VALAISTUSTA VALOON

Kirjoittanut Veikko Karjalainen

Ledin kehittyessä tuikusta kunnon valonlähteeksi on sen valovoiman määrittelytapakin muuttunut. Enää ei puhuta niinkään kandeloista, vaan lumeneista. Valoon liittyvät asiat eivät kuulukaan varsinaiseen elektroniikkaosaamiseen, mutta teholedejä käytettäessä on tärkeimpien käsitteiden ymmärtämisestä paljon apua.

Korkeita kandelamääriä on saavutettu pienilläkin ledeillä suuntaamalla kuoren optiikalla valo hyvin kapeaan keilaan. Silloin valo on kirkas, mutta vain määräsuuntaan. Pienen ledin valontuotto on kokonaisuutena niin vaatimaton, ettei siitä ole isolle alalle jaettavaksi. Samalla sirulla tehdään yleensä monia eri säteilykeilan omaavia ledejä, ja kandelamäärä putoaa rajusti säteilykeilan levetessä. Vakioidun mittaustavan puuttumisen takia on eri valmistajien ledien kirkkauden vertailu ilmoitettujen kandelamäärien perusteella vienyt usein hakoteille. Erään valmistajan 0.3 kandelan led on ollut silmin nähdenkin vähintään yhtä kirkas kuin toisen vastaavanlaisen 1 kandelana kehutun.

Miten valoa mitataan?
Ledien käyttäjän ei useinkaan tarvitse tehdä mittauksia, mutta mittaustapojen ymmärtäminen auttaa kuitenkin tajuamaan niiden yhteydessä esiintyviä suureita.

Valovoima I (luminous intensity) kandeloissa (cd) on valovirta Φ (luminous flux) lumeneissa (lm) steradiaania (sr) ω kohti, eli $I = \Phi/\omega$. Kandeloita mitattaessa käytetään hyvin pientä kulmaa. Valmistajista Stanley on jo alkuajoista kertonut käyttämänsä ja nykyään yleisen mittaustavan: 100 mm etäisyydeltä 1/100 steradiaanin kulmaan rajoittuva valovirta mitataan, ja sen perusteella lasketaan kandelat. Tällöin valovirta jaettuna 1/100lla antaa valovoiman kandeloina. Nykyaikaiset teholedit tuottavat suuren valovirran, joka on pienehköjen lamppujen luokkaa. Kandelat eivät enää näissä niinkään kiinnosta, sillä valoa riittää muuhunkin kuin yhteen pieneen pisteeseen kohdistettavaksi.

Valovirta on edellisen määritelmän mukaan $\Phi = I\omega$, eli yhden steradiaanin sisään lankeavat kandelat. Se on usein ilmoitettu kokonaismääränä, jonka valonlähde tuottaa kaiken kaikkiaan, valon suunnasta välittämättä. Joka suuntaan yhtä voimakkaasti 1 cd valovoimalla säteilevä valonlähde jakaa valonsa tasaisesti koko täydelle avaruuskulmalle 12.56 sr. Tällöin valovirta on n 12.56 lm. Kun tätä valovirtaa suunnataan heijastimella, se pysyy (heijastimesta ja mekaniikasta syntyvät häviöt pois lukien) muuttumattomana, mutta valaistuvoimakkuus määräsuunnassa kasvaa.

Kokonaisvalovirran mittaamiseen käytetään ns integroivaa palloa, jonka sisäpinta heijastaa tasapuolisesti kaikkia aallonpituuksia. Sen sisään sijoitetun mitattavan valonlähteen tuottama valo heijastelee pallon sisällä niin, että valaistusvoimakkuus tasaantuu seinämän joka kohdassa samaksi. Mittaamalla valon määrä pallon pinnan pieneltä alalta ja suhteuttamalla se pallon kokonaispinta-alaan saadaan valolähteen tuottama valovirta laskettua.

Käänteinen neliölaki pätee ja pettää
Valaistusvoimakkuuden E (illuminance) yksikkö on lux (lx). Luksimittari on huokea ja tehty valaistustason mittaukseen, mutta sen avulla on myös mahdollista tehdä aluetta rajaavaa mustaa putkenpätkää apuna käyttäen mm valopintojen välisiä vertailevia suuntaa antavia mittauksia. Kun 1 lumenin valovirta Φ lankeaa 1 neliömetrin alueelle A, valaistusvoimakkuus E on 1 lx. Yleisemmin siis $E = \Phi/A$, eli luxit ovat lumenit/m^2. Valaistus E voidaan määritellä myös valaistusvoimakkuuden I ja valaistavan pinnan etäisyyden r perusteella: $E = I/r^2$. Valaistusvoimakkuus siis laskee kääntäen verrannollisena etäisyyden neliöön.

Tämä valaistusvoimakkuuden käänteinen neliölaki pätee tarkoin kaikkiin suuntiin, jos valonlähde on pistemäinen ja säteilee samalla tavoin joka suuntaan. Tavallisesti valo on kuitenkin ohjattu keilaksi määräsuuntaan. Neliölaki pätee kohtalaisesti, kun valonlähteen halkaisija on enintään luokkaa 1/10 valaistavan pinnan etäisyydestä.

Valonheitintä heijastimineen voidaan ajatella tasaisesti valaisevana pintana, jollaisen suhteen tämä laki ei lähietäisyydeltä päde. Valonheittimen keilan perusteella voidaan määrittää ns virtuaalisen valonlähteen paikka. Se on pistemäisenä tämän valokeilan kartion kärkipisteessä, siis jossakin valonheittimen takana. Neliölaki pätee, kun laskettaessa käytetään etäisyyttä tästä virtuaalisesta valonlähteestä.

Mikä ihmeen steradiaani?
Steradiaani, sr l. avaruuskulmayksikkö on hiukan hankalasti miellettävä suure. Sen käytössä valotekniikassa eivät kovin tarkat laskut ole useinkaan käytännön työssä tarpeen. Usein riittää, että avaruuskulman rajoittama ala oletetaan tasoksi eikä pallopinnaksi. Tästä seuraa merkittävää virhettä vain suurenlaisilla avaruuskulmilla, joita harvemmin ledien yhteydessä tarvitaan.

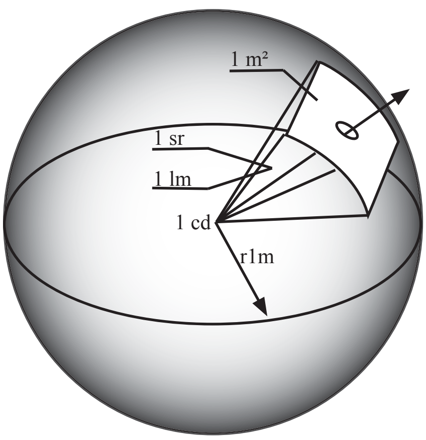
Ajatellaan 1m säteellä olevaa palloa, jonka sisällä on sen keskipisteestä lähtevä pyramidi, jonka särmä on siis pallon säde; silloin pyramidin kaareva pohja on osa pallon pintaa. Jos tämän kaarevan pohjan sivun pituus on 1m, sen ala on 1 neliömetri pallon pinnalla, ja silloin pyramidin rajaama avaruuskulma on 1sr. Tällaisen pallon kokonaispinta-ala on n 12.56 m², ja määritelmän mukaan sen sisältämä ”täysi” avaruuskulma on n 12.56 sr, tarkemmin 4π steradiaania.

Steradiaanin lukuarvo määräytyy pelkästään etäisyydestä (=säteestä) ja kulman rajaamasta pinta-alasta pallon pinnalla. Rajatun pinnan muotoa ei ole mitenkään määritetty, mutta se on ledien yhteydessä tavallisimmin ympyrä.

Avaruuskulma ω määräytyy siis kartion, pyramidin tai muun pohjamuodon tapaan pallon keskipisteestä lähtevistä säteistä r ja niiden rajaamasta pinnasta, jonka ala on A sen kaarevalla pinnalla. Se on pinnalle tämän perusteella rajautuva ala jaettuna säteen neliöllä: $\omega = A/r^2$.

Avaruuskulman ja sen rajaaman kartion kärkikulman välinen yhteys on vaikea mieltää. Sen hahmottamista helpottaa oheinen taulukko.

Avaruuskulma ω sr	Kartion kärkikulma α
0,01	6,5
0,05	14,5
0,1	20,5
0,5	46,0
1,0	65,5



Näin lasket steradiaaneilla
Kartion avaruuskulma steradiaaneissa ω saadaan laskettua, kun sen kärkikulma α tunnetaan:
$\omega = 2\pi(1-\cos(\alpha/2))$

Kartion kärkikulma α puolestaan saadaan seuraavasti:
$\alpha = 2 * \arccos(1-\omega/2\pi)$