

VAROITUSVILKKUJEN VALOTEKNISET OMINAISUUDET

ESITUTKIMUS

**Tie- ja vesirakennushallitus
Kehittämiskeskus**

**Tampereen teknillinen korkeakoulu
Tehoelektroniikan laitos
Valolaboratorio**

TVH 723601

Helsinki 1989

**VAROITUSVILKKUJEN VALOTEKNISET OMINAISUUDET
ESITUTKIMUS**



ISBN 951-47-2668-5

ALKULAUSE

Paristokäyttöisten varoitusvilkkujen tekniset laatuvaatimukset perustuvat Suomessa yli kaksikymmentä vuotta sitten tehtyihin selvityksiin. Laatuvaatimuksissa on myöhemmin otettu huomioon valonlähteiden ja virtalähteiden alalla tapahtunut kehitys.

Eri pohjoismaissa ovat varoitusvilkkujen laatuvaatimukset josakin määrin erilaiset. Ne edellyttävät erillistä hyväksyntää eri maissa ja siten lisäävät viranomaisten ja laitteiden valmistajien työtä.

Oheisessa raportissa on kirjallisuustutkimuksen avulla selvitelty eri maiden määräyksiä ja tutkimuksia, jotka koskevat valomerkkejä, valomerkkien antolaitteita sekä havaintokykyyn perustuvia silmän fysiologisia ominaisuuksia. Lisäksi on tarkasteltu kriittisesti eri maiden soveltamia valomerkkejä ja niiden antolaitteita koskevia laatuvaatimuksia.

Oheinen esitutkimus on tehty TVH:n kehittämiskeskuksen toimeksiannosta Tampereen teknillisen korkeakoulun sähkötekniikan osaston valolaboratoriossa professori Juhani Kärnän johdolla. Käytännön tutkimustyön on tehnyt tutkija Tapani Nurmi. Tutkimus käynnistyi toukokuussa 1988 ja se valmistui helmikuussa 1989. TVH:n kehittämiskeskuksen puolesta työtä on valvonut diplomi-insinööri Esko Hyytiäinen ja insinööri Esko Tuhola.

SISÄLLYSLUETTELO

Alkulause	I
Sisällysluettelo	II
1. JOHDANTO	1
2. VALON VÄRI	2
2.1 TVH:n määräysten mukaiset värit	
2.2 Muiden määräysten mukaiset värit	7
2.2.1 Keltainen	
2.2.2 Punainen	8
3. VALOVOIMA	11
3.1 Yleistä	
3.2 Valokuvion muodon vaikutus	
3.3 Pohjoismaiset määräykset	15
3.3.1 Ympärisäteilevät vilkut ja lyhdyt	
3.3.2 Suunnatut vilkut ja lyhdyt	17
4. TEHOLLINEN VALOVOIMA	19
4.1 Jatkuva valosignaali	
4.2 Jaksollinen valosignaali	20
4.2.1 Schmidt-Clausenin menetelmä	21
4.2.2 Allardin menetelmä	22
4.2.3 Blondel-Rey'n menetelmä	23
4.3 Erilaisten valopulssien tehollisia valovoimia	24
5. TEHOLLISEN VALOVOIMAN LASKENTA	28
5.1 Yksittäinen valopulssi	
5.2 Toistuva valopulssi	29
6. SYTTYMINEN JA SAMPUMINEN	33
6.1 Määräykset vilkkujen toiminnasta	
6.2 Ympäristön valaistuksen muutosnopeudet	

7. TOIMINTA-AIKA	38
7.1 Vaatimukset vilkkujen vähimmäistoiminta- ajoista	
7.2 Paristojen käyttäytyminen	39
8. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	43
8.1 Yleistä	
8.2 Valon väri	
8.3 Valovoima	44
8.4 Tehollisen valovoiman määrittely	
8.5 Syttyminen ja sammuminen	45
8.6 Toiminta-aika	46
9. KIRJALLISUUSLUETTELO	47

1. JOHDANTO

Ensimmäiset paristokäyttöisiä varoitusvilkkuja koskevat laatuvaatimukset laadittiin Suomessa jo yli kaksikymmentä vuotta sitten TVH:n ja VTT:n sähkölaboratorion yhteistyöprojektina. Vaikka laatuvaatimukseen otettiin mukaan myös suunnatut vilkut, pääpaino kohdistui ympärisäteilevää vilkkuvaa keltaista ja kiinteää punaista valoa lähettäviin varoituslaitteisiin, joissa valonlähteenä on hehkulamppu.

Nämä ensimmäiset laatuvaatimukset pohjautuivat valotekniseltä osalta pääasiassa kirjallisuudesta saatuihin tuloksiin (mm. tehollisen valovoiman käsite ja laskenta, valon väri), Ruotsissa jo silloin käytössä olleisiin mittauksiin (mm. vaakasuoraan tulevan valon sammuttava vaikutus (100000 cd), syttymis- ja sammumisvalaistusvoimakkuus, kuormituskoe), sekä eri valmistajien markkinoilla oleviin laitteisiin (mm. valovoima, valonjako). Varsinaisia teoreettisia tarkasteluja eri vaihtoehdoista ei tehty eikä asetettujen vaatimusten realisointimahdollisuuksia tutkittu. Nämä seikat saivatkin ensimmäisinä vuosina huomattavasti kritiikkiä osakseen.

Myöhemmin uudistetut laatuvaatimukset pohjautuvat suurelta osin näihin ensimmäisiin laatuvaatimuksiin mutta luonnollisesti valonlähteiden (purkausputket) ja virtalähteiden (akut) alalla tapahtunut kehitys on otettu niissä huomioon.

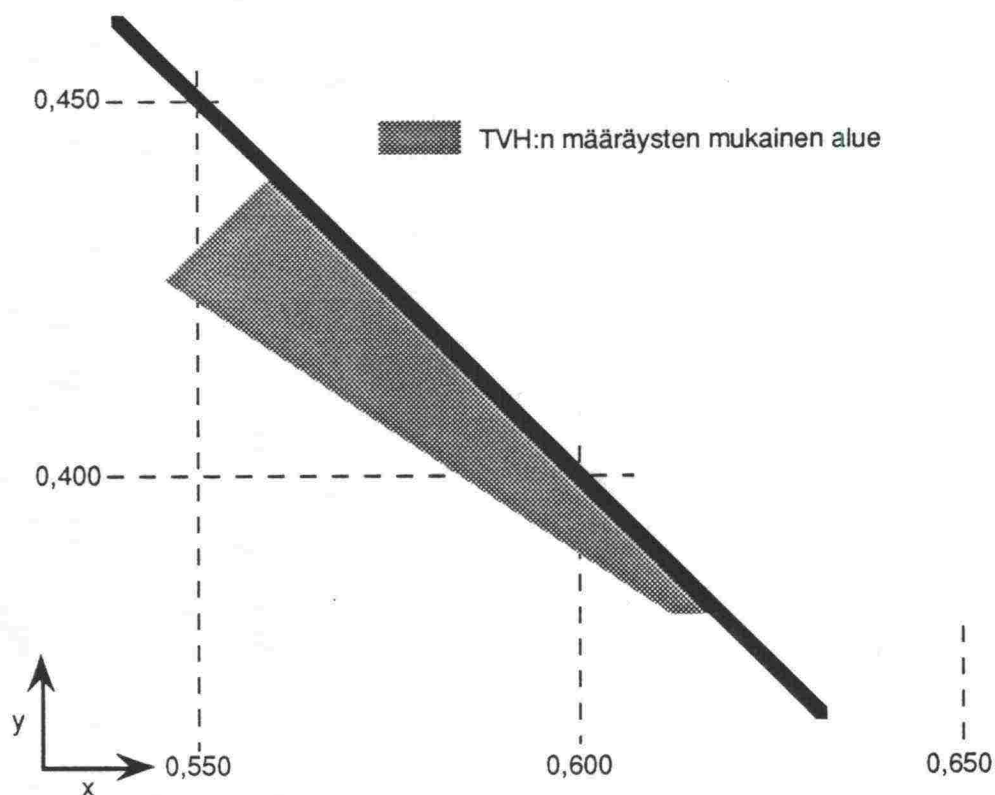
Nykyisen tilanteen kartoittamiseksi on osoittautunut tarpeelliseksi tehdä selvitys viimeisimmistä tutkimuksista ja eri maiden määräyksistä sekä tutkia mahdollisimman perusteellisesti valoteknisten vaatimusten perusteet.

2. VALON VÄRI

2.1 TVH:n määräysten mukaiset värit

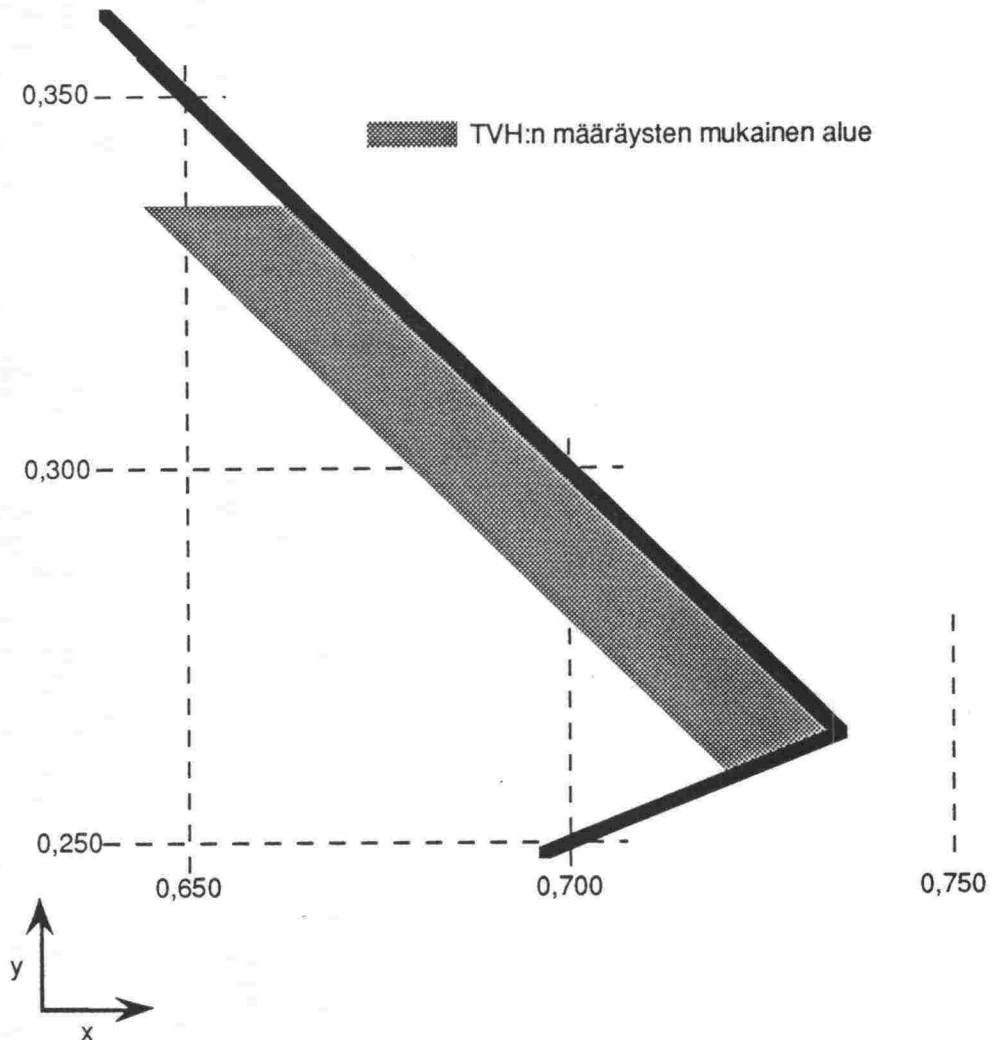
Suomessa käytettävien varoitusvilkkujen- ja lyhtyjen värit on määritelty TVH:n julkaisussa nro 741808. Linssin rakennetta rajoittavana tekijänä on lisäksi määrätty, että laitteen lähettämän valon väri tulee saada aikaan läpivärjätystä materiaalista valmistetun linssin avulla. Erillisten suodattimien käyttö on kielletty.

Suomessa on määritelty vilkkuvaa keltaista valoa ja kiinteää punaista valoa lähettävät laitteet. Kuvassa 1 on esitetty osa väriärsykediagrammista, johon on piirretty Suomessa vaadittu keltaisen valon alue.



Kuva 1. TVH:n määräysten mukainen keltaisen valon alue.

Punaisen valon alue on esitetty kuvassa 2.

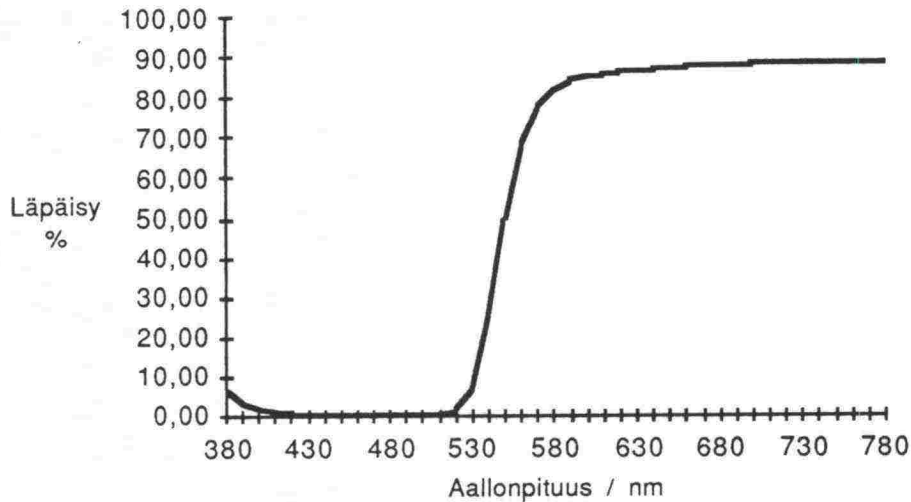


Kuva 2. TVH:n määräysten mukainen punaisen valon alue.

Sekä keltaisen että punaisen valon alueet ovat samat kuin CIE suosittelee. [CIE: International Commission of Illumination, Publication CIE no 2.2. , 1975, Colors of Light signals.]

Vertailtaessa erilaisia värillistä valoa lähettäviä varoituslaitteita keskenään on muistettava, että vain samanväristä valoa lähettäviä vilkkuja voi verrata keskenään, koska värillä on hyvin suuri vaikutus sen lähettämän valon määrään. Linssin läpäisyyn vaikuttaa paitsi vilkun optinen muoto myös linssiltä vaadittu väri. Kuvassa 3 on esitetty keltaisen linssin läpäisykäyrä. Se on kolmen suomessa hyväksytyyn linssin läpäisykäyrien keskiarvo.

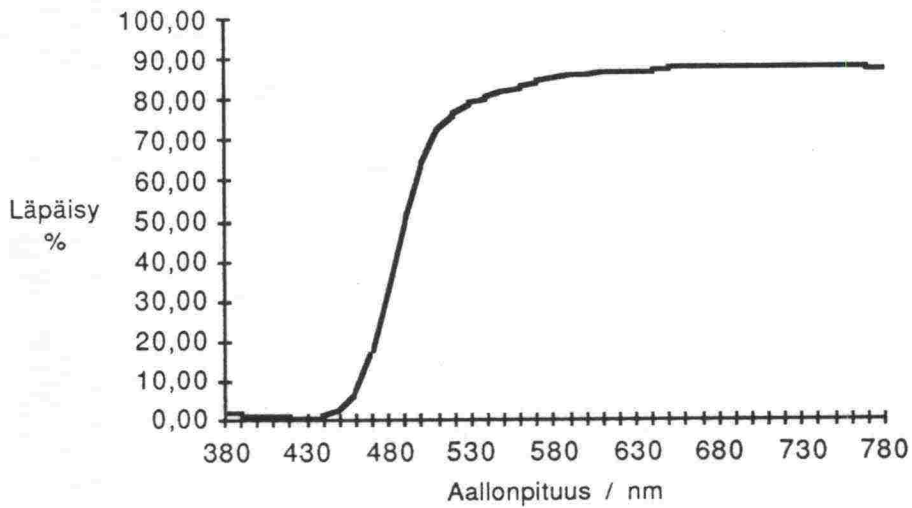
Mittauksissa kunkin linssin läpäisy mitattiin 3 mm paksulla suoralla linssin osalla.



Kuva 3. Suomalaisen keltaisen linssin läpäisykäyrä.

Jos valonlähteenä käytetään tavallista vilkkupolttimoa [Renpulssi 6 V (4V, 0.3A)], syöttöjännitteellä 6,0 V, niin kuvassa 3 esitetyn värinen linssi läpäisee vain n. 60 % siitä valosta, mikä tulee linssin sisäpintaan kohtisuoraan. Lisäksi luonnollisesti linssin pintaan vinosti tulevat valonsäteet saattavat osittain heijastua linssin sisäpinnasta.

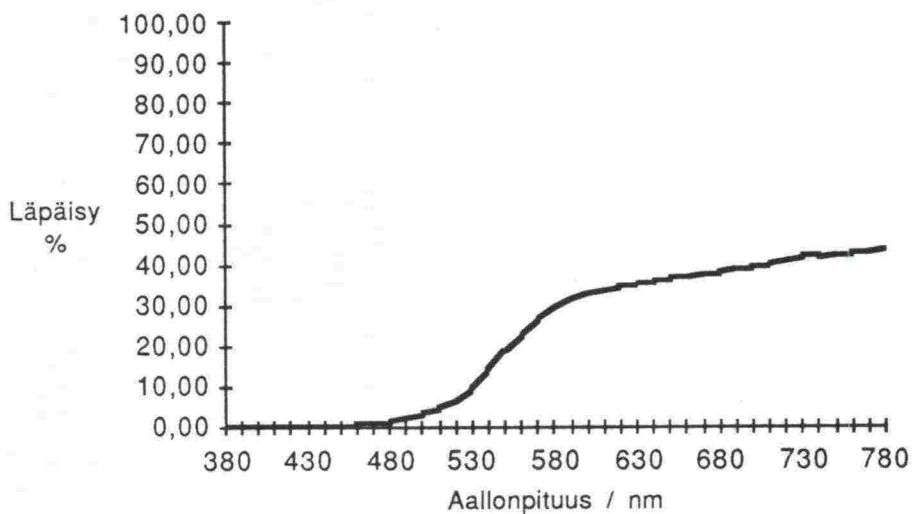
Varsinkin keskieurooppalaisissa vilkuissa käytetään usein kirkkaamman keltaista linssiä kuin Suomessa. Kuvassa 4 on esitetty tämäntyyppisen linssin läpäisykäyrä. Kyseinen käyrä on kahden erityyppisen NISSENin valmistaman keltaisen linssin läpäisykäyrien keskiarvo. Myös nämä käyrät mitattiin 3 mm paksuille linssin osille.



Kuva 4. NISSENin linssin läpäisy.

Tällainen linssi päästää lävitse vilkuissa käytetyn polttimon valosta n. 80 % eli samanlaisella polttimolla saadaan vilkusta ulos n. 35 % enemmän valoa vain linssin värieron takia.

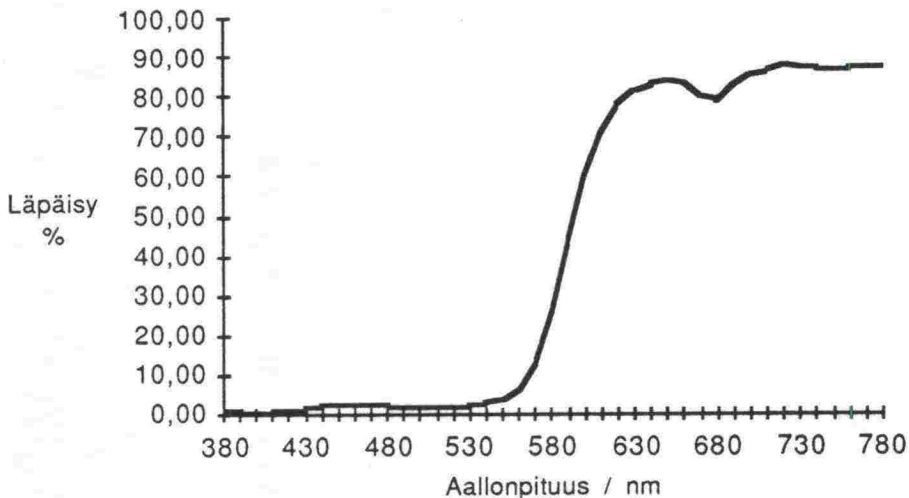
Kuvassa 5 on esitetty vertailun vuoksi myös keltaisen liikennevalolinssin läpäisykäyrä. Tämä käyrä on mitattu FUTURITin valmistamasta linsistä 3 mm paksusta kohdasta.



Kuva 5. FUTURITin keltaisen liikennevalolinssin läpäisy.

Tämäntyyppinen linssi läpäisee vain n. 25 % polttimon lähettämästä valosta, mutta silti sen lähetämän valon väri on hyvin lähellä tavallisen suomalaisen vilkun lähettämän valon väriä.

Kuvassa 6 on puolestaan esitetty suomalaisen punaisen linssin läpäisykäyrä.



Kuva 6. Suomalaisen punaisen linssin läpäisykäyrä.

Kuvassa 6 esitetty linssi läpäisee vain n. 30 % polttimon lähettämästä valosta, eikä tämä nimenomainen linssi edes ole vielä riittävän tummanpunainen, jotta se täyttäisi Suomen vaatimukset värin suhteen. (Valon väri ei osu vaaditulle alueelle, vaan on liian oranssia.)

Näin ollen samanlaisen valokuvion toteuttamiseen tarvitaan Suomessa käytetyillä linssien väreillä keltaisella vilkulla n. 60 % enemmän valoa kuin kirkkaalla linssillä. Vastaavasti punaisen vilkun toteuttaminen vaatii vähintään kaksi kertaa niin valotehokkaan polttimon kuin keltainen vilkku.

2.2 Muiden määräysten mukaiset värit

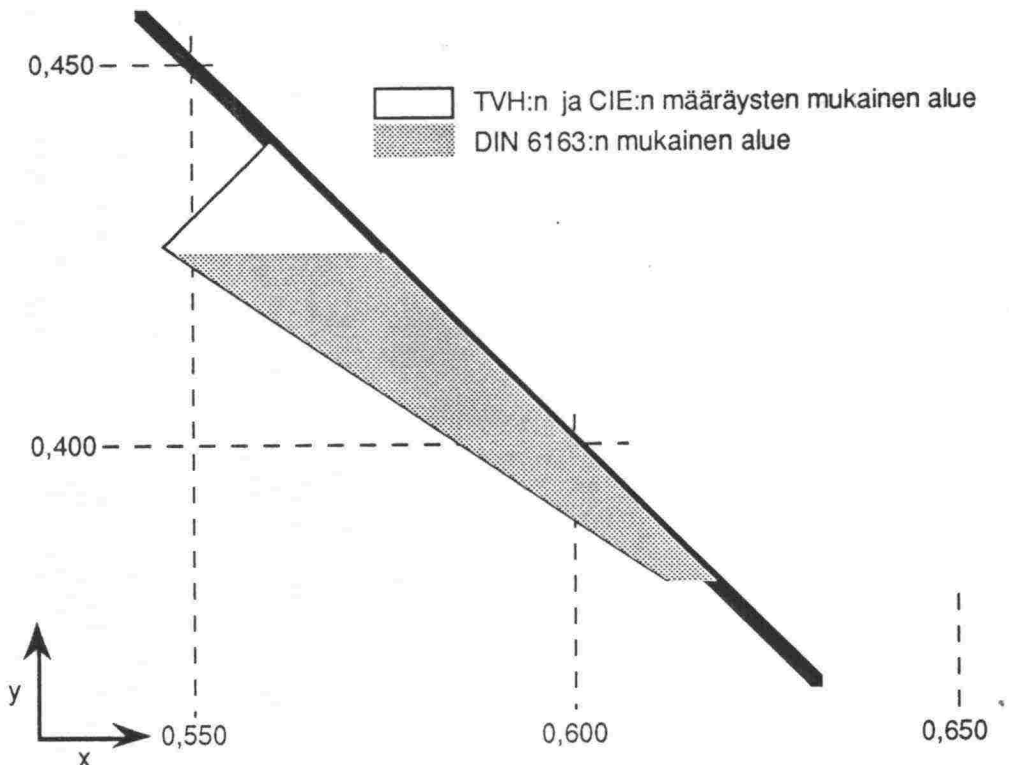
2.2.1 Keltainen

Suomessa käytetty keltaisen värin värialue on siis sama kuin CIE:n suosittama alue. Myös Ruotsissa ja Norjassa käytetään maantiekäyttöön tarkoitetuissa keltaisissa vilkuissa samaa väri- aluetta.

Jos vertaillaan CIE:n suosittamaa keltaisen värin aluetta muiden yleisesti käytettyjen normien ja ohjeiden määrittelemiin alueisiin, niin huomataan, että ne ovat melko samanlaisia.

Liikennevaloissa käytetty keltainen väri on määritelty normissa DIN 6163. Tämä määrittely on identtinen CIE:n ohjeiden kanssa, paitsi että DIN-normin mukainen alue on hieman suppeampi alueen vihreästä reunasta.

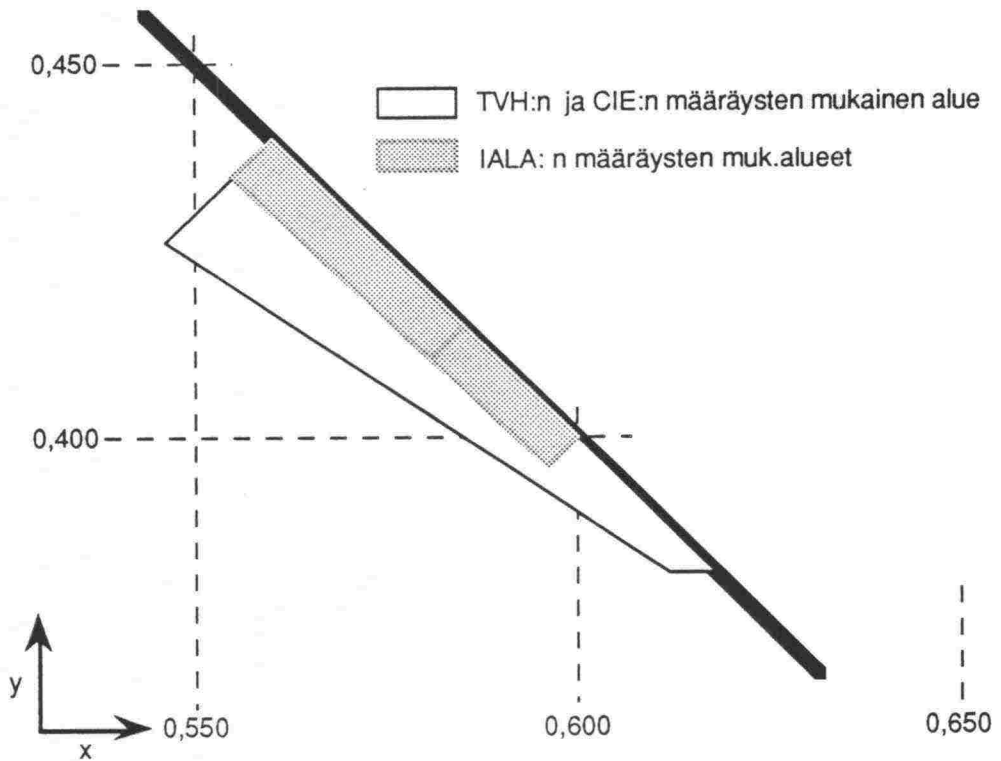
Kuvassa 7 on esitetty miten DIN-normin 6163 mukainen alue sijaitsee CIE:n määrittelemään alueeseen nähden.



Kuva 7. CIE:n ja DIN 6163:n mukaiset keltaisen valon alueet.

Merenkulussa on käytetään yleisimmin IALA:n antamien ohjeiden mukaisia värejä [IALA: Recommendations for the colours of light signals on aids to navigation, December 1977]. IALA käyttää kaikista väreistä kahta eri määrittelyä ns. yleistä aluetta ja suppeampaa aluetta. Keltaisen valon osalta nämä molemmat ovat hieman rajatumpia kuin CIE:n alue.

Kuvassa 8 on esitetty CIE:n ja IALA:n määrittelemät keltaisen valon alueet.



Kuva 8. CIE:n ja IALA:n mukaiset keltaisen valon alueet.

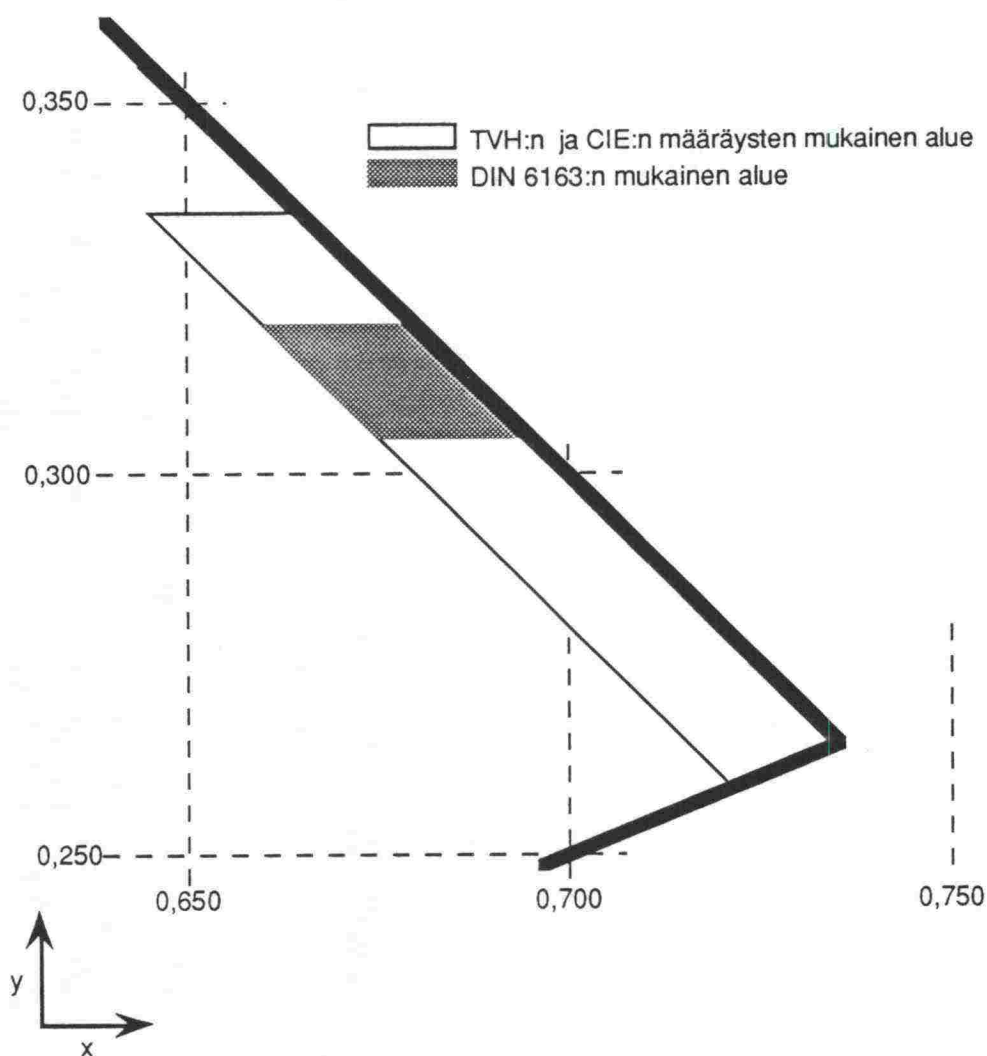
2.2.2 Punainen

Suomessa käytetty punaisen värin värialue on sama kuin CIE:n suosittama alue. Myös Ruotsissa ja Norjassa käytetään samaa värialueen määrittelyä.

Jos vertaillaan CIE:n suosittelemaa punaisen värin aluetta muiden yleisesti käytettyjen normien ja ohjeiden määrittelemiin alueisiin, niin huomataan, että muut alueet ovat selvästi suppeampia, joskin ne sijaitsevat samalla paikalla väriärsykediagrammissa.

Liikennevaloissa käytetty punaisen värin alue on suppeampi sekä alueen keltaisesta että tummanpunaisesta reunasta.

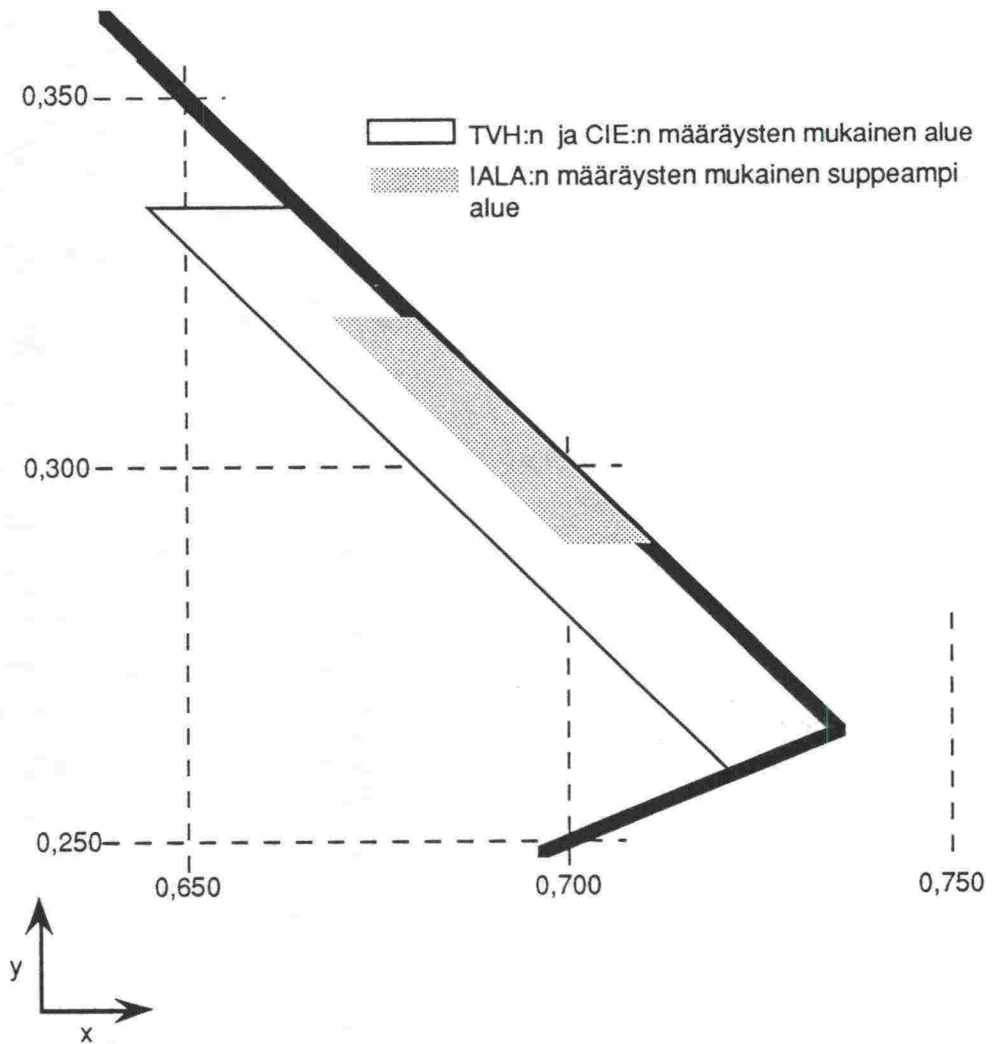
Kuvassa 9 on esitetty miten DIN-normin 6163 mukainen alue sijaitsee CIE:n määrittelemään alueeseen nähden.



Kuva 9. CIE:n ja DIN 6163:n mukaiset punaisen valon alueet.

IALA:n määrittelemä yleinen alue on sama kuin CIE:n alue, mutta suppeampi alue on huomattavasti rajatumpi.

Kuvassa 10 on esitetty CIE:n ja IALA:n määrittelemät punaisen valon alueet.



Kuva 10. CIE:n ja IALA:n mukaiset punaisen valon alueet.

3. VALOVOIMA

3.1 Yleistä

Tässä luvussa tarkastellaan miten vilkun valonjako vaikuttaa tarvittavaan valomäärään eli sitä kuinka suuri valovirta vaaditaan erityyppisten valonjakojen toteuttamiseksi. Myöskin eri pohjoismaiden määräyksiä vertaillaan keskenään tältä kanalta. Pohjoismaista on vertailussa käytetty seuraavia määräyksiä:

- Suomi: TVH / 12.11.1984, Julk. nro 741808
- Ruotsi: Trafiksäkerhetsverket / 1.1.1987
- Norja: Vegdirektoratet / 1.2.1985
- Tanskan määräyksistä ei saatu tietoja

3.2 Valokuvion muodon vaikutus

Erilaisten valonjakokuvioiden leveyden ja muodon vaikutusta tarvittavaan valovirtaan tutkittiin TTKK:ssa laaditulla tietokoneohjelmalla.

Tarkastellaan aluksi Suomen määräysten mukaista ympärisäteilevää vilkkua, jolle vaaditaan vertikaalisuunnassa "kolmiomainen" valonjako (kuva 3). Taulukossa 1 on esitetty kolmion leveyden ja sen reuna-alueella vaaditun valovoima-arvon suuruuden vaikutus tarvittavaan valovirtaan. Arvolla 100 on merkitty nykyisin käytössä olevan (kolmion leveys 5° / reuna-alueen valovoima 0,5 cd) yhdistelmän vaatimaa kokonaisvalovirtaa.

Taulukko 1. Erityyppisten kolmiomaisten valonjakojen vaatimat valovirrat.

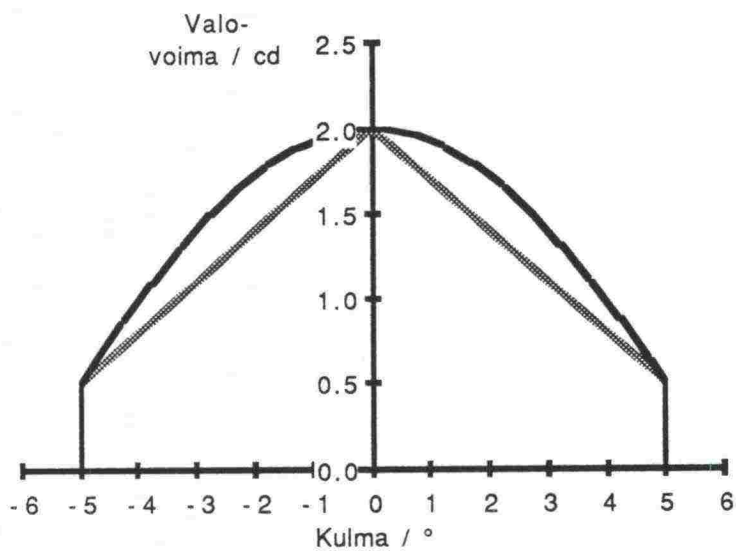
Leveys	Valovoima reunalla / cd					
	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25
2,5°	40	45	50	59	64	68
5°	81	90	100	119	129	139
7,5°	121	136	150	180	194	209
10°	161	181	200	240	259	279

Mikäli vaatimuksia muutettaisiin kolmiomaisesta valonjaosta valonjakoon, joka pyrki noudattamaan sinikäyrää, jonka huipparvo olisi 2 cd (kuten joissain merenkulkualan vaatimuksissa on esitetty), niin tällaisen valonjaon toteuttamiseen vaadittavat valovirrat olisivat taulukossa 2 esitetyn suuruiset.

Taulukko 2. Erilaisten sinimäisten valonjakojen vaatimat valovirrat.

Leveys	Valovoima reunalla / cd					
	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25
2,5°	51	55	58	62	65	68
5°	103	110	118	125	132	139
7,5°	154	166	177	188	198	209
10°	205	221	236	250	264	278

Vaaditut valovirrat on esitetty samassa skaalassa kuin taulukon 1 valovirrat, joten niitä voi suoraan verrata keskenään. Taulukosta huomataan, että mikäli vaatimuksena olisi sinimäinen valonjako, jossa vaadittaisiin valovoima-arvona horisonttaalitasossa 2 cd / 0,5 cd ja leveytenä vertikaalisuunnassa 5°, niin tällaisen valonjaon toteuttamiseen vaadittaisiin n.18 % enemmän valoa kuin nykyisen valokuvion aikaansaamiseen. Kuvassa 1 on esitetty edellä mainitut valonjaot samassa kuvassa.



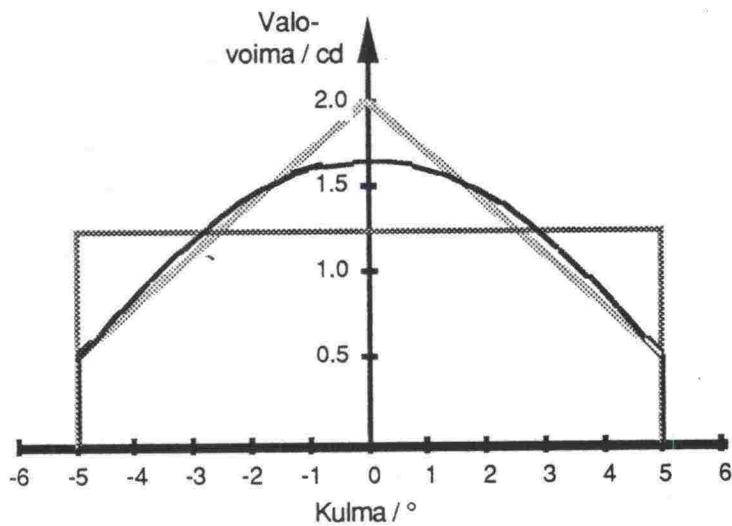
Kuva 1. Erilaisia vertikaalitason valonjakoja.

Taulukossa 3 puolestaan on verrattu "tasaisen" valonjaon toteuttamiseen tarvittavia valovirtoja eri levyisille valonjaoille.

Taulukko 3. Erilaisten tasaisten valonjakojen vaatimat valovirratt.

Leveys	Valovoima / cd		
	1,0	1,5	2,0
2,5°	40	61	81
5°	81	121	161
7,5°	121	181	242
10°	161	241	321

Kuvassa 2 on esitetty samalla valovirralla toteutettavissa olevat valonjaot, kun valonjakokäyrien muodot ovat edellä esitettyjen kaltaiset.

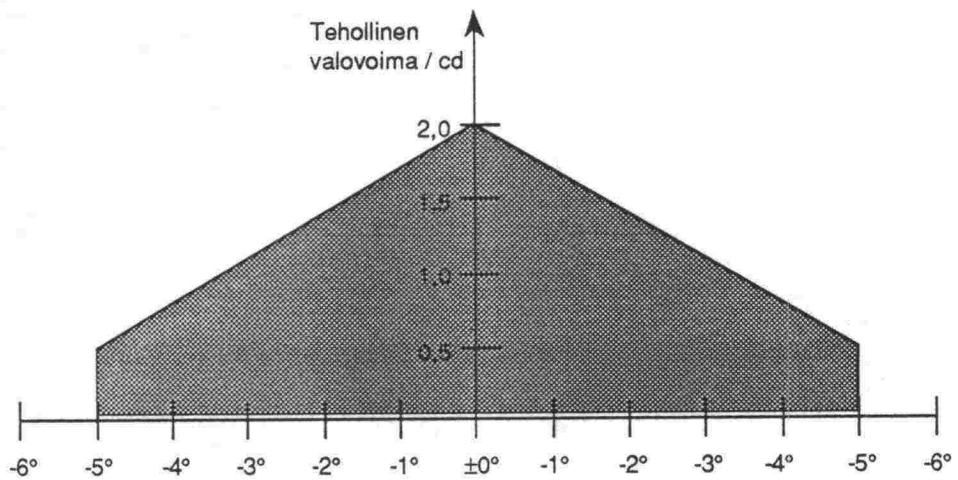
**Kuva 2.** Samalla valovirralla toteutettavissa olevat valonjaot.

Huomataan, että nykyisin Suomessa vaadittavaa "kolmiota" vastaa valovirraltaan tasainen valonjako, jonka valovoima-arvo on koko kulma-alueella n. 1,24 cd. Sinimäisen ja kolmiomaisen valonjaon ero on melko pieni, lähinnä kulmiin $-1,5^\circ \dots +1,5^\circ$ vaadittavissa valovoimissa on oleellista eroa.

3.3 Pohjoismaiset määräykset

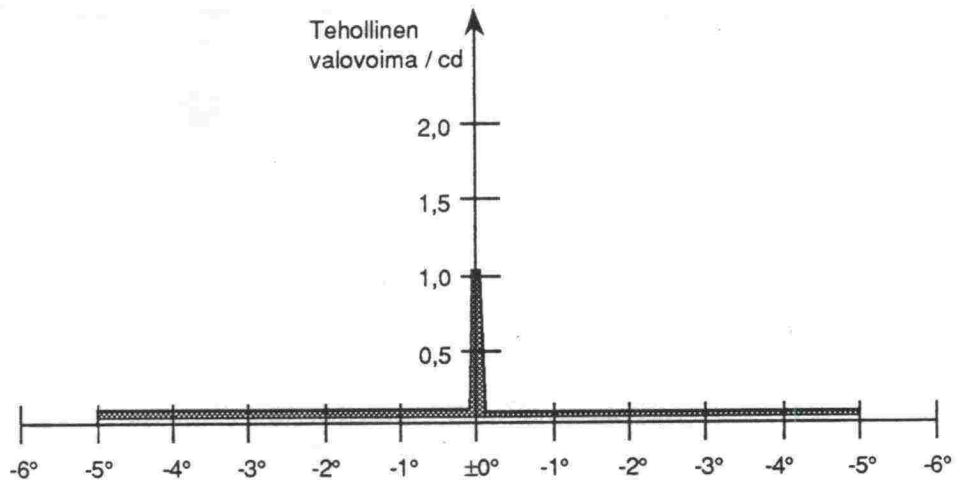
3.3.1 Ympärisäteilevät vilkut ja lyhdet

Suomessa vaaditaan ympärisäteilevälle keltaiselle vilkulle vertikaalisuunnassa vähintään kuvan 3 mukaiset tehollisen valovoiman arvot.



Kuva 3. Suomessa vaadittu ympärisäteilevän vilkun valonjako vertikaalitasossa.

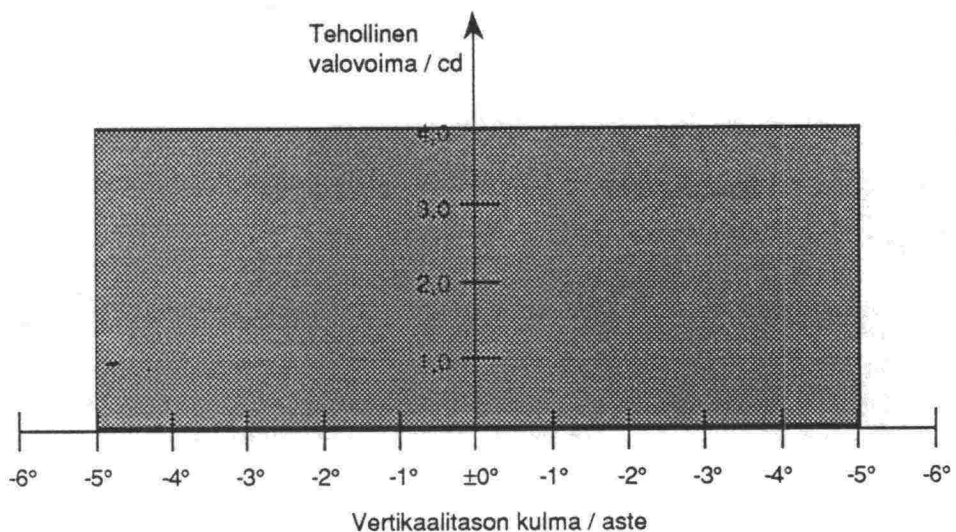
Ruotsissa vaaditaan ympärisäteilevän vilkun teholliseksi valovoimaksi horisonttaalitasossa keskimäärin vähintään 1 cd, ja muissa vertikaalitasoon kulmissa välillä -5° ... $+5^{\circ}$ pitää keskiarvon olla vähintään 10 % horisonttaalitasoon arvosta. Näin ollen esim. kuvan 4 mukainen vertikaalitasoon valonjako täyttäisi Ruotsin valotekniset vaatimukset.



Kuva 4. Ruotsin määräysten mukainen vähimmäisvalonjako.

Luonnollisesti täysin kuvan 4 mukaista valonjakoa on vaikea käytännössä toteuttaa. Kuvan valonjaon toteuttamiseen tarvitaan teoriassa vain n. 10 % Suomessa vaadittavan valonjaon tarvitsemasta valovirrasta.

Norjassa vaaditaan ympärisäteilevältä vilkulta päiväkäytössä vähintään 35 cd ja yökäytössä vähintään 4 cd vertikaalitasossa alueella $-5^{\circ} \dots +5^{\circ}$. Kuvassa 5 on esitetty Norjassa vaadittu minimivalonjako yökäytössä.



Kuva 5. Norjan määräysten mukainen valonjako.

Edellä esitettyä Norjan vaatimusta lieventää se, että Norjassa tehollinen valovoima lasketaan Allard'n menetelmällä, mikä yleensä antaa 15...30 % suurempia arvoja kuin Suomessa ja Ruotsissa käytetty Blondell-Rey'n laskentamenetelmä. Norjassa yökäyttöön vaaditun valonjaon toteuttaminen vaatii kuitenkin n. 2,5 kertaa enemmän valoa kuin Suomessa vaadittu valonjako.

Edellä esitettyjen ympärisäteilevien keltaisten vilkkujen lisäksi on Ruotsissa ja Norjassa määritelty kiinteä ympärisäteilevä keltainen lyhty, jolle on vaadittu valovoimaksi vähintään 2 cd koko vertikaalikulman alueella -5° ... $+5^{\circ}$, ja Ruotsissa lisäksi em. vaatimusten mukainen punainen lyhty.

3.3.2 Suunnatut vilkut ja lyhdyt

Suomessa vaaditaan suunnatulta keltaiselta hehkulamppuvilkulta tehollisen valovoiman keskiarvoksi vertikaalikulman alueella -5° ... $+5^{\circ}$ ja horisontaalikulman alueella -10° ... $+10^{\circ}$ vähintään 5 cd ja samalla alueella minimiarvoksi vähintään 2,5 cd. Kaasupurkausputkella varustetulle vilkulle (impulssivilkku) Suomessa vaaditaan horisontaalikulman -20° ... $+20^{\circ}$ alueella keskiarvoksi 0,75 cds, minkä toteuttaminen vaatii n. 7,5 kertaa sen valovirran minkä hehkulamppuvilkun valonjaon toteuttaminen.

Ruotsissa ja Norjassa vaaditaan koko alueella $\pm 5 / \pm 10^{\circ}$ teholliseksi valovoimaksi vähintään 4 cd. Teoriassa tällainen vilkku voidaan toteuttaa 25 % pienemmällä valovirralla kuin Suomen määräysten mukainen vilkku, mutta käytännössä tasaisen valokuvion tekeminen on hyvin vaikeaa, joten useimmissa tapauksissa Ruotsin määräykset tarkoittavat sitä, että jos minimi on 4 cd, niin keskiarvoksi ko. alueella tulee tällöin vähintään 8...10 cd, jolloin tarvittava valomäärä on kaksinkertainen Suomen määräyksiin nähden.

Edellä esitettyjen vilkkujen lisäksi Ruotsissa ja Norjassa on esitetty laatuvaatimukset kiinteää keltaista ja punaista valoa lähettäville suunnatuille lyhdyille. Suomessa on määritelty vain kiinteää punaista valoa lähettävä ympärisäteilevä lyhty.

4. TEHOLLINEN VALOVOIMA

4.1 Jatkuva valosignaali

Jaksollisen valosignaalin näkymiseen liittyvien eri tekijöiden ymmärtämiseksi tarkastellaan aluksi jatkuvaan valosignaaliin liittyviä kysymyksiä. Jatkuvaa valoa säteilevän valo-opastimen synnyttämä valaistusvoimakkuus havaitsijan silmän verkkokalvolla määrää näkykö valosignaali vai ei. Kuten on tunnettua, pisteäinen, jatkuvaa valoa lähettävä valonlähde synnyttää etäisyydellä s säteilysuuntaa vastaan kohtisuorassa olevalle tasolle valaistusvoimakkuuden

$$E = \frac{I \tau}{s^2} \quad (1) \quad , \text{jossa}$$

I valonlähteen valovoima,
 τ ilman läpäisevyys (< 1).

Jotta valonlähteestä etäisyydellä s oleva havaitsija kykenisi näkemään valosignaalin, täytyy olla voimassa ehto:

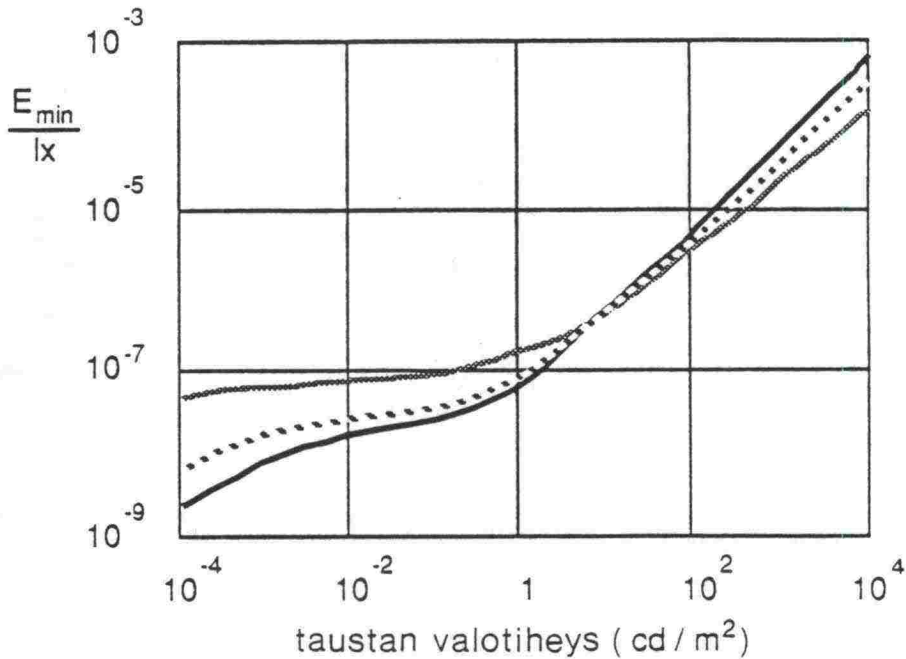
$$E = \frac{I \tau}{s^2} \geq E_{\min} \quad (2) \quad , \text{jossa}$$

E_{\min} pienin havaittavissa oleva valaistusvoimakkuus

Koska yleensä halutaan tietää, kuinka kauas määrätyn valovoimainen valosignaali määrätyissä sääolosuhteissa näkyy, on yhtälö (2) saatava ratkaistuksi etäisyyden s suhteen. Koska suljetussa muodossa olevaa ratkaisua ei ole, on tyydyttävä nomogrammiin, valmiiksi laskettuihin käyrästöihin tai numeeriseen ratkaisuun.

Pienin havaittavissa oleva valaistusvoimakkuus ei ole vakio, vaan riippuu mm. taustan luminanssista (kuva 1), valonlähteen paikasta näkökentässä, valonlähteen muodosta, näkökulmasta jossa

valonlähde näkyy sekä valon väristä. Kuvassa 1 esitetyt käyrät ovat voimassa vain jos havaintojen tekijä tietää tarkalleen missä valonlähde sijaitsee.



Kuva 1. Pienimmän havaittavissa olevan valkoisen valon valaistusvoimakkuuden riippuvuus taustan luminanssista eri tutkijoiden mukaan.

Esitetyt valaistusvoimakkuudet on kerrottava eräiden tutkimusten mukaan kymmenellä, jotta kohde olisi helposti löydettävissä, ja jos on kysymys tapauksesta, missä havaitsija ei etsi valosignaalia vaan signaalin on kiinnitettävä havaitsijan huomio puoleensa, nämä valaistusvoimakkuudet on kerrottava jopa tuhannella.

4.2 Jaksollinen valosignaali

Kun valo-opastimen signaali muodostuu samanmuotoisista säännöllisin väliajoin toistuvista valopulsseista, on valopulssin valovoiman huippuarvon oltava suurempi kuin jatkuvaa valoa lähettävän opastimen valosignaalin valovoiman, jotta molemmat signaalit näkyisivät yhtä kauas. Erilaisten jaksollista valosignaalia

lähettävien valo-opastimien tehokkuuden vertailemiseksi on otettu käyttöön käsite "valopulssin tehollinen valovoima". Sillä tarkoitetaan kyseisen pulssivaloa säteilevän valonlähteen kanssa täysin samanlaisissa olosuhteissa yhtä kauas näkyvän samanmuotoisen, -kokoisen ja -värisen jatkuvaa valoa lähettävän valo-opastimen signaalin valovoimaa. Kokeellisesti voidaan määrittää määrätynmuotoisen ja -suuruisen valopulssin tehollinen valovoima sijoittamalla kyseinen pulssivalonlähde niin kauas havaitsijasta, että se juuri ja juuri näkyy ja vertaamalla pulssivaloa sen vieressä säteilevään jatkuvaan valosignaaliin, jonka valovoimaa voidaan säätää. Suoritettujen tutkimusten mukaan tehollisen valovoiman laskentaan on ehdotettu useampia hieman erilaisia laskentamenetelmiä, joista yleisimmin käytössä ovat Schmidt-Clausenin, Allardin ja Blondell-Rey'n ehdottamat laskentakaavat. Nämä laskentakaavat antavat kuitenkin erisuuruisia tuloksia teholliselle valovoimalle, joten tämä on otettava huomioon kun vertaillaan eri maiden määräyksiä.

4.2.1 Schmidt-Clausenin menetelmä

Hetkellisen valovoiman vaihtelua ajan funktiona kuvataan funktiolla $I(t)$. Sen maksimiarvoa merkitään I_0 :lla. Määritellään valovoiman integraali koko valopulssin ajalta seuraavasti:

$$J = \int I dt \quad (3)$$

Tällöin Schmidt-Clausenin mukaan valopulssin tehollinen valovoima I_e saadaan yhtälöstä:

$$I_e = \frac{J}{C + \frac{J}{I_0}} \quad (4) \quad , \text{jossa}$$

C on aikavakio, jonka arvona käytetään 0,2 s yöaikaan ja 0,1 s päiväaikaan tapahtuvalle havainnoinnille. Kaava tässä muodossa sopii erityisen hyvin purkausputkien tehollisen valovoiman laskentaan, joille J voidaan helposti mitata suoraan. Pidemmille valopulsseille voidaan käyttää tästä kaavasta muotoa

$$I_e = \frac{I_0 \tau}{\frac{C}{F} + \tau} \quad (5) \quad \text{jossa}$$

τ valopulssin kokonaiskesto aika

F Schmidt-Clausen'n muotokerroin, joka on määritelty seuraavasti:

$$F = \frac{\int_{t_1}^{t_2} I(t) dt}{I_0 \times (t_2 - t_1)} \quad (6) \quad \text{jossa}$$

t_1 valopulssin alkuhetki

t_2 valopulssin loppuhetki eli $\tau = t_2 - t_1$

Hyvin lyhyillä valopulsseilla t :n arvo tulee merkityksettömän pieneksi C/F :n verrattuna, joten yhtälö (5) voidaan kirjoittaa:

$$I_e = \frac{J}{C} \quad (7)$$

Tätä muotoa voidaan käyttää valopulsseille, joiden kesto aika on alle 0,05 s. Kun $C = 0,2$, niin tällöin

$$I_e = 5 \times J \quad (8)$$

4.2.1 Allardin menetelmä

Myös tässä menetelmässä lähdetään liikkeelle valopulssin aika-funktiosta $I(t)$. Vastaava hetkellinen tehollinen valovoima määritellään funktiona $i(t)$. Allardin mukaan:

$$\frac{di}{dt} = \frac{I(t) - i(t)}{A} \quad (9) \quad \text{jossa}$$

A on aikavakio, jolle käytännön laskuissa voidaan käyttää arvoa 0,2 s. Allard'n mukaan valopulssin tehollinen valovoima I_e on

tällöin $i(t)$:n maksimi-arvo. Yhtälöstä (9) voidaan ratkaista:

$$i(t) = \int_{t_1}^t \frac{l(u)}{A} e^{-\frac{(t-u)}{a}} \quad (10) \quad ,jossa$$

t_1 on valopulssin alkuhetki

Hyvin lyhyillä valopulsseilla tehollisen valovoiman arvoksi tulee

$$I_e = \frac{J}{A} \quad (11) \quad ,jossa$$

J valopulssin integraali, kuten yhtälössä (3)

joten jos $A = C$ niin nämä kaksi menetelmää antavat saman tuloksen hyvin lyhyille valopulseille.

4.2.1 Blondell-Rey'n menetelmä

Blondell-Rey'n mukaan tehollinen valovoima I_e voidaan määrittellä seuraavasti:

$$I_e = \frac{\int_{t_1}^{t_2} l(t) dt}{a + (t_2 - t_1)} \quad (12) \quad ,jossa$$

$I(t)$ funktio, joka kuvaa hetkelisen valovoiman i vaihtelua ajan t funktiona

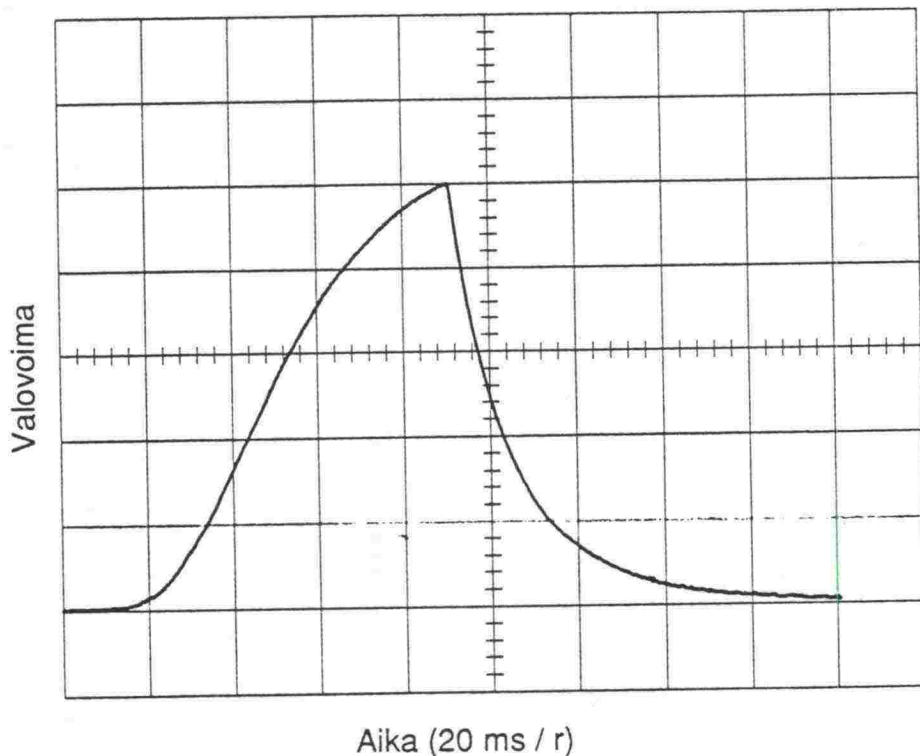
a Blondell-Rey'n aikavakio

t_1, t_2 ajanhetket, jolloin $I(t) = I_e$

Alunperin Blondell-Rey'n tutkimuksissa ei ajanhetkille t_1 ja t_2 määriteltä mitään tiettyä arvoa, vaan myöhemmin Douglas ehdotti, että t_1 ja t_2 valittaisiin siten, että I_e :lle tulisi maksimi-arvo. Hän myös osoitti, että maksimi-arvo saavutetaan, kun $I(t_1) = I(t_2) = I_e$.

4.3 Erilaisten valopulssien tehollisia valovoimia

Käytännön mittauksilla haluttiin selvittää, millaisia tehollisia valovoimia nykyisten varoitusvilkkujen valopulsseille saadaan eri laskentamenetelmillä. Tämän selvittämiseksi mitattiin neljän eri valopulssin valovoiman vaihtelu ajan funktiona, jonka jälkeen kullekin pulssille laskettiin eri menetelmillä tehollinen valovoima. Kuvassa 1 on esitetty hehkulamppuvilkun valopulssi, jossa sähköinen pulssi on n. 90 ms pitkä.

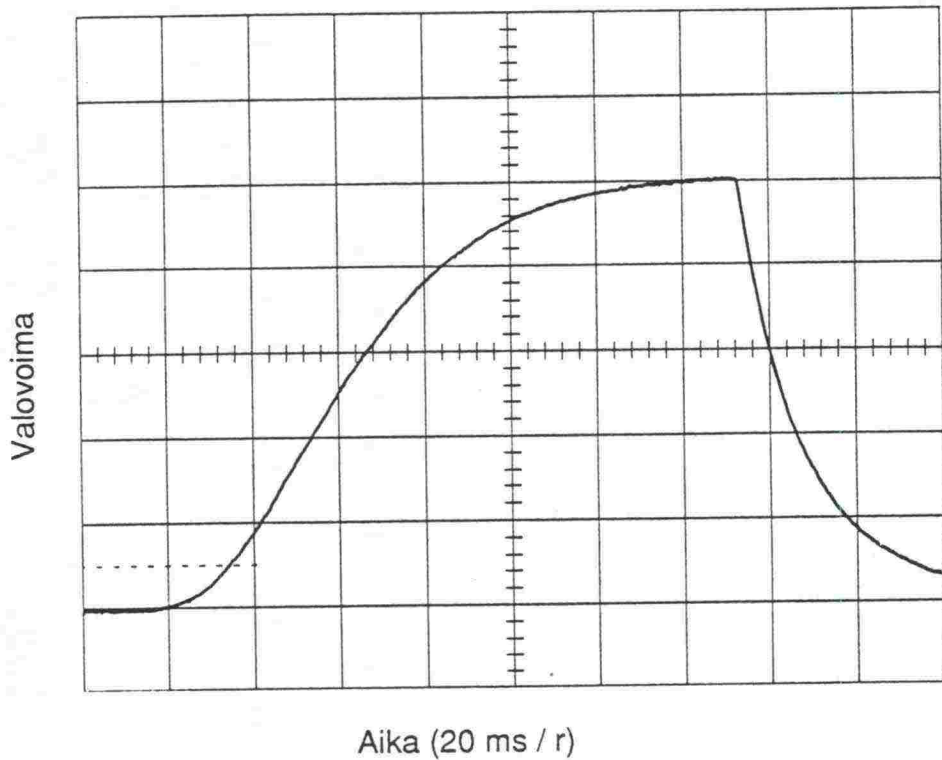


Kuva 1. Valopulssin aikafunktio $I(t)$.

Tälle valopulssille saadaan eri laskentamenetelmillä seuraavat teholliset valovoimat:

Schmidt-Clausen	0,219 x huippuarvo
Allard	0,215 x huippuarvo
Blondell-Rey	0,181 x huippuarvo

Kuvassa 2 on esitetty hehkulamppuvilkun valopulssi, jossa sähköinen pulssi on n. 150 ms pitkä.

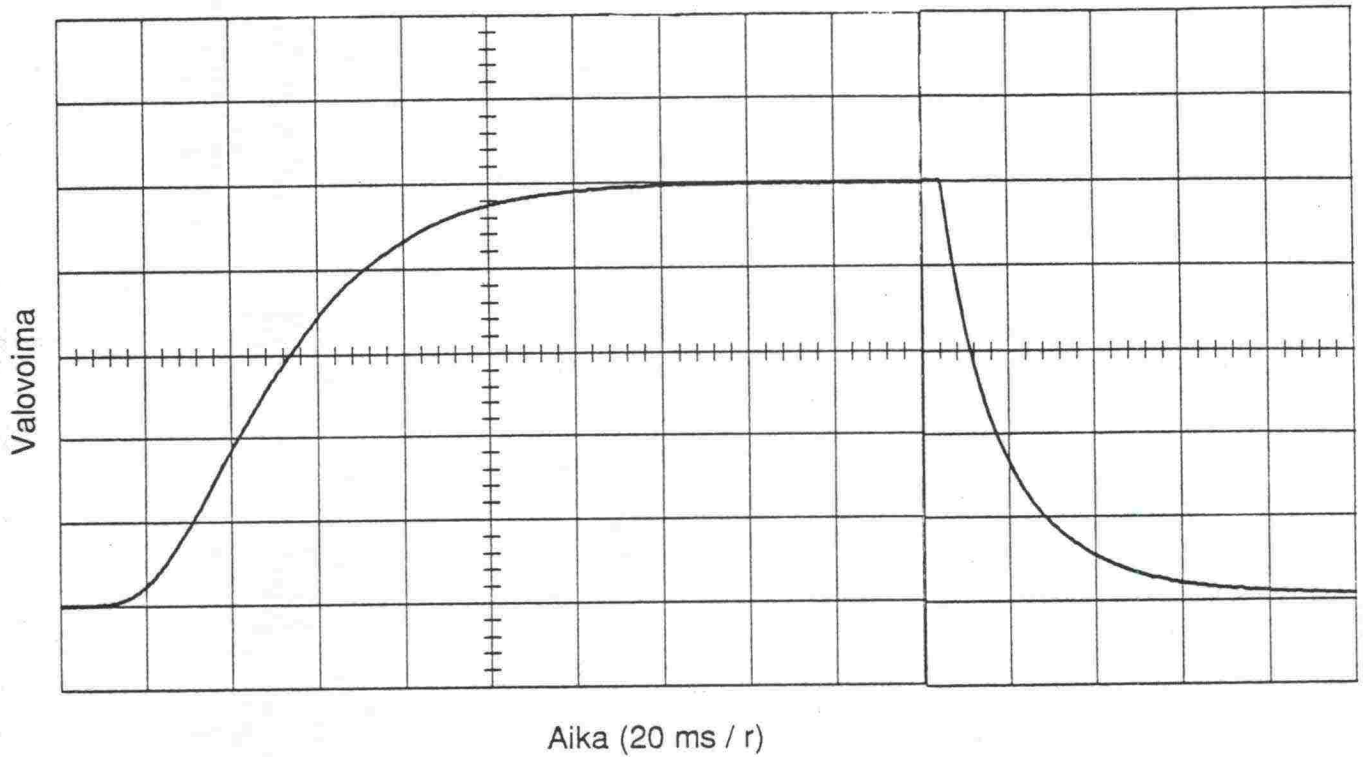


Kuva 2. Valopulssin aikafunktio $I(t)$.

Tälle valopulssille saadaan eri laskentamenetelmillä seuraavat teholliset valovoimat:

Schmidt-Clausen	0,349 x huippuarvo
Allard	0,377 x huippuarvo
Blondell-Rey	0,301 x huippuarvo

Kuvassa 3 on esitetty hehkulamppuvilkun valopulssi, jossa sähköinen pulssi on n.205 ms pitkä.

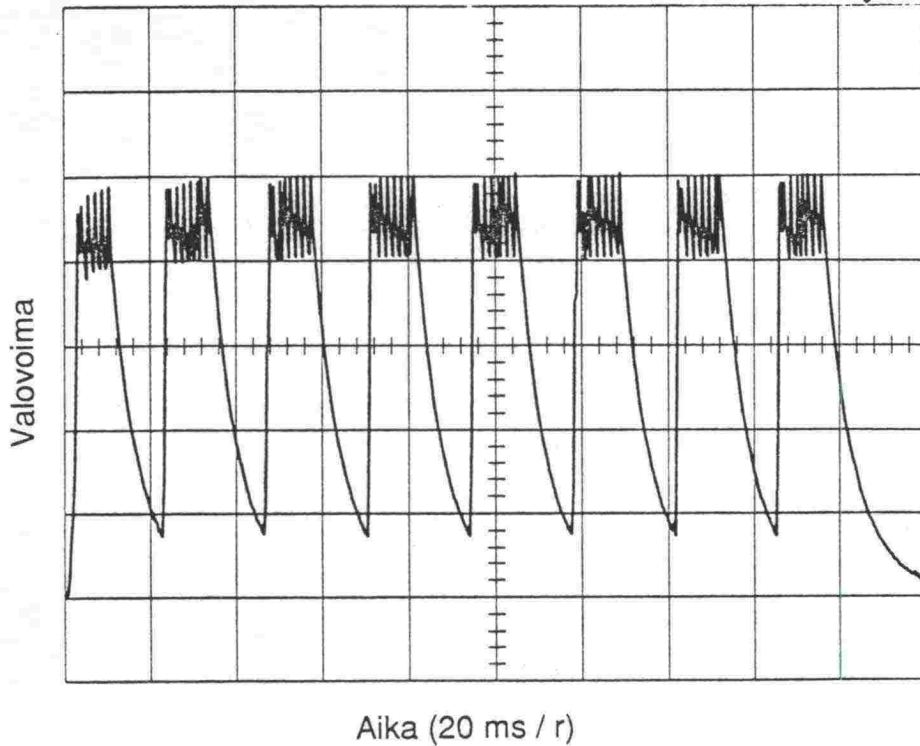


Kuva 3. Valopulssin aikafunktio $I(t)$.

Tälle valopulssille saadaan eri laskentamenetelmillä seuraavat teholliset valovoimat:

Schmidt-Clausen	0,460 x huippuarvo
Allard	0,542 x huippuarvo
Blondedll-rey	0,419 x huippuarvo

Kuvassa 4 on esitetty hakkuriperiaatteella toteutetun hehkulamp-
puvilkun valopulssi, jossa sähköinen pulssi on n. 175 ms pitkä.



Kuva 4. Valopulssin muoto

Tälle valopulssille saadaan eri laskentamenetelmillä seuraavat teholliset valovoimat:

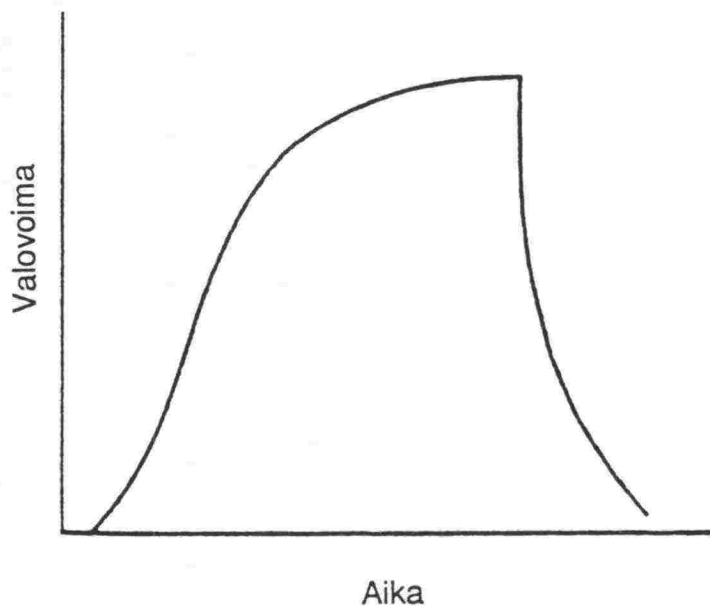
Schmidt-Clausen	0,369 x huippuarvo
Allard	0,370 x huippuarvo
Blondell-Rey	0,300 x huippuarvo

Kuten edellä olevista esimerkeistä huomataan, saadaan eri laskentamenetelmillä huomattavasti toisistaan poikkeavia arvoja teholliselle valovoimalle. Esimerkiksi otetuilla pulsseilla suurimmat erot olivat n. 30 % luokkaa, tyypillisesti 20...25 %. Näin ollen on selvää, että mikäli eri maiden varoitusvilkkujen laatuvaatimuksia aiotaan yhdenmukaistaa, niin myös tehollisen valovoiman laskentaan liittyvät käsitteet ja kaavat on saatava yhdenmukaisiksi eri maissa.

5. TEHOLLISEN VALOVOIMAN LASKENTA

5.1. Yksittäinen valopulssi

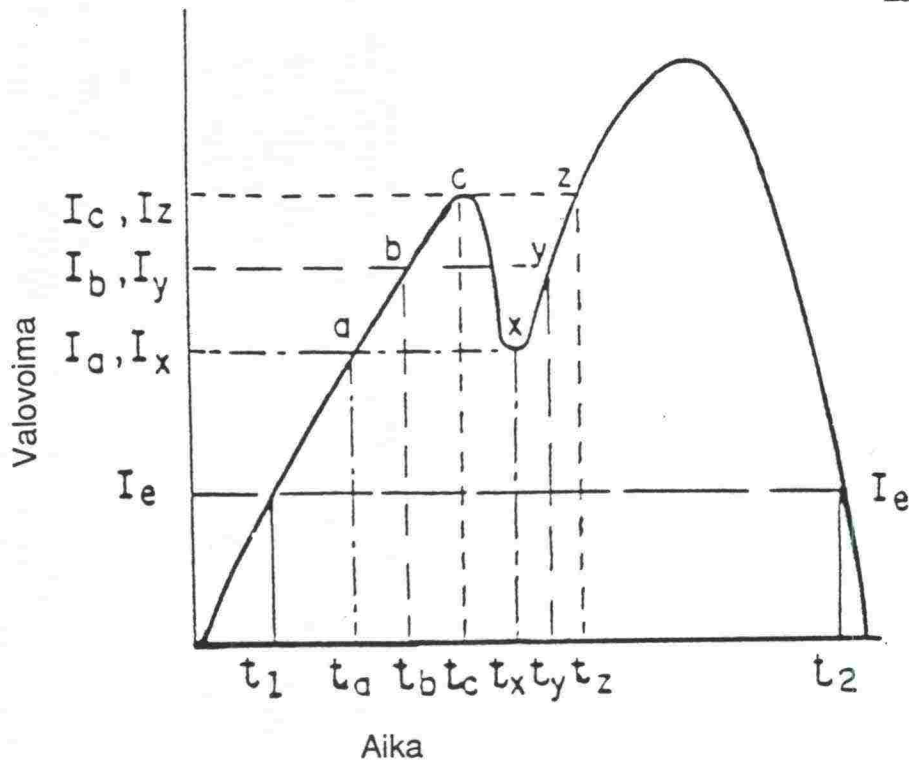
Tyypillinen hehkulampan valopulssin valovoiman muuttuminen ajan funktiona on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Hehkulamppuvilkun valopulssin valovoima ajan funktiona

Tällaisesta pulssista on helppo laskea tehollinen valovoima, koska ajanhetket t_1 ja t_2 luvun 4 kaavoissa 6, 10 ja 12 ovat yksikäsitteisesti määrättävissä.

Kuvassa 2 on esitetty toisentyyppinen valopulssi, jossa I_b edustaa keskimääräistä valovoimaa ajanvälillä $t_b \dots t_y$. (Valopulssissa aikaväli $t_c \dots t_z$ on niin lyhyt, että valovoiman hetkellistä pienene- mistä ei voi silmin havaita.)



Kuva 2. Useampihuippuinen valopulssi

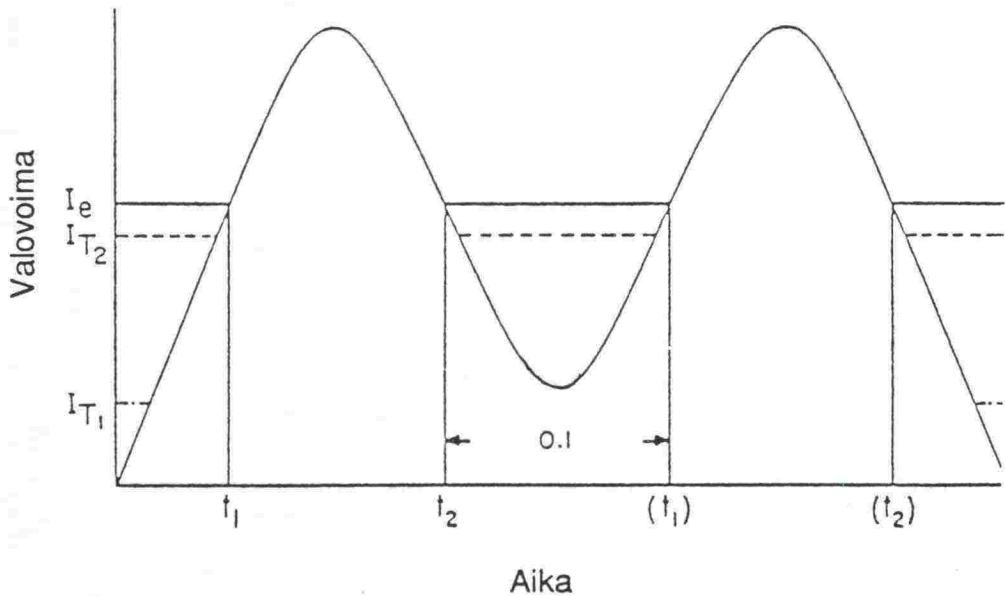
Jos I_e on pienempi kuin I_a tai suurempi kuin I_z , niin tehollisen valovoiman laskenta ei tuota ongelmia.

Jos sensijaan I_e on välillä $I_a \dots I_z$, niin tehollisen valovoiman laskemisessa ajanhetkien t_1 ja t_2 määrittely saattaa tuottaa vaikeuksia. Voidaan kuitenkin osoittaa, että jos valopulssin osa välillä $t_b \dots t_y$ pysyy muuttumattomana muun pulssin muuttuessa, niin aikaisempi ajanhetki (t_1) voi olla joko välillä $t_a \dots t_b$ tai välillä $t_y \dots t_z$, mutta ei koskaan välillä $t_b \dots t_y$. Jos I_e on yhtäsuuri kuin I_b , niin joko ajanhetkeä t_b tai t_y voidaan käyttää ja molemmissa tapauksissa saadaan lopputulokseksi sama tehollisen valovoiman arvo I_e . Jos taas valopulssit ovat selvästi erillisiä käytetään kohdassa 5.2 esitettyjä menetelmiä.

5.2 Toistuva valopulssi

Vilkkuvilla varoitusvaloilla on perättäisten välähdysten väli useimmiten niin pitkä, että yksittäisellä välähdyksellä ei ole vaikutusta muiden välähdysten teholliseen valovoimaan. Jos kuitenkin valopulssit ovat riittävän lähellä toisiaan, niin ne myös vaikuttavat koko pulssiryhmän teholliseen valovoimaan. Esi-

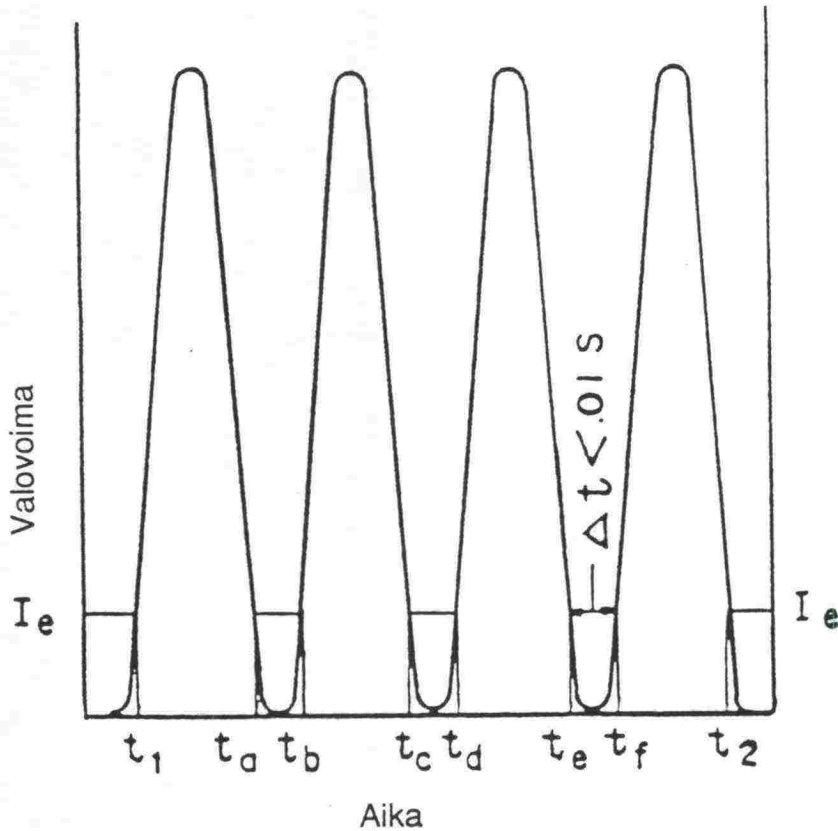
merkkinä voidaan tarkastella valopulssia, jonka valovoiman vaihtelu ajan funktiona on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Kaksihuippuinen valopulssi

Kuvassa on valovoimaa, jolla kiinteä valo juuri ja juuri näkyy merkitty I_T :llä. Jos tämä valovoima on paljon pienempi kuin I_e , (kuvassa I_{T_1}), niin valopulssi nähdään jatkuvana pulssina, jossa on kaksi huippua. Jos kuitenkin kyseinen valovoima on suunnilleen samaa luokkaa kuin I_e (I_{T_2}), niin havaitsija näkee kaksi eri valopulssia.

Jos kuitenkin välähdysten väli on huomattavasti pienempi kuin kuvassa 3 esitetyllä pulssiparilla, niin tilanne muuttuu. Jos ne ajat, jolloin valovoima pulssin aikana on pienempi kuin tehollinen valovoima ovat alle 0,01 s, niin silmä tulkitsee valosignaalin yhtenä pulssina. Kuvassa 4 on esimerkki tällaisesta pulssisarjasta.



Kuva 4. Peräkkäiset valopulssit

Tällöin tehollinen valovoima voidaan laskea kaavasta:

$$I_e = \frac{\int_{t_1}^{t_a} I dt + \int_{t_b}^{t_c} I dt + \int_{t_d}^{t_e} I dt + \int_{t_f}^{t_2} I dt}{a + (t_2 + t_1)} \quad (1)$$

t_1 ja t_2 ensimmäinen ja viimeinen ajanhetki, jolloin

$$I = I_e$$

I_e pulssiryhmän tehollinen valovoima

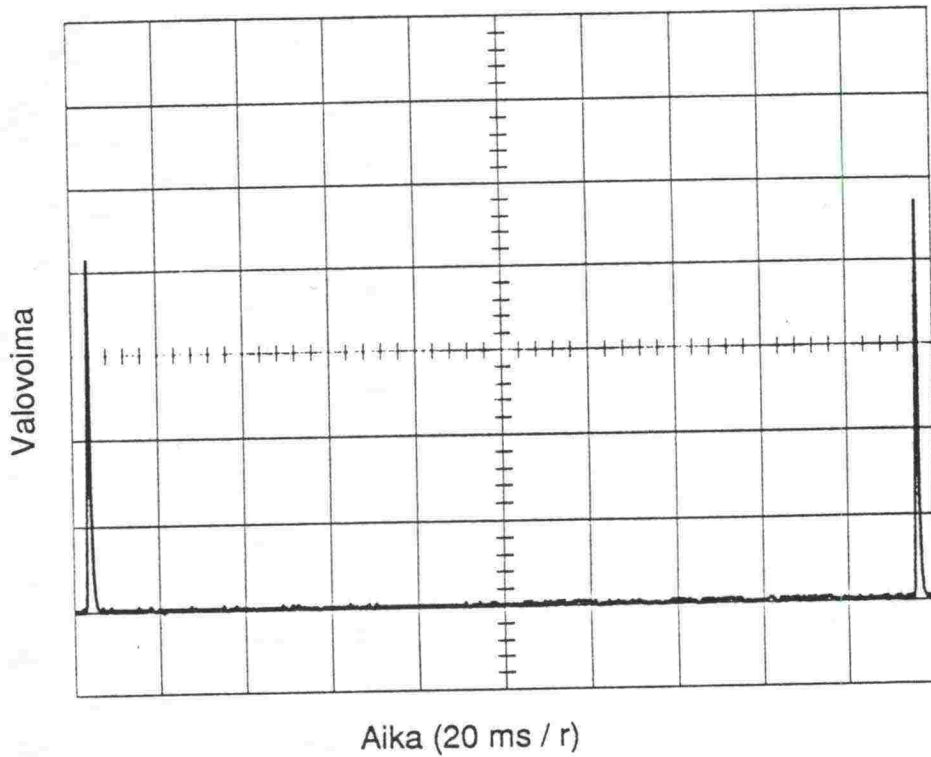
On nimenomaan huomattava, että I_e tarkoittaa koko pulssiryhmän, eikä yksittäisen pulssin tehollista valovoimaa.

Jos niiden ajanhetkien väli, jolloin valovoima on alle tehollisen valovoiman on luokkaa 0,1 sekuntia tai enemmän, niin havaitsija näkee erillisiä pulsseja. Näin ollen myös tehollinen valovoima on tällaisessa tapauksessa laskettava yksittäisen pulssin valovoimista.

Jos "pimeät hetket" ovat 0,01 sekunnin ja 0,1 sekunnin välillä,

niin tehollinen valovoima on yksittäisen pulssin tehollisen valovoiman ja koko pulssiryhmän tehollisen valovoiman välillä.

Esimerkkinä tarkasteltiin myös kuvan 5 mukaista pulssia.



Kuva 5. Valovoiman vaihtelu ajan funktiona

Jos tehollinen valovoima lasketaan Blondel-Rey'n kaavasta

$$I_e = \frac{\int_{t_1}^{t_2} I(t) dt}{a + (t_2 - t_1)} \quad (2)$$

niin ensimmäiselle pulssille saadaan teholliseksi valovoimaksi $I_e = 76,5$ cds ja toiselle $84,5$ cds. Mikäli t_1 ja t_2 valitaan siten, että ne ovat ensimmäisen pulssin alussa ja toisen pulssin lopussa, niin pulssien yhteinen teholliseksi valovoimaksi saadaan $I_{etot} = 157$ cds. Tässä tapauksessa ei ole merkittävää eroa sillä, lasketaanko tehollinen valovoima kaavasta (1) vai (2).

6. SYTTYMINEN JA SAMPUMINEN

6.1 Määräykset vilkkujen toiminnasta

TVH:n laatuvaatimusten mukaan muut paitsi verkkokäyttöiset ja kaasupurkausputkella varustetut varoitusvilkut tulee olla varustettu valokennolla, joka sytyttää ja sammuttaa automaattisesti laitteen ympäristön valaistusvoimakkuuden mukaan siten, että laite on toiminnassa aina ympäristön valaistusvoimakkuuden ollessa alle 50 lx ja että laite ei toimi ympäristön valaistusvoimakkuuden ollessa yli 500 lx. Lisäksi automatiikka tulee järjestää siten, että horisontaalitasossa 10 metrin etäisyydeltä tuleva 100 000 cd valo ei sammuta sitä. Tämä vaatimus vastaa 1000 lx valaistusvoimakkuutta horisontaalitasossa.

Ruotsin laatuvaatimusten mukaan vilkun syttymis- ja sammumisautomaatiikan toiminta-alue tulee olla 50...300 lx. Horisontaalitasossa tuleva 5000 lx:n valo ei saa sammuttaa vilkkua.

Norjan vaatimusten mukaan laitteiden pitää olla niin säädetty, että ne syttyvät, kun ympäristön valaistusvoimakkuus on pienempi kuin 500 ± 50 lx ja sammuvat, kun se ylittää 1000 ± 100 lx. Vaakatasossa 10 m etäisyydeltä tuleva 100 000 cd valo ei saa sammuttaa vilkkua.

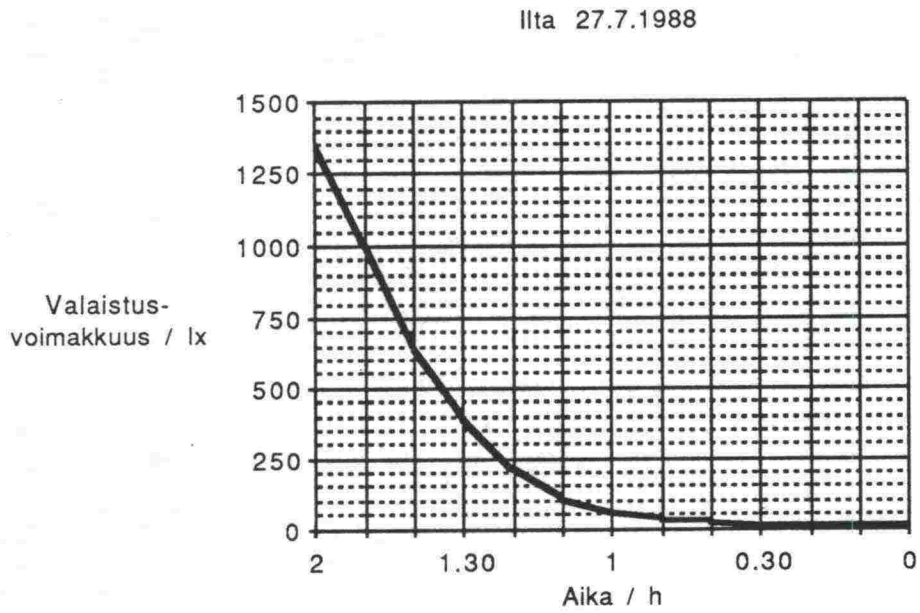
6.2 Ympäristön valaistusvoimakkuuden muutosnopeudet

Koska pohjoismaisissa määräyksissä on eroja syttymis- ja sammumisvaatimusten suhteen, niin päätettiin selvittää kuinka suuri vaikutus näillä eroilla on vilkun todelliseen toiminta-aikaan normaaleissa käyttöolosuhteissa. Tätä varten konstruointi mittauslaitteisto, jolla voitiin rekisteröidä valaistusvoimakkuuden muutosnopeudet sekä auringon noustessa että laskiessa. Käytännössä mittaus hoidettiin siten, että TTKK:n sähköosaston erään kattoikkunan alle asennettiin luksimittari, jolloin mittarista saatiin piirturille signaali, joka oli verrannollinen valaistusvoimak-

kuuden muuttumiseen katolla. Kyseinen kattoikkuna sijaitsee tasakatolla, joten tilanne vastasi melko hyvin aukean paikan valaistusvoimakkuuden muutoksia. Mittauslaitteiston kalibrointi suoritettiin siten, että piirturille tulevaa signaalia verrattiin katolla vapaassa ulkoilmassa olevan luksimittarin näyttämään. Mittauksia tehtiin 15.6.1988...5.1.1989 välisenä aikana noin kuukauden välein sekä selkeinä että pilvisinä iltoina ja aamuina.

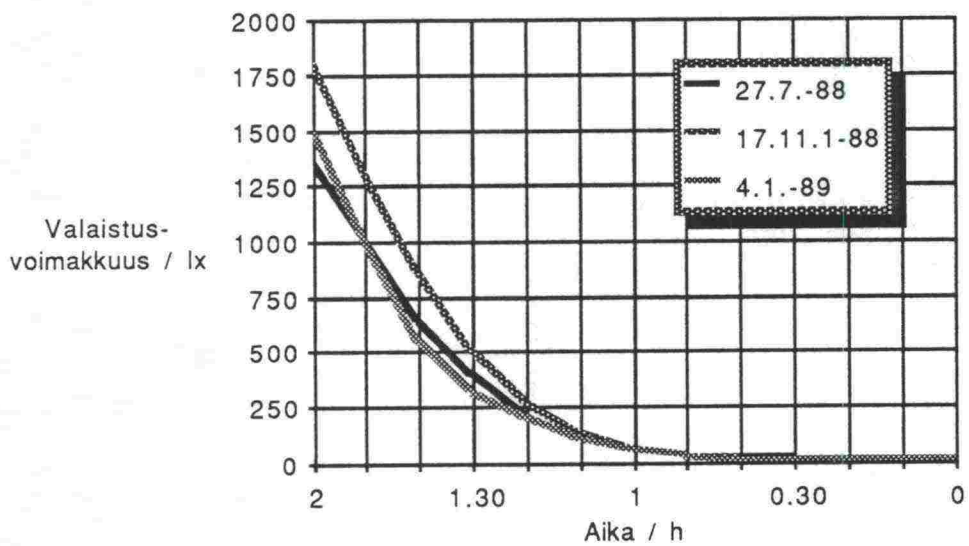
Tuloksia tarkasteltaessa havaittiin, että mikäli tarkastellaan ajanhetkiä, jolloin valaistusvoimakkuus ulkona on välillä 50...1000 lx, niin eri vuodenaikojen ja sääolosuhteiden välillä ei ole merkittäviä eroja. Esimerkiksi suomalaisten laatuvaatimusten mukaisella alueella (50...500 lx) ympäristön valaistusvoimakkuus on iltaisin ja aamuisin tyypillisesti vain n. 35...40 min. Ero Suomen ja Ruotsin määräysten välillä (500 lx / 300 lx) tarkoittaa käytännössä sitä, että vilkku joka on säädetty toimimaan 500 lx:n valaistusvoimakkuudessa, toimii vuorokaudessa n. 20 min kauemmin kuin vilkku, joka on säädetty toimimaan 300 lx:n valaistusvoimakkuudessa.

Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen valaistusvoimakkuuden muuttuminen auringon laskiessa. Tämä mittaus on tehty 27.7.1988, jolloin oli pilvetön ilta.



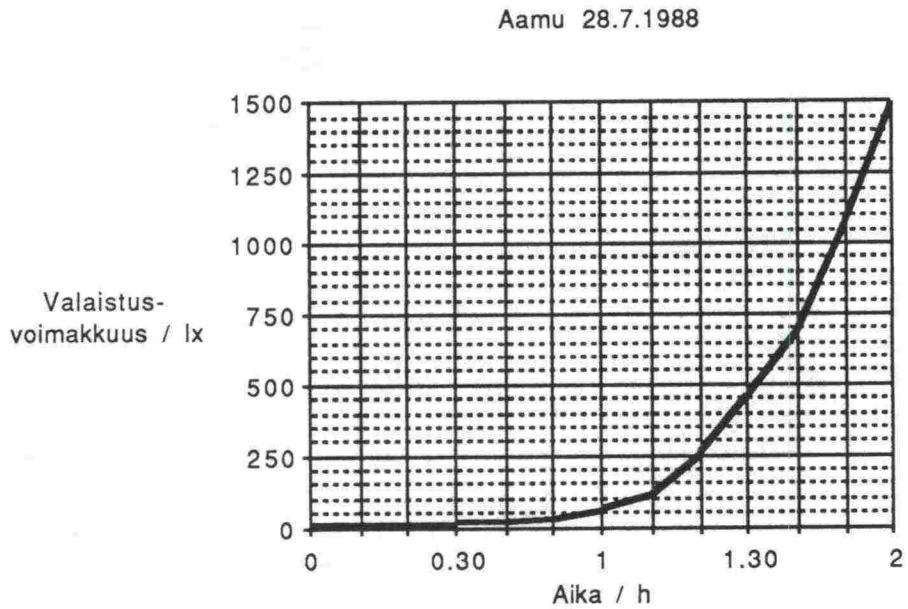
Kuva 1. Valaistusvoimakkuuden muuttuminen illalla.

Kuvassa 2 on esitetty valaistusvoimakkuuden muuttumista iltaisin eri vuodenaikoina.



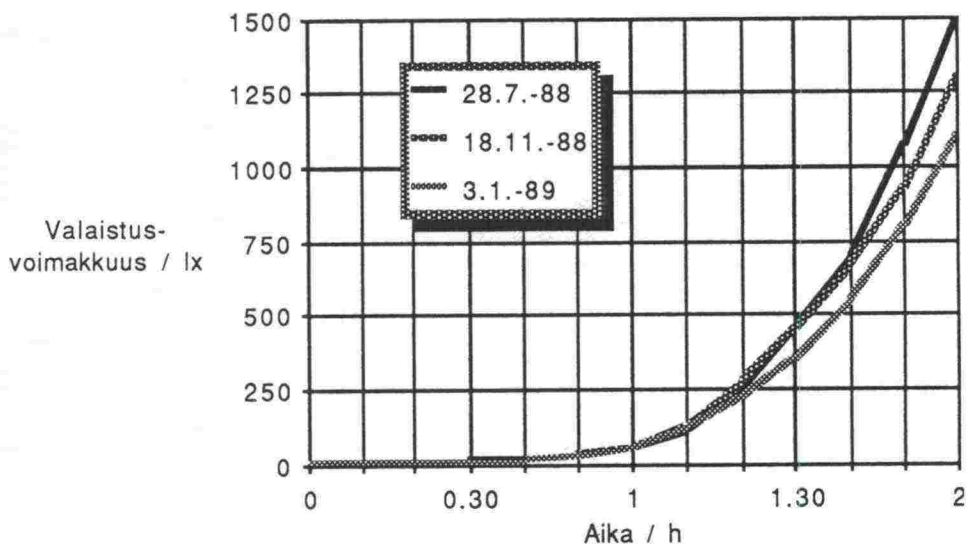
Kuva 2. Valaistusvoimakkuuden muuttuminen illalla eri vuodenaikoina.

Kuvassa 3 on esitetty tyypillinen valaistusvoimakkuuden muuttuminen auringon noustessa. Tämä mittaus on tehty 28.7.1988, jolloin oli pilvetön aamu.



Kuva 3. Valaistusvoimakkuuden muuttuminen aamulla.

Kuvassa 4 on esitetty valaistusvoimakkuuden muuttumista aamuisin eri vuodenaikoina.



Kuva 4. Valaistusvoimakkuuden muuttuminen aamulla eri vuodenaikoina.

Näiden mittausten perusteella voidaan todeta, että paristojen kulutuksen kannalta ei Ruotsin ja Suomen määräyksillä ole merkittävää eroa.

7. TOIMINTA-AIKA

7.1 Vaatimukset vilkkujen vähimmäistoiminta-ajoista

Suomen laatuvaatimusten mukaan varoituslaitteen tulee olla varustettu sellaisella virtalähteellä, että valotekniset vaatimukset täyttyvät:

- vähintään 7 vuorokautta, jos laite on toiminnassa 16 tuntia vuorokaudessa $+5^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa
- paristokäyttöisellä laitteella -20°C :n lämpötilassa yksi toimintajakso (16 h)
- akkukäyttöisellä laitteella kolme kuormitusjaksoa (16 h) -20°C :n lämpötilassa

Paristolla tai akulla varustetun laitteen koneiston tulee lisäksi toimia 16 tuntia $\pm 40^{\circ}\text{C}$:n lämpötiloissa.

Ruotsin laatuvaatimusten mukaan varoituslaitteen tulee olla varustettu sellaisella virtalähteellä, että valotekniset vaatimukset täyttyvät:

- paristokäyttöisellä laitteella -20°C :n lämpötilassa yhden toimintajakson (12 h) ajan
- akkukäyttöisellä laitteella yhden toimintajakson (12 h) ajan -40°C :n lämpötilassa

Ruotsin määräysten mukaan erityyppisille varoituslaitteille on asetettu erilaiset toiminta-aikavaatimukset, määräyksissä sensijaan ei suoraan sanota, missä lämpötilassa kuormituskokeet tehdään, ilmeisesti huoneenlämmössä. Toiminta-aikavaatimukset ovat seuraavat:

- ympärisäteilevälle punaiselle lyhdylle 5 vuorokautta siten, että laite on 12 tuntia päällä ja 12 tuntia poiskytkettynä.
- suunnatulle punaiselle lyhdylle 10 vuorokautta siten, että laite on 12 tuntia päällä ja 12 tuntia poiskytkettynä.
- ympärisäteilevälle keltaiselle lyhdylle 8 vuorokautta siten, että laite on 12 tuntia päällä ja 12 tuntia poiskytkettynä.
- suunnatulle keltaiselle lyhdylle 16 vuorokautta siten,

- että laite on 12 tuntia päällä ja 12 tuntia poiskytket-
tynä.
- ympärisäteilevälle keltaiselle vilkulle 14 vuorokautta siten, että laite on 12 tuntia päällä ja 12 tuntia poiskytkettynä.
 - suunnatulle keltaiselle vilkulle 28 vuorokautta siten, että laite on 12 tuntia päällä ja 12 tuntia poiskytkettynä.

Norjan omien laatuvaatimusten mukaan varoituslaitteiden toiminta-aikavaatimukset ovat melko epätarkat:

- on määritelty, että laitteen tulee toimia "tyydyttävällä" valovoimalla 400 tuntia ilman paristonvaihtoa koko lämpötila-alueella -20°C ... -40°C .
- lisäksi on vaadittu, että vilkkumistaajuus pysyy välillä 60...120 välähdystä / min 14 vuorokautta $+20^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa, mikäli laite on toiminnassa 18 tuntia vuorokaudessa
- myös 18 tunnin käytön jälkeen $+40^{\circ}\text{C}$:n tai -20°C :n lämpötilassa on vilkkumistaajuuden pysyttävä em. rajoissa

7.2 Paristojen käyttäytyminen

Vilkun toiminta-aikaan vaikuttaa oleellisesti koneiston hyötysuhteen, lampun valotehokkuuden ja vilkun valoteknisen hyötysuhteen lisäksi paristojen yleinen käyttäytyminen ja Ah-määrät.

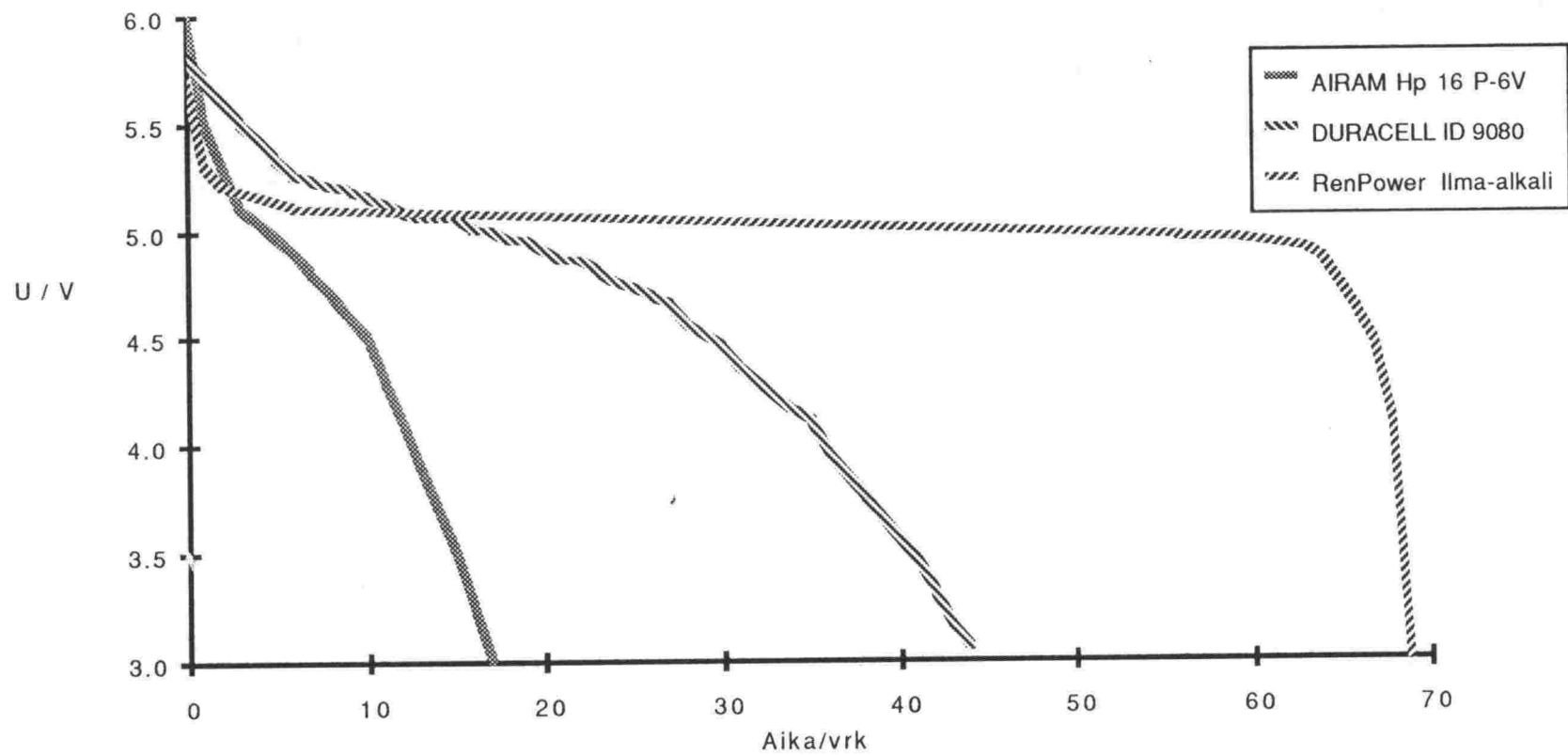
Tämän johdosta tutkimuksen kuluessa päätettiin selvittää, miten erityyppiset paristot käyttäytyvät, kun kuormituksena on varoitusvilkkua vastaava kuormitus.

Mittauksiin valittiin seuraavat paristot:

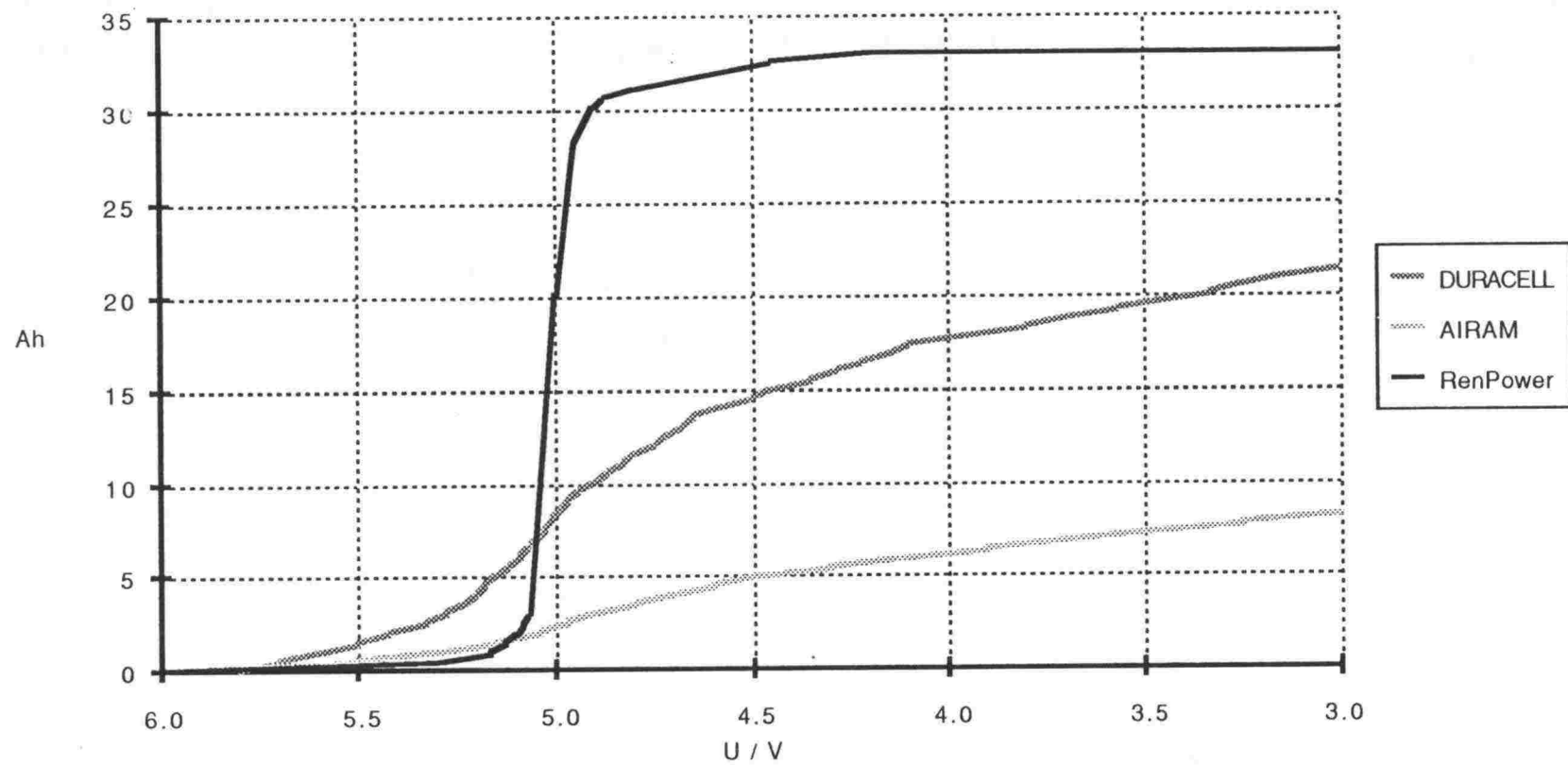
- AIRAM Hp 16 P - 6 V
- DURACELL ID 9080
- RenPower ilma-alkaliparisto

Mittauksissa kokeen kulku oli seuraava: Paristoja oli kaksi rinnan kytkettynä ja kuormituksena oli tyypillinen vilkkupolttimo $4\text{ V} / 0,3\text{ A}$ (Rempulssi 6 V). Lamppuun kytkettiin paristojännite 150 ms kerrallaan, jonka jälkeen oli 850 ms tauko. Kyseinen kuormitus toistui kerran sekunnissa 16 tunnin ajan, jonka jälkeen oli 8 tunnin tauko. Ympäristön lämpötila kokeissa oli $+5^{\circ}\text{C}$.

Kokeissa haluttiin selvittää paitsi yhden pariston kokonaisampeerituntimääriä ko. käytössä myös se, millä jännitealueella ampeeritunnit kertyvät. Kuvassa 1 on esitetty kunkin pariston paristojännitteen muuttuminen ajan funktiona välillä $6\text{ V} \dots 3\text{ V}$. Kuvassa 2 puolestaan on esitetty ampeerituntien kertymä jännitteen funktiona. Kuvassa olevat ampeeritunnit ovat yhden pariston ampeerituntimääriä, vaikka kokeessa olikin kytketty kaksi paristoa rinnan.



Kuva 1. Paristojännitteen muuttuminen ajan funktiona



Kuva 2. Ampeerituntien kertyminen jännitteen funktiona

8. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

8.1 Yleistä

Tässä luvussa on käyty lyhyesti läpi raportin eri luvuissa olevat oleellisimmat asiat ja lisäksi esitetty joitain subjektiivisia näkemyksiä ja tutkijoiden omia mielipiteitä vilkkujen laatuvaatimuksesta ja niiden puutteista ja parantamismahdollisuuksista.

Ennen kuin pohjoismaisia määräyksiä voidaan ryhtyä yhdenmukaistamaan, olisi laadittava selvä yhteenveto eri maiden mittaus-tavoista ja erojen merkityksestä. Kun laatuvaatimukset on saatu halutunlaisiksi olisi eri vaatimusten mittaus-tavoista ja -menetelmistä annettava selvä erillinen tiedote, joka olisi saatettava myös vilkunvalmistajien tietoon.

8.2 Valon väri

Suomessa nykyisin käytössä olevat TVH:n määräykset maantievilkkujen väreistä aiheuttavat sen, että vilkkujen linssien läpäisy jäävät melko alhaisiksi (kuten luvussa 2 todettiin). Tästä huolimatta ei maantievilkkujen ja lyhtyjen värien uudelleenmäärittely ole tarpeellista, koska määritellyt värialueet ovat nyt samat kuin CIE:n suosittelemat alueet.

Eräs selvitettävä seikka saattaisi olla se mihin perustuu erillisten suodattimien käytön kieltäminen ja määräys läpivärjätyn linssin käyttämisestä.

Lisäksi olisi hyvä tarkentaa, miten väri määritetään. Nykyisissä määräyksissä on todettu vain, että valon väri määritetään suositellulla nimellisjännitteellä. Perusteltua ehkä olisi, että värin määrittäminen tehtäisiin aina nimenomaan vilkkuvasta valosta, mikäli on kysymys varoitusvilkkusta eikä lyhdystä.

8.3 Valovoima

Mikäli TVH:n laatuvaatimuksia uudistetaan, olisi samalla hyvä miettiä vaadittuja valokuvion muotoja ja leveyksiä. Ympäristeilevissä varoituslaitteissa nykyisin käytetty "kolmiomainen" valonjako ei ilmeisesti ole tarkoituksenmukaisin. Koska ympäristeilevän vilkun valonjako on helpompi tehdä muistuttamaan sinikäyrää kuin kolmiota, niin edellisen käyttö myös määräysten pohjana saattaisi olla perusteltua. Samalla voisi harkita nykyisen alueen levittämistä, koska käytännössä vilkun paikalleen asettaminen ei yleensä onnistu kovinkaan hyvin, ja on mahdollista että vilkku tulee $5...10^\circ$ vinoon, jolloin vilkun havaitseminen on hyvin vaikeaa. Suunnatuissa vilkuissa voisi puolestaan pohtia sitä, miksi vaadittu alue on horisontaalitasossa leveämpi kuin vertikaalitasossa, vaikka suunnatun vilkun paikalleen asettaminen onnistuu yleensä paremmin juuri horisontaalitasossa.

Kiinteää keltaista valoa lähettävien varoituslaitteiden määrittely myös Suomen määräyksissä olisi ilmeisen perusteltua, koska myös tämän tyyppisille varoituslaitteille on hyvin paljon käyttöpaikkoja.

Lisäksi määräyksiin pitäisi saada selvät ohjeet päiväkäyttöön tarkoitetuista huomattavasti yövilkkuja tehokkaammista varoituslaitteista.

8.4 Tehollisen valovoiman määrittely

Valopulssien tehollisen valovoiman määrittelyssä ei ilmeisesti ole ongelmia. Mikäli pohjoismaiset määräykset aiotaan saada yhdenmukaisiksi, olisi luonnollisesti kaikissa pohjoismaissa siirryttävä käyttämään samaa laskentamenetelmää teholliselle valovoimalle.

Ainoana ongelmana tulee olemaan "kaksoisvälähdys"-periaatteella toimivat vilkut, joiden tehollisen valovoiman määrittelytapoja pitäisi tutkia vielä lisää, jotta saataisiin hyvät perusteet laatia tämäntyyppisille vilkuille omat laatuvaatimukset. Vilkkuja,

jotka toimivat kaksoisvälähdysperiaatteella pitäisi ilmeisesti käsitellä kokonaan omana vilkkutyypinä.

8.5 Syttyminen ja sammuminen

Laatuvaatimuksissa oleva vaatimus siitä, että vilkku ei saa sammua tietynsuuruisen vaakasuoran valon vaikutuksesta, olisi tarkistettava. Lähinnä olisi selvitettävä, mikä olisi riittävä vaatimus vaakasuoraan tulevalle valolle, ja toisaalta olisi tarkennettava, millaista on vilkun ei-toivottu käyttäytyminen vaakasuoran valon vaikutuksesta.

Ympäristön valaistusvoimakkuuden muutosnopeudet ovat niin suuria sillä luksialueella, millä varoituslaitteiden syttymis- ja sammumisautomaatiikan tulisi toimia, että Suomen ja Ruotsin määräykset on varsin helppo yhdenmukaistaa.

Koska käytännössä laitteiden syttymis- ja sammumisautomaatiikka mitataan uudella, puhtaalla vilkulla olisi ehkä toiminta-alueen yläraja paras asettaa 300 lx:n kohdalle, koska käytössä olevat linssit ovat aina enemmän tai vähemmän likaisia ja käytön myötä myös naarmuisia ja sameita, jolloin niiden valonläpäisy on huonompi ja sammumisvalaistusvoimakkuus pyrkii nousemaan.

Toiminta-alueen alaraja puolestaan olisi ehkä paras nostaa 100 lx:n kohdalle, koska kuten luvun kuusi kuvista voidaan havaita, sijaitsee 50 lx ko. käyrillä sellaisessa paikassa, että suhteellisen pienet erot automaatiikan toiminnassa aiheuttavat sen, että vilkku syttyy ajallisesti huomattavasti eri aikaan kuin pitäisi. Lisäksi mittauksia tehtäessä muodostui sellainen käsitys, että 100 lx olisi muutenkin soveliaampi alaraja.

8.6 Toiminta-aika

Pohjoismaisissa määräyksissä on eroja varoituslaitteidelta vaadittujen toiminta-aikojen suhteen. Olisi selvitettävä, millaiset toiminta-ajat olisivat mielekkäitä, koska nykyisin on saatavissa paristoja, joilla voidaan päästä hyvinkin pitkään toiminta-aikaan. Huolto, varastointi yms. seikat saavat kuitenkin puoltaa lyhyempiä toiminta-aikoja. Lisäksi on muistettava, että jos vilkuilta vaaditaan nykyistä pidempiä toiminta-aikoja, niin samalla vilkkujen hyötysuhde laskee, koska joudutaan käyttämään polttimoita, joilla on nykyisiä selvästi huonompi hyötysuhde.

Määriteltäessä varoitusvilkuille haluttua toiminta-aikaa olisi paristojen ja lamppujen kestoajan lisäksi ilmeisesti otettava huomioon myös käytännön seikat, kuten vilkkujen puhdistus ja muut tarkistuskäynnit.

Varoituslaitteita on joka tapauksessa tietyin ajoin käytävä puhdistamassa niiden linseihin kertyneestä liasta, joten ei ehkä ole tarkoituksenmukaista pyrkiä mahdollisimman pitkiin aikoihin, koska paristojen ja lamppujen vaihto käynee samalla suhtellisen helposti ilman lisäkustannuksia.

Mahdollisesti laatuvaatimukseen voisi ottaa mukaan määräyksen, jossa velvoitettaisiin vilkun valmistaja varustamaan vilkut sellaisella indikaattorilla, josta voisi selvästi jo vilkun ulkopuolelta havaita, jos vilkulla ei enää ole paljoa toiminta-aikaa jäljellä.

E erityisen tärkeää tämä olisi akkukäyttöisissä vilkuissa, koska näissä vaaditaan koneisto, joka estää akkujen syväpurkauksen ja samalla yhtäkkiä kytkee vilkun pois toiminnasta. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi jonkinlaisella merkkivalolla tai vilkkumistaajuuden selvällä muuttumisella (60 kertaa/min... 20 kertaa / min).

9. KIRJALLISUUSLUETTELO

- /1/ Valaistustekniikan käsikirja I, Suomen sähköurakoitsijaliitto ry, 1977
- /2/ Valaistustekniikan käsikirja II, Suomen sähköurakoitsijaliitto ry, 1982
- /3/ Handbuch für Beleuchtung, Verlag W.Girardet, Essen, 1975
- /4/ IES Lighting Handbook, Application Volume, Illuminating Engineering society of North America, 1981
- /5/ IES Lighting Handbook, Reference Volume, Illuminating Engineering society of North America, 1981
- /6/ Varoitusvilkkujen ja -lyhtyjen laatuvaatimukset
TVH / 12.11.1984, Julk. nro 741808
- /7/ Regler om vägmärken och trafik
Trafiksäkerhetsverket / 1.1.1987
- /8/ Forslag til kapittel om lykter i materialhandboken
Vegdirektoratet / 1.2.1985
- /9/ IES Guide for calculating the effective intensity of Flashing
Signal Lights, Illuminating Engineering, November 1964
- /10/ Efficiency of Flashing Lights, Illuminating Engineering,
November 1958
- /11/ IALA: Recommendations for the calculation of the effective
intensity of rhythmic light, IASM bulletin, 1981 / 2
- /12/ Efficiency of Flashing Lights: Comparison with
Steady-Burning Lights, Illuminating Engineering, August
1959

- /13/ Effective Intensity of Flashing Lights, Illuminating Engineering, December 1957
- /14/ Apparent Intensities of Colored Signal Lights, Illuminating Engineering, April 1957
- /15/ Fifty Years of Signal Lighting, Illuminating Engineering, June 1958
- /16/ Tentative U.S. Standard for Colors of Light Signals, Illuminating Engineering, November 1962
- /17/ Efficiency of Flashing Lights, Illuminating Engineering, November 1958
- /18/ Colors of Light Signals, CIE publication 2.2, 1975
- /19/ Light Signals for Road Traffic Control, CIE publication 48, 1980
- /20/ IALA: Recommendations for the Colours of Light signals on aids to navigation, December 1977

Tätä julkaisua myy TVH:n lomakevarasto,
osoite: PL 33, 00521 Helsinki

ISBN 951-47-2668-5