (11). Intensiivihoidon suositustason saavuttivat Bilitron 3006, Bilitron Sky 5006, Bilicot Led. Bililed Minin tulos  $30 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  on suositustason rajalla. Loppujen tulokset jäivät tämän suositustason alapuolelle, mutta olivat kuitenkin normaalin valohoidon suositustasolla tai sitä korkeampia.

### 6.3 Laitevalmistajan ilmoittama säteilyteho

Bilitron 3006:n mittaustulos  $55 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  ja Bilitron Sky 5006:n mittaustulos  $48 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  vastaavat laitevalmistajan ilmoittamaa säteilytehoa ( $45\text{--}65 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ). Bilicot Ledin tulos  $33 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  ja Bililed Minin tulos  $30 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  ovat valmistajan ilmoittamaa säteilytehoa ( $60 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ) pienempiä. Bilisoft Ledin tulos  $16 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  on valmistajan ilmoittamaa säteilytehoa ( $35 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ) alhaisempi. Giraffe Spot PT Liten tulos  $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  ja Biliblanket Plus:n tulos  $19 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  ovat valmistajan ilmoittamaa säteilytehoa ( $35 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ ) pienempiä.

Bili-Compact 1816:n, Phototherapy 4000:n, Ameluxin ja Babytherm 8010:n mittaustuloksia ei voi verrata laitevalmistajan ilmoittamiin arvoihin, koska valmistaja ilmoittaa säteilytehon eri yksikössä ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

### 6.4 Valonlähde

Led-valohoitolaitteet, lukuun ottamatta Bilisoft Lediä, antoivat suurimmat mittaustulokset. Loisteputket, halogeenilamput ja metallihalidilamput olivat säteilytehosta tasavertaisia. Kuituoptiset valohoitolaitteet Bilisoft Led ja Biliblanket Plus antoivat myös lähes samansuuruiset tulokset. Laitteiden valonlähteet olivat uusia, käyttöikänsä alussa tai korkeintaan keskivaiheilla. Laitteiden säteilytehon heikkeneminen ei ole vielä merkittävää mutta on mahdollista, että jossain laitteessa voi olla sattumalta heikkokestoisen valonlähde.

### 6.5 Efektiivinen alue

Taulukosta 3 nähdään valohoitolaitteiden efektiivisten alueiden pinta-alat tietyllä etäisyydellä. Efektiivisten alueiden koot vaihtelevat välillä  $157,5\text{--}2800 \text{ cm}^2$ . Bilicot Ledin efektiivisen alueen kokoa ei ollut saatavilla.

*TAULUKKO 3. Valohoitolaiteiden efektiiviset pinta-alat tietyllä etäisyydellä  
Bilicot Led:n efektiivisen alueen kokoa ei ollut saatavilla*

<b>Valohoitolaite</b>	<b>Etäisyys, cm</b>	<b>A<sub>Ebi</sub>, cm<sup>2</sup></b>
Bilitron 3006	30	157,5
Bilitron Sky 5006	30	480
Bilicot Led+Bilisuit	Kontakti	-
Bililed Mini	30	300
Bilisoft Led	kontakti	750
Bili-Compact 1816	35	2800
Photo-Therapy 4000	40	1500
Amelux	35	1058
Babytherm 8010	80	800
Giraffe Spot PT Lite	38	314,2
Biliblanket Plus	kontakti	150

Vastasyntyneen ihon efektiivinen pinta-ala vaihtelee 430 cm<sup>2:n</sup> ja 700 cm<sup>2:n</sup> välillä, kun valohoito tulee suoraan yläpuolelta (13). Kun verrataan valohoitolaiteiden säteilyn efektiivisten alueiden kokoa vastasyntyneen ihon efektiiviseen pinta-alaan, huomataan, että Bilitron 3006:n, Bililed Minin, Giraffe Spot PT Liten ja Biliblanket Plus:n efektiivisten alueiden koot ovat pienempiä kuin ihon efektiivinen pinta-ala. Valohoitolaiteista Bilisoft Led, Bili-Compact 1816, Photo-Therapy 4000, Amelux ja Babytherm 8010 omaavat suuren efektiivisen alueen, joka riittää valaisemaan isonkin vastasyntyneen ihon efektiivisen alueen. Bilitron Sky 5006:lla on pienehkö efektiivinen alue.



## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli mitata vastasyntyneen keltaisuuden hoitoon tarkoitettujen valohoitolaitteiden säteilytehoa. Mittaukset tehtiin radiometrillä Pedihealth Oy:ssä ja Oulun yliopistollisen sairaalan vastasyntyneiden teho- ja hoitoyksikössä. Saatuja säteilytehoja verrattiin suositustasoihin ja laitevalmistajan ilmoittamiin arvoihin. Lisäksi arvioitiin laitteiden efektiivisen alueen kokoa ja säteilylähdettä. Laitteiden säteilytehon mittaaminen vakioetäisyydellä ei ole mahdollista, koska toiset laitteet on tarkoitettu käytettäväksi lähellä ja toiset kauempana.

Kaikki mitatut valohoitolaitteet saavuttivat normaalin valohoidon suositustason, mutta vain osa laitteista, Bilitron 3006, Bilitron Sky 5006 ja Bilicot Led, ylittivät intensiivivalohoidon suositustason alarajan. Lähes kaikkien Led-valohoitolaitteiden mittaustulokset olivat suurimpia. Bili-Compactia ja Ameluxia voidaan käyttää jopa 20 cm:n etäisyydellä vastasyntyneestä, jolloin säteilyteho kasvaa jonkin verran mitatuista arvoista. Näillä laitteilla on myös suuri efektiivinen alue.

Kaikkia mittaustuloksia ei voinut verrata laitevalmistajan ilmoittamiin säteilytehoihin, koska osa valmistajista ilmoitti säteilytehon eri yksikössä tai eri etäisyydellä. Valmistajan ilmoittamassa säteilytehon rajoissa olivat vain Bilitron 3006 ja Bilitron Sky 5006. Muiden laitteiden säteilytehot, joiden vertailu oli mahdollista, jäivät laitevalmistajan ilmoittamaa säteilytehoa pienemmäksi.

Valohoitolaitteiden efektiivisten alueiden koot vaihtelivat; pääsääntöisesti pienellä valonlähteellä oli pieni alue ja isolla valonlähteellä oli suuri alue. Efektiivisen alueen koko kasvaa etäisyyden kasvaessa, mutta samalla heikkenee säteilyteho. Vastaavasti etäisyyden pienetessä säteilyteho kasvaa ja efektiivinen alue pienenee. Neljällä valohoitolaitteella, Bilitron 3006, Bililed Mini, Giraffe Spot PT Lite ja Biliblanket Plus, oli efektiivinen alue pienempi kuin ennen aikaisesti syntyneen ihon efektiivinen pinta-ala. Halogeeni- ja metallihalidilamppuista ainoastaan Babytherm 8010:lla oli isohko efektiivinen alue. Loisteputkilaitteilla efektiiviset alueet olivat kaikista suurimpia.

Valohoitolaitteita käytettäessä tulisi huomioida valonlähteen etäisyys, säteilyteho ja efektiivisen alueen koko. Vastasyntyneen valohoidon intensiivisyyden mukaan valohoitoa kannattaa tehostaa käyttämällä useampaa valohoitolaitetta samanaikaisesti.

Valohoidon tehokkuuden kliinisestä tutkimuksesta, jossa seurattaisiin bilirubiinipitoisuutta eri valohoitolaitteilla tapahtuvan hoidon aikana, olisi hyötyä. Tutkimuksessa nähtäisiin eri valohoitolaitteiden tehokkuus hyperbilirubinemian hoidossa.

Mittausetäisyyden valinta perustui yleisimpään vähimmäisetäisyyteen. Se olisi voinut olla laitekohtainen vähimmäisetäisyys, jolloin olisi saatu suurin mahdollinen säteilyteho tai laitteiden säteilytehoa olisi voinut mitata eri etäisyyksiltä inkubaattorin kanssa ja ilman sitä. Myös kahden laitteen samanaikaisen käytön säteilytehon mittaaminen ja efektiivisen alueen määrittäminen eri etäisyyksiltä voisi olla kiintoisaa.

Radiometrin ja valohoitolaitteiden käyttö oli helppoa ja mittaukset olivat nopeasti tehty joskin etäisyyden vakioiminen valohoitolaitteen ja radiometrin välille vaati korokkeiden rakentelua. Tähän tarkoitukseen olisi ollut hyvä niin sanottu laboratorihissi, jonka korkeutta voi helposti säätää.

Teoriaosuuden tiedonhankinta painottui Internetiin ja sieltä saatu tieto oli yleensä peräisin ulkomaalaisista alan lehdistä. Suomeksi alan julkaisuja on varsin vähän.

## LÄHTEET

1. Fellman, Vineta – Järvenpää, Anna-Liisa 2007. Vastasyntynyt. Saatavissa: <http://therapiafennica.fi/wiki/index.php?title=Vastasyntynyt>. Hakupäivä 13.8.12.
2. Grönroos, Marika – Koskinen, Pertti – Lehtonen, Liisa 2007. Vastasyntyneen hyperbilirubinemian hoitokaaviot. Suomen Lääkärilehti 18/2007. s. 1837–1841.
3. Bilirubin. 2012. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Bilirubin>. Hakupäivä 20.8.2012.
4. Hiltunen, Erkki – Holmberg, Peter – Kaikkonen, Matti – Lindblom-Yläne, Sari – Nienstend, Walter 2004. Galenos. 5-6. Porvoo: WSOY. s. 226–227.
5. Bilirubin diglucuronide. 2012. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Bilirubin\\_diglucuronide](http://en.wikipedia.org/wiki/Bilirubin_diglucuronide). Hakupäivä 20.8.2012.
6. Vastasyntyneen keltaisuus. Helsingin ja uudenmaan sairaanhoitopiiri. Saatavissa: <http://www.hus.fi/default.asp?path=1,32,660,548,623,635,7086,1249,470> 2. Hakupäivä 10.9.2012.
7. Neonatal Jaundice. 2012. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Neonatal\\_jaundice](http://en.wikipedia.org/wiki/Neonatal_jaundice). Hakupäivä 8.9.2012.
8. Kernicterus. 2012. MedlinePlus. Saatavissa: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/007309.htm>. Hakupäivä 10.9.2012.
9. Pelanti, Jonna 2011. Katsaus bilirubiiniin. Moodi 2/2011. s. 50–54.
10. Pastila, Riikka 2009. Ultravioletti- ja lasersäteily. STUK. Saatavissa: [http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/kirjasarja/fi\\_FI/kirjasarja7](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja7). Hakupäivä 6.9.2012.

11. Maisels, M. Jeffrey – McDonagh, Antony 2008. Phototherapy for neonatal jaundice. *The New England Journal Of Medicine* vol. 358. s. 920–927. Saatavissa: <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMct0708376>. Hakupäivä 2.9.2012.
12. Hansen, Thor 2012. Neonatal Jaundice. Saatavissa: <http://emedicine.medscape.com/article/974786>. Hakupäivä 2.7.2012.
13. Cameron – Hart 2005. The importance of irradiance and area in neonatal phototherapy. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1721946/pdf/v090p0F437.pdf>. Hakupäivä 15.8.2012
14. Wentworth, Stephanie 2005. Neonatal phototherapy – today’s lights, lamps and devices. *Infant* vol. 1(1) s. 14–19. Saatavissa: [http://www.infantgrapevine.co.uk/pdf/inf\\_001\\_tll.pdf](http://www.infantgrapevine.co.uk/pdf/inf_001_tll.pdf). Hakupäivä 15.8.2012.
15. Photo-Therapy 4000. Instructions for Use. Dräger. Saatavissa: <http://ebookbrowse.com/drager-photo-therapy-4000-user-manual-en-de-fr-es-pdf-d308447318>. Hakupäivä 25.10.2012.
16. Babytherm 8010. Instructions for Use. Dräger. Saatavissa: [http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/infant\\_incubators/user\\_manuals/Dr%C3%A4ger%20Babytherm%208004-8010%20-%20User%20manual.pdf](http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/infant_incubators/user_manuals/Dr%C3%A4ger%20Babytherm%208004-8010%20-%20User%20manual.pdf). Hakupäivä 25.10.2012.
17. Martins, Bianca – Carvalho, Manoel – Moreira, Maria – Lopes, José 2007. Efficacy of new microprocessed phototherapy system with five high intensity light emitting diodes (Super Led). *Journal de Pediatria* vol. 83 No. 3. s. 253 – 257. Saatavissa: [http://www.scielo.br/pdf/jped/v83n3/en\\_v83n3a11.pdf](http://www.scielo.br/pdf/jped/v83n3/en_v83n3a11.pdf). Hakupäivä 21.6.2012.

18. Sreeram Subramanian – Mari Jeeva Sankar – Ashokk K Deorari 2011. Evaluation of Phototherapy Devices Used for Neonatal Hyperbilirubinaemia. Indian Pediatrics vol. 48. S. 693. Saatavissa: <http://www.indianpediatrics.net/sep2011/689.pdf>. Hakupäivä 18.10.2012.
19. Bilitron Model 3006. User's Manual. Fanem.
20. Radiation monitor model 2620. User's Manual. Fanem.
21. Bilitron Sky Model 5006. User's Manual. Fanem.
22. Bilicot Led. User Manual. Novos.
23. BiliLed Mini. User Manual. Novos.
24. Bilisoft Led. Service Manual. Ohmeda Medical. Saatavissa: <http://catalog.kpnfs.com/equipcat/cutsheets2/LIBI216-I.pdf>. Hakupäivä 25.10.2012.
25. Variotherm. Esite. Weyer. Saatavissa: [http://www.weyermed.com/en/VK-VARIO-EN\\_03.pdf](http://www.weyermed.com/en/VK-VARIO-EN_03.pdf). Hakupäivä 25.10.2012.
26. Amelux. Käyttöohje. Ardo. Saatavissa: [http://www.algoldiagnostics.fi/files/diagnostics/Terveysthuoltodiagnostiikka/Ardo\\_Amelux.pdf](http://www.algoldiagnostics.fi/files/diagnostics/Terveysthuoltodiagnostiikka/Ardo_Amelux.pdf). Hakupäivä 25.10.2012.
27. Giraffe Spot PT Lite. Operation, Maintenance and Service Manual. Ohmeda Medical. Saatavissa: <http://freedownloadb.com/pdf/operation-maintenance-and-service-manual-5398909.html>. Hakupäivä 25.10.2012.
28. Biliblanket Plus. Operation, Maintenance and Service Manual. Ohmeda Medical. Saatavissa: <http://catalog.kpnfs.com/equipcat/cutsheets2/LIBI210-I.pdf>. Hakupäivä 25.10.2012.

## VALOHOITOLAITTEET

	Laite	Bilitron 3006	Bilitron Sky 5006	Bilicot Led	Bililed Mini	Bilisoft Led	Bili-Compact 1816	Photo-Therapy 4000	Amelux	Baby-therm 8010	Giraffe Spot PT Lite	Biliblan- ket Plus
Säteilyteho	µW/cm <sup>2</sup> /nm	45 - 65	45 - 65	60	60 - 65	35	-	-	-	-	35	45
	W/m <sup>2</sup>	-	-	30	30	-	16	13	43	9,5	-	-
Etäisyys	mm	300	300	Bilisuit-puku	300	valotyynty	350	400	350	800	380	valotyynty
Minimi etäisyys	mm	300	300	Bilisuit-puku	300	valotyynty	200	300	200	800	380	valotyynty
Efektiivinen alue	mm	105 x 150	160 x 300	580 x 290 *	200 x 150	250 x 300	400 x 700	300 x 500	230 x 460	200 x 400	Ø 200	100 x 150
Efektiivinen alue	cm <sup>2</sup>	157,5	480	-	300	750	2800	1500	1058	800	314,2	150
Valoniähde		LED	LED	LED	LED	LED	loisteputki	loisteputki	loisteputki	halogeeni	metallihalidi	halogeeni
Valoniälhteen kesto	tuntia	20 000	20 000	20 000	20 000	8000-10 000	1000-1200	1000	2000	1000	2500	800-10 000
aallonpituusalue	nm	425 - 500	425 - 500	425 - 500	425 - 500	430 - 490	huippu 460	huippu 460	425-475	ks. Kuva 9	-	400-520
Koko (l x s x k)	mm	116 x 230 x 50	360 x 270 x 55	635 x 325 x 135	275 x 120 x 65	165 x 210 x 165	220 x 525 x 90	285 x 470 x 130	400 x 470 x 90	ks. Kuva 19	200 x 300 x 130	270 x 260 x 110
	tehonsäätö	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-	x
ominaisuuksia	inkubaattorin päälle	x	x	-	x	-	x	x	-	x**	x***	-
	jalustaan	x	x	x	x	-	x	x	x	x**	x	-

\*\* integroitu

\*\*\* valo-osaa voidaan liikuttaa

\* alustan koko