

Niko Kivioja

Tie- ja aluevalaistuksien sähkötekkinen suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
8.2.2012

Tekijä(t) Otsikko	Niko Kivioja Tie- ja aluevalaistuksien sähkötekkinen suunnittelu
Sivumäärä Aika	40 sivua + 8 liitettä 8.2.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	rakennusten sähkö- ja tietotekniikka
Ohjaajat	yliopettaja Torsti Viilo sähkösuunnittelija Tapio Loukonen, FCG Finnish Consulting Group Oy
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Finnish Consulting Group Oy:n sähkösuunnittelijoille mahdollisimman kattava ohje tie- ja aluevalaistuksien suunnitteluun. Ohjeessa keskitytään pääasiassa standardien SFS-EN 13201-2:2003 "Road lighting. Part 2: Performance requirements", SFS-EN 12464-2:2007 "Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places", sekä SFS-EN 12193:2007 "Light and lighting. Sports lighting" vaatimusten täyttymisen tarkasteluun valaistuksen eri suureiden osalta sekä oikosulkuvirtojen ja jännitealenemien laskentaan.</p> <p>Työssä tutustutaan yleisimpiin valaistukseen liittyviin suureisiin sekä eri valonlähdetyyppeihin. Työssä käsitellään myös hieman Eco-design (EuP) -direktiivin vaikutusta valaistusteknisiin vaatimuksiin sekä niiden vaikutusta tie- ja aluevalaistuksien suunnitteluun lähitulevaisuudessa.</p> <p>Oikosulkuvirtojen sekä jännitealenemien laskentamenetelmät käydään läpi esimerkkilaskelmien avulla ja tutustutaan Dialux 4.9 -valaistuslaskentaohjelmaan esimerkkilaskelmien avulla.</p> <p>Opinnäytetyössä tutustutaan pintapuolisesti myös tievalaistuksen älykkäisiin ohjausjärjestelmiin.</p> <p>Yhteenvedon voidaan todeta, että tievalaistuksessa eletään muutoksen aikaa. Suomen kunnilla ja Tiehallinnolla on arviolta 700 000 elohopealamppuvalaisinta, jotka tullaan korvaamaan 5–15 vuoden aikana. Korvaavina valonlähteinä tullaan käyttämään todennäköisesti suurpainenaatriumlamppua tai monimetallilamppua. Led-valaisimet vaativat vielä paljon kehitystyötä suuremman mittakaavan tievalaistuskäyttöön.</p>	
Avainsanat	tievalaistus, aluevalaistus, suunnittelu

Author(s) Title	Niko Kivioja Street and outdoor area lighting design
Number of Pages Date	40 pages + 8 appendices 8 February 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering for Building Services
Instructors	Torsti Viilo, Principal Lecturer Tapio Loukonen, Electrical engineer
<p>The aim of this thesis was to create a set planning instructions for street and outdoor area lighting in order to inform what must be considered in a lighting plan and how the planning itself must be executed. Planning instructions were made for the electrical designers and engineers of a specific company.</p> <p>The main focus of this thesis was lighting requirements. Especially the standards SFS-EN 13201-2:2003 "Road lighting. Part 2: Performance requirements", SFS-EN 12464-2:2007 "Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places" and SFS-EN 12193:2007 "Light and lighting. Sports lighting".</p> <p>During the final year project, the most common lighting quantities and light sources were looked into briefly, the Ecodesign (EuP) directive and its effects on lighting planning in near future were explored superficially. In addition, the intelligent road lighting control systems were also explored superficially.</p> <p>Dimensioning of cables and safety fuses, short circuit and voltage drop calculations were introduced by example calculations. Dialux 4.9 lighting designing program was also introduced step by step with examples.</p> <p>As a conclusion it can be said that a designer faces complicated choices, since municipalities and the Road Administration have nearly 700 000 mercury vapour lamps in Finland. It seems likely that they will be replaced by high pressure sodium lamps and other discharge lamps in the next 5–15 years. To achieve any wider use in road lighting, led outdoor lamps still require much more development.</p>	
Keywords	street lighting, area lighting, design

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Valaistustekniikan suureita	2
2.1	Valaistusvoimakkuus	2
2.1.1	Vaakatason valaistusvoimakkuus	2
2.1.2	Pystytason valaistusvoimakkuus	2
2.1.3	Puolipallovalaistusvoimakkuus	2
2.1.4	Puolisylinterivalaistusvoimakkuus	3
2.2	Luminanssi	3
2.2.1	Alenemakerroin	3
2.2.2	Yleistasaisuus	3
2.2.3	Pitkittäistasaisuus	4
2.3	Häikäisy	4
2.4	Värintoistoindeksi R_a	4
2.5	Väriämpötila	4
3	Valonlähdetypit	5
3.1	Elohopeahöyrylamppu	5
3.2	Pienpainenaatriumlamppu	5
3.3	Suurpainenaatriumlamppu	6
3.4	Monimetallilamppu	7
3.5	Loistelamppu	7
3.6	Induktiolamppu	8
3.7	LED (Light Emitting Diode)	8
3.8	LEP (Light Emitting Plasma)	9
4	Valaistustekniset vaatimukset	10
4.1	Tievalaistusluokat	10
4.1.1	AL-luokat	10
4.1.2	AE-luokat	11
4.1.3	K-luokat	12
4.2	Aluevalaistus	14
4.2.1	Ulkotyöalueet	14
4.2.2	Urheilualueet	14

5	Tekniset vaatimukset	14
5.1	Valaisimet	14
5.2	Pylväät	14
5.2.1	Standardit	15
5.2.2	Törmäysturvallisuus	15
5.3	Pylväskalusteet	15
5.4	Jalustat	16
5.5	Suojaputket	16
5.6	Kaapelit	16
5.7	Maadoitukset	16
5.8	Keskukset	17
6	Sähkötekni­nen mitoitus	17
6.1	Jännitteen alenema	17
6.2	Oikosulkuvirta	19
6.3	Oikosulkuvirta tarkalla laskentamenetelmällä	22
6.4	Suurin sallittu johtopituus	23
6.5	Ylikuormitussuojan mitoitus	23
6.6	Kaapeleiden kuormitettavuus	24
7	Esimerkkilaskelmat	25
8	Valaistuslaskelmat	28
8.1	Uuden valaistusprojektin luominen	28
8.2	Valaistusluokan ja valaisimien valinta	29
8.3	Valaistuslaskenta ja tuloksien esittäminen	32
9	Katuvalaistuksen ohjaus	34
9.1	Paikalliso­hjaus	34
9.2	Ketjuttaminen	35
9.3	Keskitetty ohjaus	35
9.4	Älykäs tievalaistus	35
10	Valaistussuunnitelmat	36
10.1	Tarveselvitys	36
10.2	Yleissuunnitelma	36
10.3	Aluesuunnitelma/ Tiesuunnitelman valaistustiedot	37
10.4	Rakennussuunnitelma	37

11 Yhteenveto	38
Lähteet	39
Liitteet	
Liite 1. Tievalaistussuunnitelma/ Suunnitelmakartta	
Liite 2. Pääkaavio KVK-1	
Liite 3. Valaisinpylväs- ja jalustaluettelo	
Liite 4. Ryhmitystaulukko	
Liite 5. Kuormitustaulukko	
Liite 6. Valaistuskalkelma	
Liite 7. Yleisten teiden valaistusluokat	
Liite 8. Katujen valaistusluokat	

1 Johdanto

Tämä työ on tarkoitettu Finnish Consulting Group Oy:n arkkitehtuuri- ja talotekniikkaosaston sähkösuunnittelijoiden käyttöön. FCG Finnish Consulting Group Oy (aiemmin Suunnittelukeskus Oy) on Suomen suurimpia monialaisia konsulttiyrityksiä ja markkinajohtaja monella toimialallaan. FCG:n palvelut keskittyvät infra-, ympäristö- ja yhdyskuntasuunnitteluun, koulutukseen ja osaamisen kehittämiseen sekä kansainväliseen kehityskonsultointiin.

Työskenneltyäni noin viisi vuotta sähkösuunnittelijana FCG Finnish Consulting Groupin talotekniikkaosastolla olin sähkösuunnittelijatiimin yksi harvoista suunnittelijoista, joka oli suunnitellut ja syventynyt tie- ja aluevalaistussuunnitteluun. Niinpä syntyi ajatus suunnitteluohjeesta, jonka avulla muutkin suunnittelijat saisivat tiivistetyn tietopaketin tie- ja aluevalaistussuunnittelusta.

Koska tie- ja aluevalaistussuunnitteluun ei useinkaan ole paljon aikaa käytettävissä, oli työn tarkoituksena koota suunnittelijalle selkeä ohje, jossa keskitytään oleellisimpiin asioihin, joita valaistussuunnittelussa pitää tietää ja ottaa huomioon ja tietää, miten suunnittelussa tulee edetä.

Työssä käydään läpi valaistussuunnitteluun liittyvät keskeiset käsitteet sekä esimerkkien avulla käydään suunnitelman eteneminen laskelmineen vaihe vaiheelta. Liitteenä on Lohjan kaupungille tekemäni mallisuunnitelma Immulan kaava-alueen tievalaistuksista.

2 Valaistustekniikan suureita

2.1 Valaistusvoimakkuus

Valovirran kulkiessa pois valonlähteestä se lopulta osuu johonkin pintaan, josta se heijastuu, jonka se läpäisee tai johon se absorboituu. Pinnalle saapuvan valovirran tiheyttä kutsutaan valaistusvoimakkuudeksi. Valaistusvoimakkuudelle (E) voidaan kirjoittaa yhtälö:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (1)$$

jossa Φ on pinnalle tuleva valovirta ja A on pinnan ala.

Valaistusvoimakkuuden yksikkö on täten luumenia neliömetrille [lm/m^2] eli luksa [lx].

/1/

2.1.1 Vaakatason valaistusvoimakkuus

Vaakatason keskimääräinen valaistusvoimakkuus E_m (lx) on valovirta pinta-alayksikköä kohti.

2.1.2 Pystytason valaistusvoimakkuus

Pystytason valaistusvoimakkuus E_n (lx) on valovirta pinta-alayksikköä kohti.

2.1.3 Puolipallovalaistusvoimakkuus

Puolipallovalaistusvoimakkuus E_{hs} (lx) on pienen pallonpuolikkaan pinnan keskimääräinen valaistusvoimakkuus. Se on merkittävä kolmiulotteisten kohteiden – esteiden, kohoitumien, kolojen yms. – havaitsemisen kannalta.

2.1.4 Puolisylinterivalaistusvoimakkuus

Puolisylinterivalaistusvoimakkuus E_{sc} (lx) on pystyssä olevan pienen sylinterinpuolikkaan pinnan keskimääräinen valaistusvoimakkuus. Kasvojen korkeudella mitattuna se on vaikuttava tekijä tunnistamisen kannalta. /1; 10./

2.2 Luminanssi

Keskimääräinen luminanssi L (cd/m^2) osoittaa, miten valoisa tien pinta näyttää. Valaistuslaskennassa havaitsija sijoitetaan jokaisen kaistan keskelle 60 metrin etäisyydelle valaisinpylvästä. Kahden valaisinpylvään väliseltä alueelta koko ajoradan leveydeltä lasketaan luminanssiarvojen aritmeettinen keskiarvo, pienin arvo on mitoittava.

Keskimääräisen luminanssin nostaminen pidentää näköetäisyyttä, parantaa havaitsemista, lyhentää reaktioaikaa ja suhteellista liikkeen arviointia. /10./

2.2.1 Alenemakerroin

Jotta luminanssi vaatimukset eivät alittuisi ennen huoltoa, käytetään laskennassa alenemakerrointa (taulukko 1).

Taulukko 1. Alenemakerroin /10/.

Koteloitusluokka	Perusarvo	Liikenneympäristö	
		Puhdas	Likainen
IP 6X	0,80	0,85	0,70
IP 5X	0,70	0,75	0,60
IP 4X	0,60	0,65	0,50

2.2.2 Yleistasaisuus

Yleistasaisuus U_0 vaikuttaa näkösuorituskykyyn. Se lasketaan koko ajoradan pienimmän ja keskimääräisen luminanssin osamääränä jokaiselle kaistalle. Pienin arvo on mitoittava. /10./

2.2.3 Pitkittäistasaisuus

Pitkittäistasaisuus U_l on merkittävä ajo- ja näkömukavuuden kannalta. Se lasketaan kunkin kaistan keskellä ja samassa kohdassa olevan havaitsemispisteen kautta kulkevalla suoralla olevien pienimmän ja suurimman luminanssin osamääränä. Pienin arvo on mitoittava. /10; 13./

2.3 Häikäisy

Häikäisynrajoituksen tunnusluku G kuvaa epämukavuuden tunteena koettavaa kiusahäikäisyä. Tätä ei käytetä tie- ja katuvalaistuksessa. Estohäikäisyn näkemistä heikentävä vaikutus on mitattavissa silmän kontrastinerotuskyvyn muuttumisena TI (%). Se lasketaan uusilla lampuilla (alennemakerroin 1,0) jokaiselle kaistalle, ja suurin arvo on mitoittava. /10./

2.4 Värintoistoindeksi R_a

CIE:n vuoden 1974 yleinen värintoistoindeksi R_a on kahdeksan suositetun värinäytteen erikoisindeksien aritmeettinen keskiarvo. R_a indeksi kuvaa siis valonlähteen kykyä toistaa värejä. Mitä suurempi arvo on (0–100), sitä luonnollisempina värit toistuvat. Hehkulampuilla ja halogeenilampuilla R_a -indeksi on lähes 100, suurpainenatriumlampulla 20. Värintoistoindeksi pitää ottaa huomioon aluevalaistuksia suunniteltaessa. Esim. jalkapallokentän valaistuksessa R_a -indeksi on 20 tai 60 riippuen luokasta. /1./

2.5 Värilämpötila

Värilämpötilan yksikkö on kelvin (K). Mitä suurempi arvo on, sitä kylmempää eli sinisempää valo on. Mitta-asteikko perustuu mustan kappaleen värisävyihin eri lämpötiloissa. Musta kappale on musta huoneen lämpötilassa 300 K, punainen lämpötilassa 800 K, valkoinen lämpötilassa 5 000 K ja sininen lämpötilassa 60 000 K.

Hehkulampun värilämpötila on 2 850 K, loistelamppujen tyypilliset värilämpötilat ovat 3 000 K tai 4 000 K. Yli 5 000 K:n valonlähteitä kutsutaan kylmä- eli päivänvalolampuiksi. /1./

3 Valonlähdeyytit

3.1 Elohopeahöyrylamppu

Elohopeahöyrylamppun (kuva 1) valontuotto perustuu purkauskaareen, joka palaa elohopeahöyryssä. Purkauskaari lähettää sekä näkyvää valoa että UV-säteilyä. UV-säteily muutetaan kuvun sisäpinnalla olevan loisteaineen avulla näkyväksi valoksi, jolloin säteilyn spektri laajenee punaisiin aallonpituuksiin. Elohopeahöyrylamppuja käytetään lähinnä katu- ja puistovalaistuksessa, mutta myös teollisuushallien valaistuksessa.

Elohopeahöyrylamppu on tällä hetkellä yleisin valonlähdeyytti katuvalaistuksessa. Eco design -direktiivin myötä elohopeahöyrylamppujen myynti tullaan kieltämään vuoden 2015 huhtikuussa. Tämän takia niitä ei suositella uusiin asennuksiin. /1; 12./



Kuva 1. Elohopeahöyrylamppu /2/.

3.2 Pienpainenaatriumlamppu

Pienpainenaatriumlamppun (kuva 2) valontuotto perustuu pienpaineisessa natriumhöyryssä tapahtuvaan purkaukseen. Pienpainenaatriumlamppu on ulkovalaistukseen käytetyistä valonlähteistä valotehokkuudeltaan paras, mutta sen värintoistoindeksi on niin huono ja lamput ovat niin kookkaita, että lamppua ei juuri enää asenneta. Korvaavana tuotteena on uudiskohteissa käytetty suurpainenaatriumlamppua. /1; 12./



Kuva 2. Pienpainenatriumlamppu /2/.

3.3 Suurpainenatriumlamppu

Suurpainenatriumlampun (kuva 3) valontuotto perustuu purkausputken natriumhöyrystä tapahtuvaan suurpainaiseen kaasupurkaukseen. Suurpainenatriumlamppu on suosituin elohopealamppujen korvaaja. Vaihtoväli on pidempi kuin elohopealampulla, joten huoltokustannukset pienenevät. Suurpainenatriumlampun himmentäminen on myös mahdollista säästömuuntajan avulla. Huonoja puolia ovat lampun huono värintoisto ja keltainen valon sävy. Tästä syystä suurpainenatriumlamppuja suositellaan käytettäväksi vain taajamien keskustojen ulkopuolisissa tie- ja katuvalaistuksissa tai teollisuusvalaistuksissa, jossa värintoistolle ei ole asetettu korkeita vaatimuksia. /1; 12./



Kuva 3. Suurpainenatriumlamppu /2/.

3.4 Monimetallilamppu

Monimetallilamppu (kuva 4) eli metallihalidilamppu on myös korkeapaineiseen kaasupurkaukseen perustuva purkauslamppu. Monimetallilampun valontuotto perustuu purkausputkessa käytettäviin eri metallien seoksiin. Värintoistokyky on parempi kuin suurpainenatriumlampuilla ja valon sävy on valkea. Valotehokkuus on melkein suurpainenatriumlamppujen tasolla, mutta polttoikä on huomattavasti lyhyempi. Monimetallilamppua suositellaan käytettäväksi keskustojen kaduilla, puistoissa, toreilla, aukioilla sekä julkisivuvalaistuksissa, missä vaaditaan hyvää värintoistoa. /1; 12./



Kuva 4. Monimetallilamppu /2/.

3.5 Loistelamppu

Loistelamppu (kuva 5) tai loisteputki on pienipaineinen elohopeapurkauslamppu. Loisteputken valontuotto perustuu sähköpurkauksessa höyrystyneen elohopean emittoimaan ultraviolettisäteilyyn, joka muunnetaan näkyväksi valoksi putken sisäpinnan loisteaineen avulla. Loistelamppujen käyttö piha-alueiden ulkovalaistuksessa on hieman lisääntynyt, koska niiden elinikää ja pakkasenkestävyyttä on saatu kehitettyä. Suuremmassa mittakaavassa loistelamppujen käyttö ulkovalaistuksessa on melko vähäistä. /1; 12./



Kuva 5. Loistelamppu /2/.

3.6 Induktiolamppu

Induktiolampun (kuva 6) valontuotto perustuu sähkömagneettiseen induktioon ja kaapupurkaukseen. Sähkövirralla saadaan kelassa aikaan sähkömagneettinen kenttä, joka ionisoi täytöskaasun. Syntyvä UV-säteily muutetaan näkyväksi valoksi kuvun sisäpinnan loisteaineella. Induktiolamppuja voidaan käyttää suurpaineipurkauslamppujen korvaajina kohteissa, joissa tarvitaan hyvää värintoistoa ja pitkää ryhmävaihtoväliä. Induktiolamppuja käytetään pääasiassa kaupunkien puistojen ja asuntokatujen valonlähteenä. /1; 12./

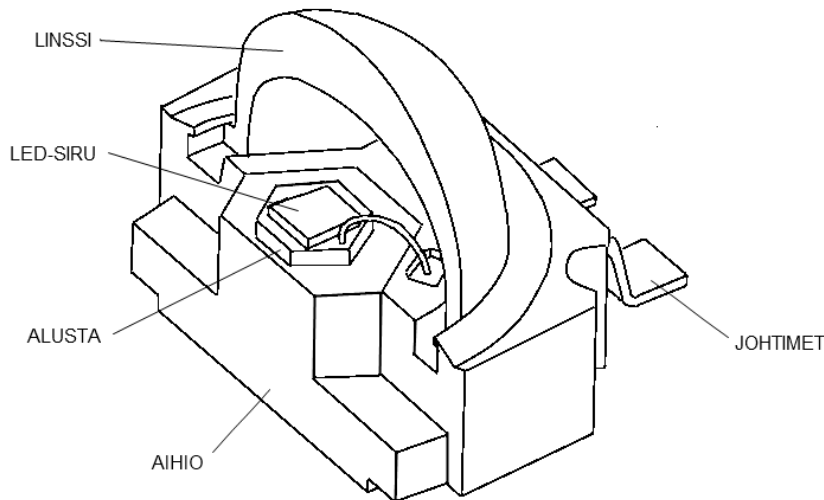


Kuva 6. Induktiolamppu /2/.

3.7 LED (Light Emitting Diode)

LED eli valodiodi (kuva 7) on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun komponentin läpi johdetaan sähkövirtaa. Valodiodeissa virta johdetaan myötäsuntaisesti diodin yli ja elektroni-aukkoparin rekombinoituminen saa aikaan fotonin emission. LED-

siru emittoi valoa joka suuntaan, mutta kiinnitysalustan ja komponentin aihion vuoksi valo suuntautuu n. 120 asteen kulmaan. LED-ulkovalaisimissa valonjako toteutetaan usein linseillä. Linssi toimii mekaanisena suojana ja suuntaa valoa haluttuun suuntaan. /12./



Kuva 7. LED-komponentin rakenne /12/.

3.8 LEP (Light Emitting Plasma)

LEP on melko uusi ja vielä kehitysasteella oleva puolijohdevalonlähde (kuva 8), joka koostuu kolmesta komponentista: säteilijästä (sisältäen valokapselin), radioaaltovahvistimesta ja tehonlähteestä. Valonlähteen sydämenä toimii polttimojärjestelmä missä suljettu polttimo sulatetaan eristemassaan. Eristemassa toimii kahdella tavalla. Ensiksi se ohjaa radioaaltoenergian vahvistimelta, toiseksi se keskittää kaiken energian polttimoon korkean hyötysuhteen saamiseksi. Suuri keskitetty energia lämpenee erittäin nopeasti ja muuttaa polttimon materiaalin plasmatilaan, joka säteilee erittäin voimakasta ja täyden spektrin valoa. /15./

LEP-puolijohdevalonlähdettä voidaan käyttää korvaamaan perinteisiä kaasupurkausvalonlähteitä teollisuus- ja aluevalaistuskohteissa.



Kuva 8. LEP-puolijohdevalonlähde /15/.

4 Valaistustekniset vaatimukset

4.1 Tievalaistusluokat

Suomessa tievalaistuksen suunnittelussa käytetään yleisesti Tiehallinnon julkaisua Tievalaistuksen suunnittelu /10/. Standardiin SFS-EN 13201-2 perustuvassa ohjeessa tiet jaetaan valaistuksen vaatimuksen mukaan valaistusluokkiin.

4.1.1 AL-luokat

Valaistusluokka riippuu väylän ja liikenteen ominaisuuksista. Yleisten teiden tyypillisimmät valaistusluokat ovat liitteen 7 taulukon 11 mukaiset. Jos yleinen tie on taajaman sisäisen liikenneverkon osa, valaistusluokka valitaan katuluokituksen avulla liitteen 8 taulukon 12 mukaisesti. /10./

AL-luokat on tarkoitettu kuivalla ja märällä päällysteellä moottoriajoneuvon kuljettajille teillä ja kaduilla, joilla ajonopeus on korkeahko tai suuri, vähintään 50 km/h.

Yleisillä teillä käytetään näitä luminanssiin perustuvia luokkia. Valaistusteknillinen laskenta on tehtävä ohjelmalla, joka täyttää standardin SFS-EN 13201-3 vaatimukset.

Mitoittava kuiva päällyste on R2 (SMA, Ab, PaB) ja märkä W3.

Taulukossa 2 on esitetty AL-luokkien vaatimukset.

Taulukko 2. AL-luokat /10/.

Luokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Estohäikäisy	Ympäristön valaistus
	Kuiva			Märkä		
	L_m cd/m ² , min	U_o min	U_l min	U_o min	TI % max	SR min
AL1	2,0	0,4	0,6	0,15	10	0,5
AL2	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,5
AL3	1,0	0,4	0,6	0,15	15	0,5
AL4a	1,0	0,4	0,4	0,15	15	0,5
AL4b	0,75	0,4	0,4	0,15	15	0,5
AL5	0,5	0,4	0,4	0,15	15	0,5

Huom! Standardissa SFS-EN 13201-2 AL-luokat ovat ME-luokkia ja arvot poikkeavat hieman tiehallinnon julkaisun "Tievalaistuksen suunnittelu" /10/ taulukon arvoista.

4.1.2 AE-luokat

AE-luokat on tarkoitettu yleisillä teillä moottoriajoneuvon kuljettajille ja muille tienkäyttäjille konfliktialueilla, kiertoliittymissä ja mutkikkaissa tasoliittymissä yms.

alueilla, joissa luminanssiin perustuva tarkastelu ei ole käyttökelpoinen. Tämä

toteutuu, kun näkyvässä olevan, säännöllisen ajoradan osan pituus on alle 60 m. /10./

Taulukossa 3 on esitetty AE-luokkien vaatimukset.

Taulukko 3. AE-luokat /10/.

Luokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	E_m lx, min	U_o min
AE 0	50	0,4
AE 1	30	0,4
AE 2	20	0,4
AE 3	15	0,4
AE 4	10	0,4
AE 5	7,5	0,4

Taulukossa 4 on esitetty luminanssi- ja valaistusvoimakkuusluokkien vastaavuus.

Taulukko 4. AL- ja AE-luokkien vastaavuus /10/.

Luminanssi	Valaistusvoimakkuus
AL 1	AE 1
AL 2	AE 2
AL 3	AE 3
AL 4a	AE 3
AL 4b	AE 4
AL 5	AE 5

4.1.3 K-luokat

K-luokat on tarkoitettu jalankulkijoille ja pyöräilijöille jalkakäytävillä, jalankulku- ja muilla alueilla ajoradan vieressä sekä asunto- ja pihakaduille, jalankulkukaduille, pysäköintialueille ja pihaille /10/.

Taulukossa 5 on esitetty K-luokkien vaatimukset.

Taulukko 5. K-luokat /10/.

Luokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	Em ¹⁾ lx, min	E lx, min
K1	15	5
K2	10	3
K3	7,5	1,5
K4	5	1
K5	3	0,6
K6	2	0,6

1) Riittävän tasaisuuden vuoksi hankekohtainen keskiarvo ei saa ylittää 1,5-kertaista luokan edellyttämää keskiarvon minimiä

Jos jalankulkijoille tarkoitetuilla alueilla halutaan vähentää rikollisuutta ja turvattomuuden tunnetta, vaakataso valaistusvoimakkuuden lisäksi käytetään puolisynterivalaistusvoimakkuutta. Luokka valitaan standardin SFS-EN 13201-2 taulukosta 5 ja esitetään rakennussuunnitelmassa. Jos pystysuoria pintoja halutaan korostaa, suunnittelussa

käytetään lisäksi pystytason valaistusvoimakkuutta. Luokka valitaan standardin SFS-EN 13201-2 taulukosta 6 ja esitetään rakennussuunnitelmassa. /5./

Taulukossa 6 on esitetty K-luokkasuositus väylän tai alueen mukaan.

Taulukko 6. K-luokat /10/.

VÄYLÄ TAI ALUE	VALAISTUSLUOKKA
KÄVELYKADUT	
Kaupungin keskusta	
- vain kevytliikenne	K2
- huoltoajo sallittu	K1
Kaupungin muut alueet	
- vain kevytliikenne	K3
- huoltoajo sallittu	K2
Maaseututaajamat	
- vain kevytliikenne	K3, K4
- huoltoajo sallittu	K2
HIDAS- JA PIHAKADUT	
- vilkkaat	K2
- vähätoimintaiset	K4, K5
JALANKULKUALUEET	
KESKUSTASSA, TORIT JA AUKIOT	K1, K2
PYSÄKÖINTIALUEET	
- vilkkaat	K3
- vähäliikenteiset	K4
ULKOILUTIET	
- puistokäytävät	K3
- hiihtoladut, pururadat	K4
ERILLISET KEVYEN LIIKENTEEN TIET	
- vilkkaat	K4
- vähäliikenteiset	K6

4.2 Aluevalaistus

4.2.1 Ulkotyöalueet

Standardissa SFS-EN 12464-2:2007 "Light and lighting. Lighting of work places. Part 2: Outdoor work places" määritellään ulkotyöalueiden valaistusvaatimukset. /6./

4.2.2 Urheilualueet

Standardissa SFS-EN 12193:2007 "Light and lighting. Sports lighting" määritellään urheilualueiden valaistusvaatimukset. /7./

5 Tekniset vaatimukset

5.1 Valaisimet

Valaisimien on oltava CE-merkittyjä ja standardisarjan SFS-EN 60/598 mukaisia ja niiden on täytettävä standardin SFS-EN 55015 mukaiset radiohäiriövaatimukset sekä standardin SFS-EN 61547 EMC-vaatimukset. Ulkovalaisimien tulee olla metallikuorisia ja kotelointiluokaltaan vähintään IP65. Valaisimien tulee olla kompensoituja vähintään arvoon 0,9. /9./

5.2 Pylväät

5.2.1 Standardit

Teräspylväiden pitää olla CE-merkittyjä, ja ne kuumasinkitään standardin SFS-EN EN ISO 1461 mukaisesti.

Jos puupylväät ovat standardin SFS 2662:1985 luokan 2 mukaisia, ei tarvita erityistä tyyppihyväksyntää. Puisille valaisinpylväille ei voi saada CE-merkkiä, koska EN-tuotestandardia ei ole. Poikkeuksena ovat eräät liimapuupylväiden sovellukset. /9./

5.2.2 Törmäysturvallisuus

Myötäviä pylväitä kannattaa käyttää, kun liikennemäärä on vähintään

- 1000 ajon/d, kun tiellä (tai kadulla) käytettävät nopeudet ovat yleensä vähintään 60 km/h (mikä voi esiintyä myös 50 km/h alueella), ja
- 700 ajon/d, kun tiellä käytettävät nopeudet ovat yleensä vähintään 80 km/h.

Energiaa vaimentavia pylväitä (HE) suositellaan vilkasliikenteisille teille, kun pylväiden takana on vilkasliikenteinen kevyen liikenteen väylä tai kapean sivuojan takana metsän puut. Väistyvien pylväiden tuoma hyöty jää osittaiseksi, jos auto törmää pylvään jälkeen puuhun tai jalankulkijaan.

Taajamien teillä, joiden nopeusrajoitus on 60 tai 70 km/h, on muutenkin syytä välttää raskarakenteisia pylväitä. Raskailla pylväillä on jonkinlainen riski, että pylväs putoaa vapaasti huonokuntoisen auton katolle. Alhaisella nopeudella ja maakaapeliasennusta käytettäessä riski on suurimmillaan, mutta silti aika pieni. Ilmajohto pienentää riskiä.

Vanhat puupylväät kannattaa muuttaa törmäysturvallisiksi, kun edellä esitetyt liikennemääräraajat ylittyvät.

Poikkeuksia ovat tapaukset, joissa

- a) pylväät ovat kaiteen takana
- b) pylväät ovat sivuojan takana paksujen puiden seassa tai riittävän kaukana
- c) pylväät ovat osittain lahonneita ja pylväsväli on lyhyt
- d) pylväissä on raskaita siirtojohtoja tai
- e) haruksettoman pylvään johtokulma on suuri. /11./

5.3 Pylväskalusteet

Pylväskalusteena käytetään esim. kalustetta SV15.11 ja haaroituksissa lisäksi kalustetta SVV1.15. Puupylväillä käytetään maakaapeliasennuksissa esim. SK160.1-valaisinpylväskaappia, joka sisältää kalusteen SV15.11.

5.4 Jalustat

Jalustoina käytetään eri pylväskorkeuksille valmiiksi mitoitettuja betonijalustoja esim. Sähköjokisen SJ- tai SJR-sarjaa.

5.5 Suojaputket

Ajoratojen alituksissa käytetään standardin SFS 5608 mukaan lujuusluokan A HD-polyeteenisiä suojaputkia, joiden sisähalkaisija on määrätty suunnitelmassa, kuitenkin vähintään 110 mm esim. TEL 110 A. Tien pituussuunnassa voidaan käyttää B-lujuusluokan suojaputkia, jos niiden yli ei kulje raskaita ajoneuvoja. B-luokan putken halkaisija on määrätty suunnitelmassa, kuitenkin vähintään 75 mm esim. Opto 75 B, TEL 110 B. Varalle jäävät putket suljetaan suojatulpilla. /9./

5.6 Kaapelit

Kaapelina käytetään yleensä pylväsvalinnasta riippuen ilmajohtoa tai maakaapelia. Maakaapeleina käytetään yleensä alumiinikaapeleita AMCMK tai AXMK poikkipinta-alan vaihdella 16...35 mm². Ilmajohtoasennuksissa käytetään AMKA riippukierrekaapelia, jossa on teräksinen kannatusvaijeri ja poikkipinta myös 16...35 mm².

5.7 Maadoitukset

Nollajohdin on maadoitettava enintään 200 m:n etäisyydellä verkon syöttöpisteestä ja jokaisen yli 200 m:n pituisen johdon tai johtohaaran loppupäässä tai enintään 200 m:n etäisyydellä loppupäästä. Maadoitusimpedanssin arvoksi on mahdollisuuksien mukaan pyrittävä saamaan alle 100 ohmia.

Tievalaistuskeskukset varustetaan omalla maadoituselektrodilla ja PEN-johdin on suositeltavaa maadoittaa muuallakin, missä on käytettävissä maadoituselektrodi tai muuten hyvät maadoitusolosuhteet.

Tievalaistuksessa maadoitusjohtimena käytetään 16 mm²:n kirkasta kupariköyttä

ja maadoituselektrodina kupariputkea tai -sauvoja. Maadoitus tulee varustaa mittauksen mahdollistavalla liittimellä. /9./

5.8 Keskukset

Keskukset ovat joko maahan jakokaappiin tai pylvääseen asennettuja kotelokeskuksia. Jakokaapin tulee täyttää standardin SFS 2533 vaatimukset ja tulee kiinnityksiltään olla sopiva standardin SFS 2534 mukaiseen jalustaan.

Jakokaapin sisällä olevat kojeet ja laitteet tulee koteloida. Kotelointiluokan tulee olla vähintään IP34 (roiskevedenpitävä) kaapin ovi avattuna. Jakokaapin rakenteen tulee taata riittävä ilmankierto. /9./

6 Sähkötekniinen mitoitus

6.1 Jännitteen alenema

Standardissa SFS 6000 suositellaan, että jännite ei sähkön luovutuskohdassa eroa nimellisjännitteestä enempää kuin $-10...+6$ % (207...244 V). Tievalaistuksessa purkauslamppuja käytettäessä voidaan sallia kuitenkin vain ± 6 %:n vaihtelu nimellisjännitteestä. Liian alhaisen jännitteen vuoksi lamput syttyvät eriaikaisesti tai jotkin lampuista syttyvät ja sammuvat omia aikojaan.

Jatkuva yli- tai alijännite vaikuttaa haitallisesti lampun elinikään. Purkauslampuilla alijännite pidentää lampun kestoikää samalla tavalla kuin hehkulampuilla. Alijännitteen haitallisuus lampun syttymisen kannalta korostuu kovalla pakkasella. Samoin lampun valovirta alenee jännitteen pienentyessä eikä vaadittua valaistustasoa välttämättä enää saavuteta.

Jännitteen alenema lasketaan yleensä lamppujen syttymisvirtojen mukaan. Näin pystytään varmistamaan kaikkien lamppujen yhtäaikainen syttyminen. Lamppujen syttymisvirta on huomattavasti palamisvirtaa suurempi, jolloin myös syttymishetken jännitteen alenema on suurempi. /10./

Jännitteen alenema lasketaan pääkeskukselta ryhmän viimeiselle pylväälle kolmivaiheisella laskentatavalla, koska yleensä valaistusryhmän kaikki kolme vaihetta kytketään loppuun asti. Laskennassa tulee ottaa huomioon syttymisvirtojen pieneneminen ryhmän loppua kohden, koska laskennassa huomioitavien valaisimien määrä vähenee.

Jännitteen alenema voidaan laskea käyttäen seuraavia kaavoja:

Kolmivaiheisella vaihtojännitteellä:

$$\Delta U = I \cdot l \cdot \sqrt{3} \cdot (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (2)$$

jossa

ΔU on jännitteen alenema volteissa (V)

I on kuormitusvirta (A)

l on johdon pituus (m)

r on ominaisresistanssi (Ω/m)

x on ominaisreaktanssi (Ω/m)

U_n on nimellisjännite (V)

φ on jännitteen ja virran välinen vaihekulma

Yksivaiheisella vaihtojännitteellä:

$$\Delta U = I \cdot 2 \cdot l \cdot (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (3)$$

Kaavoissa plusmerkkiä käytetään induktiivisella kuormalla ja miinusmerkkiä kapasitiivisella kuormalla.

Vastaava suhteellinen jännitteen alenema saadaan kaavasta:

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\% \quad (4)$$

Suunnitelmapiirustuksiin suhteellinen jännitteenalenema merkitään p-kirjaimella, esimerkiksi $p = 2,0\%$. /3./

6.2 Oikosulkuvirta

Oikosulkuvirta voidaan laskea usealla eri tavalla. Oikosulkuvirrat lasketaan usein VDE:n (Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik) likiarvomenetelmällä, jossa vikavirtapiirin impedanssit lasketaan aritmeettisesti yhteen. Laskennassa määritetään oikosulkuvirta vaihe- ja suojajohtimen välisessä oikosulussa. Laskennassa käytetään kaavaa

$$I_K = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_v} \quad (5)$$

jossa

I_k on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta (A),

c on kerroin 0,95, joka huomioi jännitteen aleneman,

U on pääjännite (V),

Z_v on vikavirtapiirin kokonaisimpedanssi (Ω), joka muodostuu edeltävän verkon impedanssista, muuntajan impedanssista ja muuntajan jälkeisten johtojen impedansseista. /3./

Kaavasta (5) saadaan ratkaistua kokonaisimpedanssi eli edeltävän verkon impedanssi laskentakaavalla

$$Z_v = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} \quad (6)$$

Kaapeleiden impedanssit voidaan laskea taulukon 7 impedanssiarvojen avulla laskentakaavalla

$$Z_{\text{kaapeli}} = s \cdot 2 \cdot z \quad (7)$$

Jos käytettävän kaapelin maadoitusjohtimen poikkipinta eroaa äärijohtimien poikkipinnasta, impedanssin laskennassa pitää ottaa huomioon eri arvot. Tällöin lasketaan kaavalla

$$Z_{\text{kaapeli}} = s \cdot (z_1 + z_2) \Omega \quad (8)$$

jossa sulkulausekkeessa olevat arvot ovat äärijohtimen ja maadoitusjohtimen impedanssien summa.

Taulukossa 7 on esitetty kaapeleiden resistanssit, reaktanssit ja impedanssit johtimien poikkipinnan mukaan.

Taulukko 7. Kaapeleiden impedanssit (Ω/km) johdinlämpötilassa $80\text{ }^\circ\text{C}$ /4/.

Johtimien poikkipinta A/mm^2	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi X	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Taulukoissa 8 ja 9 on esitetty suojalaitteiden vaatimat oikosulkuvirrat.

Taulukko 8. Johdonsuojakatkaisijoiden vaatimat oikosulkuvirrat /4/.

Pienimmät oikosulkuvirrat, jolla erilaiset suojalaitteet toimivat 0,2, 0,4 tai 5,0 sekunnissa					
Suojalaitteen nimellisvirta A	Pienin sallittu yksivaiheinen oikosulkuvirta A				
	Johdonsuojakatkaisijat				
	B-tyyppi 0,2, 0,4 s ja 5,0 s	C-tyyppi 0,2 ja 0,4 s	C-tyyppi 5,0 s	D-tyyppi 0,2 ja 0,4 s	D-tyyppi 5,0 s
	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo/ mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo
6	30 / 38	60 / 75	42 / 55	120 / 150	42 / 55
10	50 / 65	100 / 125	70 / 90	200 / 250	70 / 90
16	80 / 100	160 / 200	112 / 140	320 / 400	112 / 140
20	100 / 125	200 / 250	140 / 180	400 / 500	140 / 180
25	125 / 160	250 / 320	175 / 220	500 / 630	175 / 220
32	160 / 200	320 / 400	225 / 280	640 / 800	225 / 280
40	200 / 250	400 / 500	280 / 350	800 / 1000	280 / 350
50	250 / 320	500 / 630	350 / 440	1000 / 1250	350 / 440
63	315 / 400	630 / 790	440 / 550	1260 / 1600	440 / 550
80	400 / 500	800 / 1000	560 / 700	1600 / 2000	560 / 700
125	625 / 780	1250 / 1570	875 / 1100	2500 / 3130	875 / 1100

Taulukko 9. Sulakkeiden vaatimat oikosulkuvirrat /4/.

Sulakkeiden nimellisvirta A	Laukaisuaika	
	0,4 s	5,0 s
	Laskettu arvo / mitattu arvo	Laskettu arvo / mitattu arvo
2	16 / 20	9 / 12
4	32 / 40	18 / 23
6	46,5 / 58	28 / 35
10	82 / 103	46,5 / 58
16	110 / 138	65 / 81
20	145 / 180	85 / 105
25	180 / 225	110 / 138
32	270 / 340	165 / 210
35	290 / 365	175 / 220
40	315 / 395	190 / 240
50	470 / 590	250 / 315
63	550 / 690	320 / 400
80	840 / 1050	425 / 530
100	1000 / 1250	580 / 725
125	1450 / 1800	715 / 895
160	1600 / 2000	950 / 1190
200	2100 / 2625	1250 / 1560
250	2800 / 3500	1650 / 2065
315	3700 / 4625	2200 / 2750
400	4800 / 6000	2840 / 3550
500	6400 / 8000	3800 / 4750
630	8500 / 10625	5100 / 6375

6.3 Oikosulkuvirta tarkalla laskentamenetelmällä

Tievalaistuksissa voidaan käyttää tarkempaa laskentamenetelmää, jossa yksivaiheinen oikosulkuvirta lasketaan kaavalla

$$I_K = \frac{U_v}{\sqrt{\left[\frac{2Rn}{3} + Rm + \sum_j (r_j + r_{0j})l_j \right]^2 + \left[\frac{2Xn}{3} + Xm + \sum_j (x_j + x_{0j})l_j \right]^2}} \quad (9)$$

jossa

I_K on oikosulkuvirta (kA),

U_v on vaihejännite (kV),

l_j on johto-osan j pituus (km),

r_j on johto-osan j äärijohtimen resistanssi (Ω /km),

r_{0j} on johto-osan nollajohdon resistanssi (Ω /km),

x_j on johto-osan j äärijohtimen reaktanssi (Ω /km),

x_{0j} on johto-osan j nollajohtimen reaktanssi (Ω /km),

Rm on muuntajan resistanssi (Ω),

Xm on muuntajan reaktanssi (Ω),

Xn on $\frac{1,1 \cdot U^2}{S_{kn}} =$ suurjänniteverkon oikosulkureaktanssi muuntajan pienjännitepuolel-
le redusoituna (Ω),

Rn on $0,1 \cdot Xn =$ suurjänniteverkon oikosulkuresistanssi muuntajan pienjännitepuolel-
le redusoituna (Ω),

U on pienjänniteverkon pääjännite (kV) ja

S_{kn} on suurjänniteverkon oikosulkuteho muuntajan kohdalla (MVA).

Jos suurjänniteverkon oikosulkutehoa ei tiedetä, voidaan käyttää arvoa $S_{kn} = 50$ MVA.

/8./

6.4 Suurin sallittu johtopituus

Usein käytännössä täytyy määrittää suurin sallittu johtopituus, kun suojalaitetta edeltävä verkon impedanssi Z_v tai oikosulkuvirta on tunnettu.

Suurin sallittu johtopituus voidaan laskea käyttäen kaavaa

$$l = ((c \cdot U) / (\sqrt{3} \cdot I_k) - Z_v) / (2 \cdot z) \quad (10)$$

jossa

l on suurin sallittu johtopituus (km)

c on kerroin 0,95, joka huomioi jännitteenaleneman

U on pääjännite (V)

I_k on oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa

Z_v on impedanssi ennen suojalaitetta (Ω)

z on suojattavan johtimen impedanssi (Ω/km). /3./

6.5 Ylikuormitussuojan mitoitus

Ylikuormitussuojana käytetään tulppavarokkeita tai johdonsuojakatkaisijoita. Tulppavarokkeiden sijaan voidaan käyttää johdonsuojakatkaisijoita jos halutaan minimoida keskuksen koko.

Valaistusryhmän ylikuormitussuoja mitoitetaan palamis- ja syttymisvirtojen mukaan. Tulppavarokkeiden nimellisvirta on 1,3 x lamppujen palamistilanteen aikainen kokonaisvirta. Johdonsuojakatkaisijan nimellisvirta on 1,3 x lamppujen syttymistilanteen aikainen kokonaisvirta. Tulppavaroke kestää siis paremmin syttymisvirtojen piikkejä. /9/

Standardin SFS 6000 mukaan ylikuormitussuojan ominaisuuksien on täytettävä seuraava ehto

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (11)$$

jossa

- I_b on virta, jolle piiri on suunniteltu
- I_z on johtimen jatkuva kuormitettavuus
- I_n on suojalaitteen mitoitusvirta.

Valaistusryhmän suojalaitteen katkaisukyky on oltava suurempi kuin ryhmässä esiintyvä oikosulkuvirta. /3./

Yleensä pylväisiin sijoitetaan aina omat sulakkeet tai johdonsuojakatkaisijat. Selektiivisyyden vuoksi pylvällä käytetään 6 A tai 10 A ja keskuksella yleensä 16A. Jos ryhmän koko on pieni ja matkat eivät ole pitkiä, voidaan ryhmän sulakesuojaus toteuttaa keskuksessa olevilla ryhmäkohtaisilla sulakkeilla tai johdonsuojakatkaisijoilla. Oikosulkuvirrat on kuitenkin aina tarkistettava ja ylikuormitussuojaus suunniteltava siten, että yhden valaisimen vioittuminen ei aiheuta muiden valaisimien sammumista.

6.6 Kaapeleiden kuormitettavuus

Katu- ja aluevalaistuksissa kaapelit asennetaan pääsääntöisesti maahan, jolloin kyseessä on referenssiasennustapa D. Suunnittelussa tulee kuitenkin huomioida myös muut mahdolliset asennustavat, joita kaapelireiteillä voi tulla vastaan. Jos esimerkiksi kaapeli asennetaan puuseinälle, mitoitetaan kaapelin suurin sallittu kuormitettavuus asennustavan C mukaan.

Taulukossa 10 on esitetty suurimmat jatkuvat virrat, joilla johtimia saa kuormittaa määrätyissä olosuhteissa.

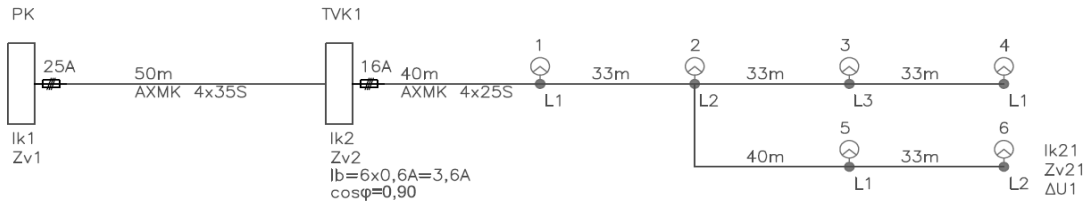
Taulukko 10. Kuormitettavuudet ampeereina asennustavoilla A, B, C ja D. PVC-eristeiset kupari- tai alumiinijohtimet. Johtimen lämpötila 70 °C. Ympäristön lämpötila 25 °C ilmassa ja 15 °C maassa /4/.

Johtimen nimellinen poikkipinta mm ²	Taulukon A.52-1 mukainen referenssiasennustapa						
	A		B		C		D
	Kolme kuormitettua johdinta	Kaksi kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta	Kaksi kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta	Kaksi kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta
1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari							
1,5	14	15	16	17,5	18,5	20	26
2,5	19	20	21	24	25	29	35
4	24	27	29	32	34	38	46
6	31	34	36	40	43	49	57
10	41	46	49	55	60	67	77
16	55	60	66	73	80	90	100
25	72	79	85	95	102	119	130
35	86	97	105	118	126	146	160
50	105		125		153		190
70	133		158		195		240
95	159		190		236		285
120	182		218		274		325
150	208		-		317		370
185	236		-		361		420
240	278		-		427		480
300	316		-		492		550
Alumiini							
16	43		51		62		78
25	56		66		77		100
35	69		82		95		125
50	83		97		117		150
70	104		123		148		185
95	125		147		180		220
120	143		170		209		255
150	164		-		240		280
185	187		-		274		330
240	219		-		323		375
300	257		-		372		430

Jos ympäristön lämpötila on jokin muu kuin 25 °C ja jos ryhmissä on useita piirejä tai useita kaapeleita rinnakkain, kuormitettavuudet on laskettava uudelleen standardin SFS 6000-5-52 liitteen 52A taulukoissa esitettyjen korjauskertoimien mukaan.

7 Esimerkkilaskelmat

Ennen oikosulkuvirtalaskelmien suorittamista täytyy selvittää verkkoyhtiöltä tai verkon rakentajalta pääkeskuksen oikosulkuvirta I_{k1} . Jos oikosulkuvirran arvoa ei ole tiedossa, voidaan laskelmissa käyttää arvoa 250 A.



Kuva 9. Esimerkki valaistusverkosta

Esimerkkitapauksessa (kuva 9) valaisimet ovat 70 W:n suurpainenatrium (SpNa) valaisimia. Kun valaisinmäärät ovat tiedossa, voidaan laskea keskuksen TVK1 virta I_b . Tässä vaiheessa suunnittelija on siis valaistuslaskelmin selvittänyt tarvittavan valaisinmäärä

Koska valaisimien lukumäärä tiedetään, voidaan lamppujen syttymisvirrat katsoa taulukosta 8. Taulukosta saadaan 70 W:n suurpainenatriumlampulle syttymisvirraksi 0,6 A. Keskuksen TVK1 kuormitusvirraksi I_b saadaan

$$6 \cdot 0,6 \text{ A} = 3,6 \text{ A}$$

Valitaan alustavasti TVK1:n ryhmän syöttäväksi sulakkeeksi yleisen käytännön mukaan gG 16 A. Keskusta syöttävien sulakkeiden tiedetään olevat tyyppiä gG 25 A.

Lasketaan seuraavaksi kaavalla (6) syöttävän verkon impedanssi Z_v :

$$Z_v = \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 250A} \approx 0,878 \Omega$$

Seuraavaksi voidaan määrittää TVK1:n impedanssi Z_v2 ja oikosulkuvirta I_{k2} kaavojen (6) ja (5) sekä taulukon 7 avulla:

$$Z_v2 = 0,878 + 0,050 \text{ km} \cdot 2 \cdot 1,089 \Omega \approx 0,987 \Omega$$

(AXMK 4x35S)

$$I_{k2} = \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 0,987 \Omega} \approx 222,3 \text{ A} > 110 \text{ A}$$

Sulakkeen gG 25 A vaadittu oikosulkuvirta taulukon 9 mukaan on 110 A, eli vaatimus on täytetty.

Seuraavaksi lasketaan oikosulkuvirrat keskuksen kaukaisimman ryhmän päässä. Kaapelin pituus on 146 metriä.

$$Z_{\Sigma 21} = 0,987 + 0,146 \text{ km} \cdot 2 \cdot 1,492 \Omega \approx 1,423 \Omega$$

(AXMK 4x25S)

$$I_{k21} = \frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 1,423 \Omega} \approx 154,2 \text{ A} > 65 \text{ A} \quad \text{OK}$$

16 A gG-sulakkeen vaadittu oikosulkuvirta taulukon 9 mukaan on 65 A, eli vaatimus täyttyy tältäkin osin.

Seuraavaksi voidaan laskea jännitteen alenemat. Lasketaan ensimmäiseksi jännitteen alenema keskukselle TVK1. Käytetään laskennassa kaavoja (2) ja (4). Kuormitusvirraksi asetetaan maksimisyyttymisvirta 3,6 A ja $\cos\phi$ arvoksi arvioidaan 0,9.

Huom! Jännitteen aleneman laskennassa tulee resistanssin arvoissa huomioida 70 °C lämpötila korjauskertoimella 0,967. Taulukon 7 arvot on esitetty 80 °C:n lämpötilassa.

$$\Delta U_{TVK1} = 3,6A \cdot 0,050 \text{ km} \cdot \sqrt{3} \cdot ((1,086 \cdot 0,967) \cdot 0,90 + 0,083 \cdot 0,44) \approx 0,306 \text{ V}$$

(AXMK 4x25S)

Suhteellinen jännitteen alenema on

$$\Delta u_{TVK1} = \frac{0,306V}{400V} \cdot 100\% = 0,077\%$$

Ryhmän kaukaisimman pylvään jännitteen alenema voltteina ja suhteellisenä on

$$\Delta U_{p1} = 0,306V + (6 \cdot 0,6A) \cdot 0,040 \text{ km} \cdot \sqrt{3} \cdot ((1,489 \cdot 0,967) \cdot 0,90 + 0,086 \cdot 0,44) \approx 0,639 \text{ V}$$

(AXMK 4x25S)

$$\Delta U_{p2} = 0,639V + (5 \cdot 0,6 A) \cdot 0,033 km \cdot \sqrt{3} \cdot ((1,489 \cdot 0,967) \cdot 0,90 + 0,086 \cdot 0,44) \approx 0,868 V$$

(AXMK 4x25S)

Haaran 2 jännitteen alenema lasketaan omana osanaan ja siihen lisätään haaroituspylväälle laskettu jännitteen alenema ΔU_{p2} .

$$\Delta U_{p5} = 0,868V + (2 \cdot 0,6 A) \cdot 0,040 km \cdot \sqrt{3} \cdot ((1,489 \cdot 0,967) \cdot 0,90 + 0,086 \cdot 0,44) \approx 0,979 V$$

(AXMK 4x25S)

$$\Delta U_{p6} = 0,979V + (1 \cdot 0,6 A) \cdot 0,033 km \cdot \sqrt{3} \cdot ((1,489 \cdot 0,967) \cdot 0,90 + 0,086 \cdot 0,44) \approx 1,025 V$$

(AXMK 4x25S) = ΔU_1

$$\Delta u_1 = \frac{1,025V}{400V} \cdot 100 \% = 0,256 \% < 6 \% . \text{ OK}$$

Lopuksi tarkastellaan vielä kaapeleiden kuormitettavuus taulukon 10 avulla.

PK - TVK1: AXMK 4x35S, kuormitusvirta on 3,6 A, suurin sallittu 125 A. OK

TVK1 – p6: AXMK 4x25S, kuormitusvirta on 3,6 A, suurin sallittu 100 A. OK

8 Valaistuslaskelmat

Valaistuslaskennassa käytetään Dialux 4.9 -valaistuslaskentaohjelmaa, jonka voi ladata ilmaiseksi internetistä (www.dialux.com). Seuraavaksi käydään pääpiirteisesti läpi valaistuslaskennan laatiminen Dialux 4.9 -valaistuslaskentaohjelmalla.

8.1 Uuden valaistusprojektin luominen

Valitaan uusi katuprojekti ja valitaan opas ikkunasta ”muokkaa katuelementtejä” -kohdasta tarvittavat katuelementit, kuten ajorata, jalkakäytävä, pysäköintikaista tai viherkaista. Katu tehdään mahdollisimman tarkasti vastaamaan todellista tilannetta mittojen ja pintamateriaalien ja alenemakertoimen osalta.

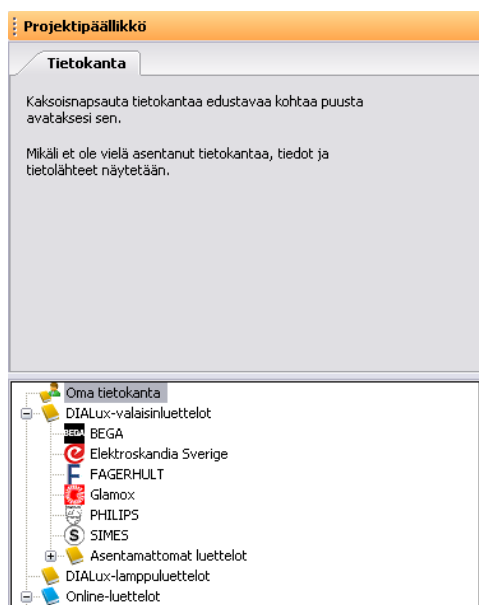
Syötetään ”huoltokaavion menetelmä” -välilehdeltä valaistukselle alenemakerroin. Alenemakerroin valaistukselle saadaan taulukosta 1. Koska käytettävät valaisimet ovat koteloituluokaltaan IP6x, voidaan käyttää alenemakertoimenä perusarvoa 0,8.

Ajoradan päällysteelle käytetään oletusarvoina kuivalle päällysteelle arvoa R2 ja märälle päällysteelle arvoa W3. /10./

8.2 Valaistusluokan ja valaisimien valinta

Valitaan ajoradan valaistusluokaksi esimerkiksi AL4b ja jalkakäytävän valaistusluokaksi K6. Dialuxin projektivälilehdeltä valitaan ”ajorata 1” ja sen ”arviointikenttä ajorata 1” -kohdasta valaistusluokka MEW4. Ja ”jalkakäytävä 1” ja sen ”arviointikenttä jalkakäytävä 1” -kohdasta valaistusluokka S6. AL- ja K-luokat ovat Dialuxissa SFS-EN 13201-2:n mukaan ME-, MEW- ja S-luokkia. Jos mitoitus tehdään ainoastaan kuivan päällysteen perusteella, käytetään ME4b-luokkaa. Silloin on käytettävä taulukon 2 mukaisia vaatimuksia: ME1, ME2, ME3a, ME4a ja ME5. Pitkittäistasaisuuden U_1 arvot tällöin 0,5...0,7.

Seuraavaksi valitaan valaisimet opasikkunan (kuva 11) kohdasta ”valitse valaisimet”, jolloin aukeavat Dialuxin valaisinluettelot (kuva 10).



Kuva 10. Dialuxin valaisinluettelot

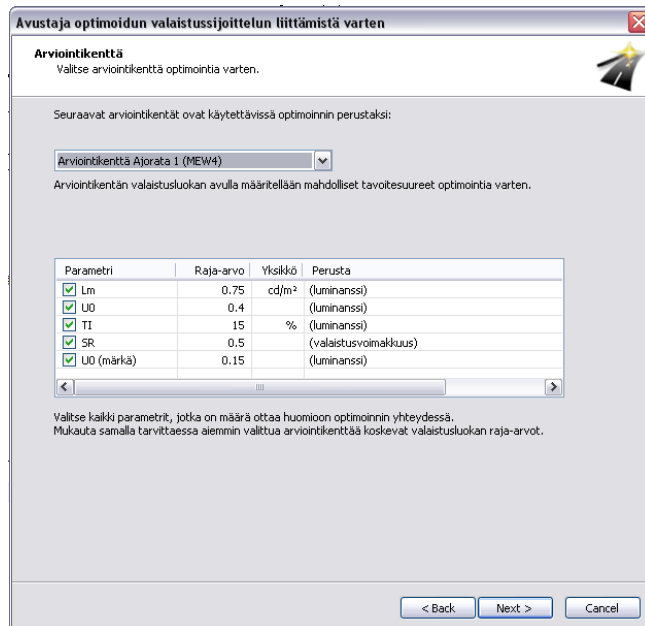
Jos haluttua valaisinvalmistajaa ei löydy luettelosta, pitää valmistajan valaisintietokanta eli ns. plugin-tiedosto asentaa tai valojakotiedosto kyseiselle valaisimelle ladata. Yleensä tiedostot ovat saatavissa valmistajan www-sivuilta.

Kun valaisimet on valittu, voidaan niitä sijoitella yksittäisenä tai ryhminä. Valaisinpylväiden välinen etäisyys, asennuskorkeus, poikkivarren kallistuskulma ja etäisyys tiestä voidaan säätää manuaalisesti tai voidaan käyttää optimoitua valaisinsijoittelua.



Kuva 11. Opasikkuna

Optimaalisen valaisinsijoittelun toimintoa voidaan käyttää katuvalaistuksien laskennassa esimerkiksi silloin, kun halutaan käyttää useampaa vaihtoehtoista valaisinta. Silloin täytetään vain halutut parametrit. Ensin valitaan arviointikentän valaistusluokka kuvan 12 mukaisesti.

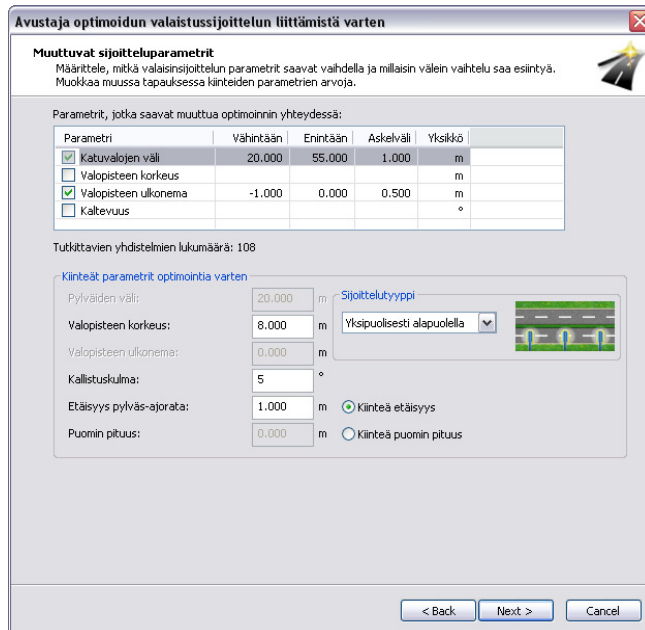


Kuva 12. Arviointikentän arvot

Valaistuluokan arviointikentän arvojen jälkeen valitaan valaisimet, jotka otetaan laskennassa vertailuun mukaan. Sen jälkeen määritellään sijoittelun parametrit kuvan 13 mukaisesti.

Arvot voidaan asettaa kiinteäksi tai ne voidaan määrittellä muuttuviksi tietyllä askelväylillä. Katuvalojen väli kannattaa määrittellä, jotta pienimmät ja suurimmat välit jäisivät laskennasta pois. Valopisteen ulkoneman voi määrittellä esim. -1...0 m askelväylillä 0,5 m. Valopisteen korkeus voidaan määrittää kiinteästi esim. 8 metriin. Etäisyys tien määritellään yleensä kiinteäksi. Etäisyyden tien reunaan tulee olla vähintään 0,8 m nopeusrajoituksen ollessa alle 60 km/h. Usein käytetään etäisyytenä 1 m:ä, riippuen valaisinvarren pituudesta. Kevyen liikenteen väylillä riittää 0,5 m.

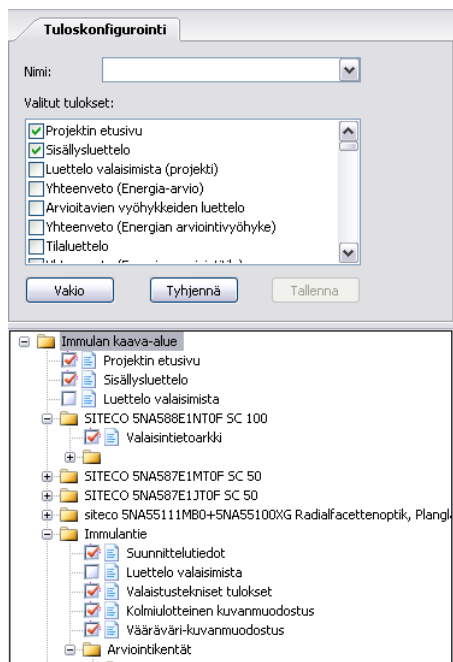
Ohjelma laskee syötettyjen arvojen (kuva 13) perusteella parhaat vaihtoehdot valaistuksen toteuttamiseksi. Taulukosta voidaan valita yksi vaihtoehto, jolloin Dialux aloittaa tarkat laskelmat kyseisellä valaisimella ja parametreilla.



Kuva 13. Sijoittelun parametrit

8.3 Valaistuslaskenta ja tuloksien esittäminen

Kun valaistus on laskettu, voidaan tulokset koota dokumentointia varten. Tulostettavat asiakirjat valitaan tuloskonfigurointi-ikkunasta kuvan 14 mukaisesti.

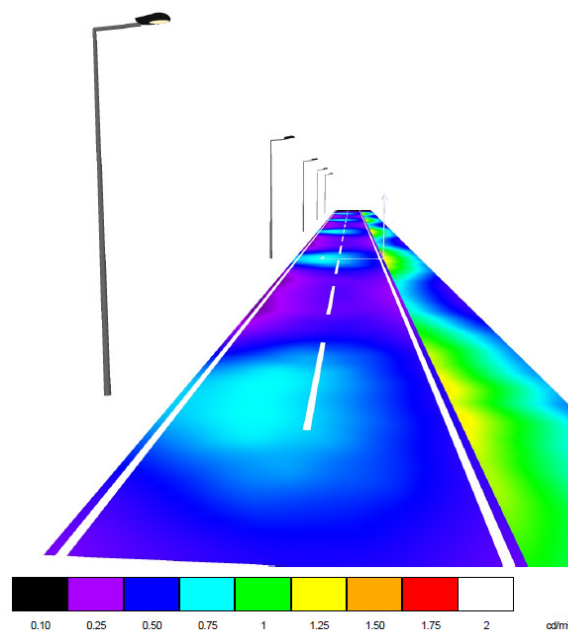


Kuva 14. Tulostusvalinnat

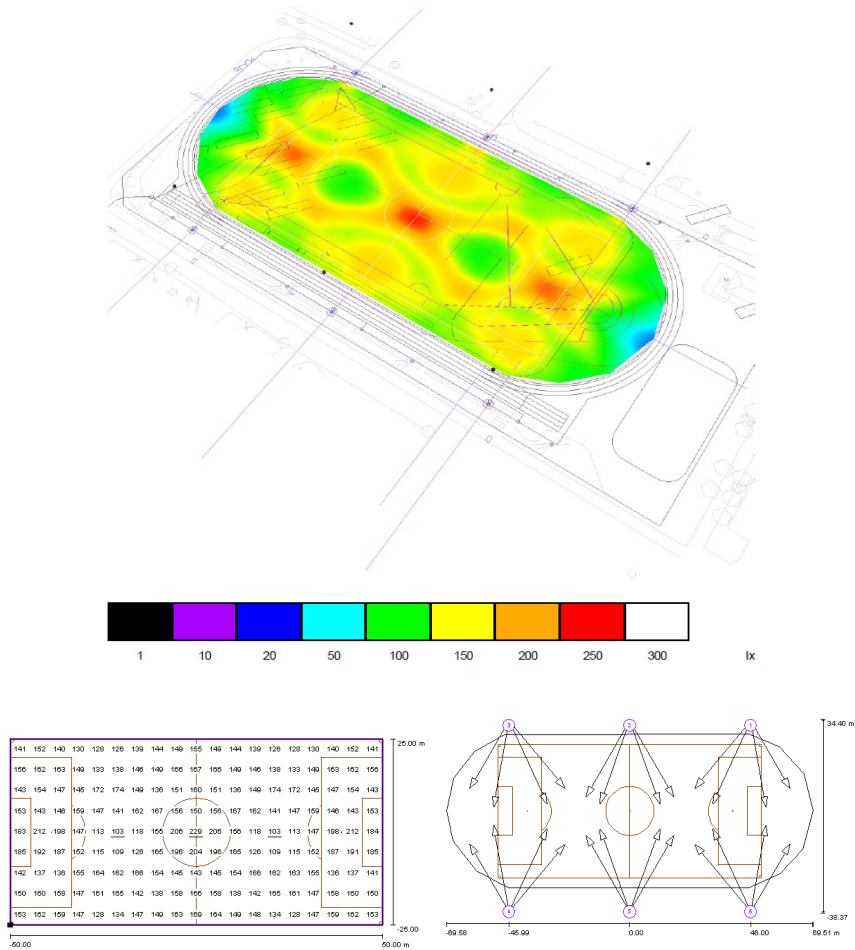
Valaistuslaskelmien tuloksista kannattaa tulostaa kansilehti projektitietoineen, valaisintietoarkki, katukohtaiset suunnittelutiedot, valaistustekniset tulokset sekä kolmiulotteinen vääräväri-näkymä, jolla saadaan nopeasti havainnollistettua valaistuksen voimakkuus ja tasaisuus.

Urheilukentän valaistuslaskelmista tulostetaan myös valaistusvoimakkuuksien arvotaulukko sekä heittimien koordinaattiluettelo suuntaustietoineen.

Kuvista 15 ja 16 nähdään kolmiulotteisen vääräväri-näkymän havainnollisuus pelkkien numeroarvojen sijaan.



Kuva 15. Katuvalaistusluokan AL4b vääräväri-näkymä.



Kuva 16. Aluevalaistus (E_m 150 lx) vääräväri-näkymä ja heittimien suuntaus.

9 Katuvalaistuksen ohjaus

9.1 Paikallisohtaus

Paikallisohtaus käytetään pienehköjen alueiden ohjauksessa, jos verkkokäsyohtaus ei ole käytettävissä tai ei haluta investoida älykkääseen ohjausjärjestelmään. Paikallisohtauksessa käytetään yleensä valaistusvoimakkuusanturia/hämäräkytkintä, joka ohjaa valaistuksen päälle ja pois. Anturin aseteltu valaistusvoimakkuustaso on tyypillisesti 20 lx, jolloin Suomessa ulkovalaistus on päällä hiukan alle 4000 tuntia vuodessa. /9./

9.2 Ketjuttaminen

Ketjuttaminen on edullinen ohjaustapa, jossa ohjaus tapahtuu keskusten välille asennetun kaapelin välityksellä. Usein valaistun alueen viimeiseltä pylväältä viedään ohjaava jännite uuden alueen syöttävälle keskukselle. Ketjuttaminen eli vyörytysohjaus on yleinen ohjaustapa pikkupaikkakuntien tievalaistuksissa. Ketjuttamisen huonoja puolia ovat vikaherkkyys ja vian kertautuminen. /9./

9.3 Keskitetty ohjaus

Alueilla, joissa tievalaistusverkko on yhtenäinen, ohjauksen tulee olla keskitetty, jotta välttyttäisiin häiritseviltä eriaikaisilta syttymis- ja sammumisajankohdilta. Ohjaustapa on varmatoimisimpia eri ohjausvaihtoehdoista, mutta kaikilla sähkölaitoksilla ei ole tarjota valaistuksen verkkokäsyohtoa. Tämä ohjaustapa on myös kallis. /9./

9.4 Älykäs tievalaistus

Älykäs tievalaistus tarkoittaa nykypäivänä useimmiten GPRS/3G-tekniikkaan perustuvaa etähallittavaa järjestelmää, kuten C2 SmartLight (kuva 17). Tieto liikkuu järjestelmässä PLC (Power Line Communication) tai RF (Radio Frequency)-tekniikoilla ilman tiedonsiirtokestannuksia. Erillistä ohjauskaapelia ei siis välttämättä tarvita.

Jotkin järjestelmät voivat valita valaistusluokan vallitsevan liikennemäärän perusteella ja pitää sen vakiona parametrien määrittelemässä ja lamppujen valovirran sallimissa rajoissa. Vallitsevat heijastusominaisuudet otetaan huomioon mittaamalla jatkuvasti ajoradan todellinen luminanssi. Päälysteen olotilaa tarkkaillaan tiesääaseman antaman lisätiedon avulla. Järjestelmä tuottaa hoitoa varten tiedot kalusteiden olotilasta ja jäljellä olevasta käyttöiästä. Hälytykset vikatiloista voidaan lähettää suoraan huollosta vastaavalle henkilölle esim. tekstiviestinä.

Myös yksittäisten valaisinpisteiden päälle/pois-ohjaus, himmennys ja energiankulutuksen mittaaminen voidaan toteuttaa valaisinpylvääseen sijoitettavalla pienellä ohjausyksiköllä, joka liikennöi läheisessä katuvalokeskuksessa sijaitsevan ohjausmoduulin kanssa. Va-

laisinpisteessä sijaitseva ohjausyksikkö on valaisinvalmistajista riippumaton ja toimii eri valaistusteknologioiden kanssa. /9; 14; 16./



Kuva 17. C2 SmartLight /16/.

10 Valaistussuunnitelmat

10.1 Tarveselvitys

Tarveselvitys sisältää yleensä perusteet kaupungin tai kunnan ulkovalaistuksen kehittämiselle sekä parantamiselle pitkällä aikavälillä. Tarveselvityksen yhteydessä valaistus-tarve analysoidaan. Tiejakson tai yhden tiehankkeen tarveselvitys sisältää myös valaistusosan. Jos nykyistä tietä parannetaan asentamalla vain valaistus, toimenpide ja sen kannattavuus tarkistetaan erillisellä valaistuksen tarveselvityksellä. /10./

10.2 Yleissuunnitelma

Yleissuunnitelman tarkoituksena on esittää koko aluetta koskeva selvitys valaistuksesta, joka on esiteltävissä ja markkinoitavissa. Yleissuunnitelman tarkoitus on auttaa päätöksenteossa ja sisältää yleensä seuraavia asioita

- lyhyt perusteleva selostus
- valaisimien ja pylväiden sijoitteluperiaatteita esittävä kartta
- havainnollisia leikkauskuvia valaistuisista pinnoista, rakennuksista, puistoista, patsaista yms.
- perspektiivikuvia,
- kalusteiden yleispiirustukset. /10./

10.3 Aluesuunnitelma/ Tiesuunnitelman valaistustiedot

Tiesuunnitelmaan liitettävällä valaistusta koskevalla piirustuksella varmistetaan tievalaistuksen toteuttamismahdollisuus sekä vuorovaikutus muihin tierakenteisiin ja ympäristöön. Näihin valaistustietoihin kuuluu

- valaistavat tieosat, kartta 1:10 000 (1:20 000)
- valaistuluokka
- valolaji
- pylväslaji (toimintatapa tai ulkonäkö) ja kaapelointitapa
- valaistustyyppi
- asennuskorkeuden enimmäisarvo
- laskennallisten hoitokustannusten referenssiarvo.

Rakennuttaja tai tilaaja asettaa tiesuunnitelman valaistustiedot urakkaan sisältyvän rakennussuunnitelman lähtökohdaksi ja tavoitteeksi. /10./

10.4 Rakennussuunnitelma

Tievalaistuksen rakennussuunnitelma on tavallisesti tievalaistuksen tarveselvitykseen, tievalaistuksen yleissuunnitelmaan tai tiesuunnitelman valaistustietoihin perustuva tiekohtainen suunnitelma. Se on ensisijaisesti rakentamisen perusasiakirja, joka kuvaa työn lopputulosta ja toimii työsuunnittelun lähtöasiakirjana. /10./

Tievalaistuksen rakennussuunnitelma sisältää yleensä seuraavat asiakirjat:

- tekninen suunnitelmaselostus (sähköselostus)
- kaapelointi-, sijoitus- ja tasopiirustus 1:500/1:1000
- valaisinpylväs- ja jalustaluettelo
- ryhmitystaulukko
- kuormitustaulukko
- pääkaavio
- ohjauspiirikaavio
- (valaistuslaskelma).

11 Yhteenveto

Eco-design -direktiivin pohjalta tehdyn asetuksen 245/2009 suurin vaikutus ulkovalaistukseen on, että vuoden 2015 jälkeen markkinoille ei tule enää uusia elohopealamppuja eikä myöskään niitä korvaavia suurpainenatriumlamppuja. Myös suurpainenatrium ja monimetallilamppujen valotehokkuuksien sekä liitäntälaitteiden hyötysuhteen vaatimukset kiristyvät jonkin verran.

Suurpainenatriumlamppu on suosituin elohopealamppun korvaaja, koska sen hankinta- ja käyttökustannukset ovat pienet. Monimetalli- ja induktiolamppuja asennetaan kohteisiin, joihin halutaan valkoista valoa tai hyvää värintoistoa.

Markkinoilla on saatavana moneen ulkovalaistuskohteeseen sopivia LED-valaisimia, mutta sekä niiden laadussa että saatavilla olevissa tuotetiedoissa on suuria eroja. Jotkut LED-ulkovalaisimet ovat saavuttaneet valotehokkuudessa saman tason kuin perinteiset purkauslamppuvalaisimet. LED-ulkovalaisimien hyviä puolia ovat valon värin ominaisuudet ja nopea syttyminen. Suurpainepurkauslamppuihin verrattuna niiden kustannukset ovat kuitenkin korkeat.

Insinööriyön tavoite täyttyi mielestäni melko hyvin. On tietysti mahdotonta saada sovitettua yhteen insinööriyöhön kaikkia suunnitteluun liittyviä ohjeita, mutta tästä ohjeesta tuli mielestäni hyvä pohjatietopaketti sähkösuunnittelijoiden käyttöön.

Mallilaskelmat ja niiden arvot eivät olleet täysin todenmukaisia, koska esimerkissä valaisimien määrä oli minimoitu. Tästä syystä mm. jännitteen alenemat olivat hyvin pieniä. Laskentaperiaatteet selviävät niistä kuitenkin hyvin, mikä oli pääasia.

Toivon, että tämä ohje ja liitteen mallisuunnitelma tuo uusia näkemyksiä muille sähkösuunnittelijoille valaistussuunnitteluun. Jos ohjeen avulla saadaan ratkaistua ongelmia tai palautettua mieleen valaistussuunnitteluun liittyviä laskentaperiaatteita, työn tavoite on saavutettu.

Lähteet

- 1 Halonen Liisa, Lehtovaara Jorma. 1992. Valaistustekniikka. Jyväskylä: Otatieto Oy.
- 2 Philips tuoteluettelo, lamput. 2011. Verkkodokumentti <<http://www.ecat.lighting.philips.com>>. Luettu 1.10.2011.
- 3 D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2009. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 4 SFS 6000. Pienjännitesähköasennukset. 2007. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 5 SFS-EN 13201-2, Road lighting, Part 2: Performance requirements. 2004. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 6 SFS-EN 12464-2, Light and lighting. Lighting of work places, Part 2: Outdoor work places. 2007. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 7 SFS-EN 12193, Light and lighting. Sports lighting. 2007. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 8 Tievalaistus: suunnittelu, rakentaminen, käyttö ja kunnossapito. 1983. Helsinki: Tiehallinto.
- 9 Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, Tievalaistus, TIEH 2200048-v-07. 2007. Helsinki: Tiehallinto. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2200048-v-07-tylt_7510_tievalaistus.pdf>
- 10 Tievalaistuksen suunnittelu, TIEH 2100034-v-06. 2006. Helsinki: Tiehallinto. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalaist_suunn.pdf>
- 11 Törmäyksessä myötäävät valaisinpylväät vuonna 2005, Tievalaistus/sähkö tiedote nro 11E. 2005. Helsinki: Tiehallinto. Saatavissa: <<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/ttiens/tvaltd11d04.pdf>>
- 12 Sippola Vesa. 2010. Eco-design -direktiivin täytäntöönpanotoimenpiteiden vuoksi poistuvien lamppujen korvaaminen ulkovalaistuksessa. Diplomityö. TKK Elektronikan laitos, Valaistusyksikkö.
- 13 Ekrias Aleksanteri, Eloholma Marjukka, Halonen Liisa. 2008. An advanced approach to road lighting design, measurements and calculations. Report 53. TKK Elektronikan laitos, Valaistusyksikkö.
- 14 Liping Guo. 2008. Intelligent road lighting control systems – experiences, measurements and lighting control strategies. Report 51. TKK Elektronikan laitos, Valaistusyksikkö.
- 15 Light Emitting Plasma (LEP). 2011. Verkkodokumentti. <http://www.screenlightandgrip.com/html/emailnewsletter_generators.html#anchorHighOutputLEPs>. Luettu 1.10.2011.

- 16 C2 SmartLight® – älyä valaisuun. 2011. Verkkodokumentti. C2 SmartLight Oy.
< <http://www.c2is.fi/> >. Luettu 2.10.2011.

Tievalaistussuunnitelma/ Pääkaavio

KESKUSTIEDOT

1 SÄHKÖTEKNILLISET TIEDOT

1.1 Nimellisjännite: 400 V 50 Hz

1.2 Nimellisvirta: * A, liittymisteho * kVA, huipputeho 7,2 kW

1.3 Virtalaji 1 3

1.4 Ohjausjännite: 230 V 50 Hz keskukselta ulkopuolelta
ohjausjännitemuuntajasta ohjajännitekesko

1.5 Muut mahd. apujännitteet NYKYISEN VALAISTUSVERKON VYÖRYTYSOHJAUS
230 V.

2 RAKENNETIEDOT

2.1 Keskuslaji kotelo kenno kehikko

2.2 Kotelointiluokka: IP 34

2.3 Keskuksen maximileveys: * mm

2.4 Asennustapa pinnalle upotettava oellinen

2.5 Kalustus kiinteä ulosotettava ulosvedettävä

2.6 Maalaus toimittajan norm. erillisen ohjeen mukaan

3 SIJOITUSTA JA ASENNUSTA KOSKEVAT TIEDOT

3.1 Syöttö: ylhäältä alhaalta


3.2 Päävirtakaapelit liitetään: riviliittimiin kojeisiin
yli 16 mm² kaapelit kojeisiin ja pienemmät riviliittimiin


3.3 ohjus- ja valvontakaapelit liitetään riviliittimiin kojeisiin

4 LISÄTIETOJA

Katso myös työselityksen keskuksia koskevat tiedot

- Keskuksen sisäiset johdotukset vähintään 2,5 mm² varokkeilta riviliittimille
- Kaikille ryhmä- ohjus- ja hälytysjohdoille oma riviliitin, myös N-, PE- ja varajohtimille
- Saman ryhmän vaihe-, N- ja PE-johtimet riviliittimillä vierekkäin
- Ohjus-, vahva- ja heikkovirtariviliittimet asennetaan kukin omiin keskusosiin
- Riviliittimissä oltava 30% varalla kussakin keskusosassa.
- Asennetaan jakokaappiin.
- Kilpi: KVK-1 (mustavalkoinen, tekstin korkeus 50mm)
- Kilpi: Keskuksessa vieras ohjausjännite

TUNNUS	MUUTOS	PÄIVÄMÄÄRÄ	PIIRT.	SUUNN.TARK.
SIJAINTI Immula 29		RAKENNUSLOMENPIDE		
RAKENNUSKOHTEN NIMI JA OSOITE Puruskorventie, Immulantie, Immulan kallio, Heiniläntie, Heinilänkuja, Raitti 1, Raitti2		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ Pääkaavio KVK-1		
TALT.	PVM.	PIIRT.	SUUN. ALA	TYÖ N:O
	SUUN.	HYV.	VAL	b-KATU-503-15
 LOHJAN KAUPUNKI Kaupunkisuunnittelukeskus Suunnittelu ja rakennuttaminen				

 FCG Finnish Consulting Group Oy Osmontie 34, PL 950, 00601 Helsinki, puh 010 409 5000	Rakennuskohteen nimi ja osoite Lohjan kaupunki Immulan kaava-alue Katuväläistys	A	D		
		B	E		
		C	F		
Pääkaavio Pääkaavio KVK-1	Suunnittelija SKT	Työnumero P13828	Piirustuksen numero 722	Muutos 1	Lehti Lohdata 2

Tievalaistussuunnitelma/ Valaisinpylväs- ja jalustaluettelo

Nro	Pylväs	Valaisin	Sijainti paalulla	Etäisyys m asf:n reunasta	Jalusta	Huom!
Immulantie						
101	1	A	598	1,6	SJR 1.3	
102	1	A	565	1,6	SJR 1.3	
103	1	A	532	1,6	SJR 1.3	
104	1	A	501	1,6	SJR 1.3	
105	1	A	468	1,6	SJR 1.3	
106	1	A	434	1,6	SJR 1.3	
107	1	A	401	1,6	SJR 1.3	
108	1	A	368	1,6	SJR 1.3	
109	4	2xA	314	1,6	SJR 1.3	keskelle välikaistaa
110	4	2xA	295	1,6	SJR 1.3	keskelle välikaistaa
111	1	A	261	1,6	SJR 1.3	
112	1	A	228	1,6	SJR 1.3	
113	1	A	195	1,6	SJR 1.3	
114	1	A	162	1,6	SJR 1.3	
115	1	A	127	1,6	SJR 1.3	
116	1	A	94	1,6	SJR 1.3	
117	1	A	59	1,6	SJR 1.3	
118	1	A	26	1,6	SJR 1.3	
119		A	-1,6	1,6		Puupylväs
201	4	2xA	339	1,6	SJR 1.3	keskelle välikaistaa
Puruskorventie						
202	4	2xA	274	1,6	SJR 1.3	keskelle välikaistaa
203	1	A	241	1,6	SJR 1.3	
204	1	A	208	1,6	SJR 1.3	
205	1	A	175	1,6	SJR 1.3	
206	1	A	141	1,6	SJR 1.3	
207	1	A	107	1,6	SJR 1.3	

Pylväiden sijainti pvl:llä suuntaa antava, tarkka määrittely asennusvaiheessa työmaalla, samoin etäisyys tien reunasta, pyritään mahdollisimman yhtenäisiin linjauksiin. Erityisesti huomioitava 20 kV:n linjojen sijainti sekä muut esteet.

PYLVÄSTYYPPI

- 1 = sinkitty teräskartiopylväs 8m, valaisinvarsi 1,0m
 2 = sinkitty teräskartiopylväs 6m
 3 = sinkitty teräskartiopylväs 5m
 4 = sinkitty teräskartiopylväs 8m, valaisinvarret 2x1,0m

VALAISINTYYPPI

- A = Siteco SC 100 tasolasilla lamppu SpNa 100W, värikorjattu
 B = Siteco SC 50 tasolasilla lamppu SpNa 70W, värikorjattu
 C = Siteco SC 50 tasolasilla lamppu SpNa 50W, värikorjattu
 D = Philips Decoflood2 DVP626, CDM-T 35w säädettävällä optiikalla 25-60°

Jalustat Sähkö-Jokinen Oy:n tyyppejä

Kohde Lohjan kaupunki Immulan kaava-alue	Sisältö Katuvalaistus VALAISINPYLVÄS- JA JALUSTALUETTELO				
	 Finnish Consulting Group Osmontie 34, PL 950, 00601 Helsinki Puh. 0104090, www.fcg.fi	Suunn. KNi	Pvm 6.6.2011	Keskus	Ryhmä
	Hyv. HNi	Pvm 6.6.2011	Lehti 1	Lehdistä 3	
	Piir.nro SKT-P13828-711			Muutos	

Tievalaistussuunnitelma/ Valaisinpylväs- ja jalustaluettelo

Nro	Pylväs	Valaisin	Sijainti paalulla	Etäisyys m asf:n reunasta	Jalusta	Huom!
208	1	A	72	1,6	SJR 1.3	
209	1	A	37	1,6	SJR 1.3	
Heiniläntie						
210	1	A	316	1	SJR 1.3	
211	1	A	349	1	SJR 1.3	
212	1	A	382	1	SJR 1.3	
213	1	A	415	1	SJR 1.3	
214	1	A	450	1	SJR 1.3	
215	1	A	483	1	SJR 1.3	
216	1	A	514	1	SJR 1.3	
217	1	A	547	1	SJR 1.3	
218	1	A	580	1	SJR 1.3	
Immulan kallio						
219	2	B	20	1	SJR 1.3	
220	2	B	53	1	SJR 1.3	
Heiniläntie						
221	1	A	278	1	SJR 1.3	
222	1	A	249	1	SJR 1.3	
223	1	A	216	1	SJR 1.3	
224	1	A	183	1	SJR 1.3	
225	1	A	150	1	SJR 1.3	
226	1	A	117	1	SJR 1.3	
227	1	A	84	1	SJR 1.3	
228	1	A	51	1	SJR 1.3	
229	1	A	18	1	SJR 1.3	
Raitti 2/pp						
230	3	C	10	0,5	SJR 1.3	
231	3	C	34	0,5	SJR 1.3	
232	3	C	68	0,5	SJR 1.3	

Pylväiden sijainti pylväällä suuntaa antava, tarkka määrittely asennusvaiheessa työmaalla, samoin etäisyys tien reunasta, pyritään mahdollisimman yhtenäisiin linjauksiin. Erityisesti huomioitava 20 kV:n linjojen sijainti sekä muut esteet.

PYLVÄSTYYPPI

1 = sinkitty teräskartiopylväs 8m, valaisinvarsi 1,0m

2 = sinkitty teräskartiopylväs 6m

3 = sinkitty teräskartiopylväs 5m

4 = sinkitty teräskartiopylväs 8m, valaisinvarret 2x1,0m

VALAISINTYYPPI

A = Siteco SC 100 tasolasilla
lamppu SpNa 100W, värikorjattu

B = Siteco SC 50 tasolasilla
lamppu SpNa 70W, värikorjattu

C = Siteco SC 50 tasolasilla
lamppu SpNa 50W, värikorjattu

D = Philips Decoflood2 DVP626, CDM-T 35w
säädettävällä optiikalla 25-60°

Jalustat Sähkö-Jokinen Oy:n tyyppejä

Kohde Lohjan kaupunki Immulan asemakaava-alue	Sisältö Katuvalaistus VALAISINPYLVÄS- JA JALUSTALUETTELO			
	Suunn. KNI	Pvm 6.6.2011	Keskus	Ryhmä
 Finnish Consulting Group Osmontie 34, PL 950, 00601 Helsinki Puh. 0104090, www.fcg.fi	Hyv. HNI	Pvm 6.6.2011	Lehti 2	Lehdistä 3
	Piir.nro SKT-P13828-711			Muutos

Nro	Pylväs	Valaisin	Sijainti paalulla	Etäisyys m asf:n reunasta	Jalusta	Huom!
Heinilänkuja						
233	2	B	250	1	SJR 1.3	
234	2	B	222	1	SJR 1.3	
235	2	B	194	1	SJR 1.3	
236	2	B	166	1	SJR 1.3	
237	2	B	130	1	SJR 1.3	
238	2	B	102	1	SJR 1.3	
239	2	B	69	1	SJR 1.3	
240	2	B	41	1	SJR 1.3	
241	2	B	13	1	SJR 1.3	
Raitti 1/pp						
242	3	C	10	0,5	SJR 1.3	
243	3	C	44	0,5	SJR 1.3	
244	3	C	78	0,5	SJR 1.3	
Liikenneympyrä						
245		D		2m betonikiveyksen reunasta	PIKE	Asennus 1m korkuiseen pylvääseen

Pylväiden sijainti pvl:llä suuntaa antava, tarkka määrittely asennusvaiheessa työmaalla, samoin etäisyys tien reunasta, pyritään mahdollisimman yhtenäisiin linjauksiin. Erityisesti huomioitava 20 kV:n linjojen sijainti sekä muut esteet.

PYLVÄSTYYPPI

1 = sinkitty teräskartiopylväs 8m, valaisinvarsi 1,0m

2 = sinkitty teräskartiopylväs 6m

3 = sinkitty teräskartiopylväs 5m

4 = sinkitty teräskartiopylväs 8m, valaisinvarret 2x1,0m

VALAISINTYYPPI

A = Siteco SC 100 tasolasilla lamppu SpNa 100W, värikorjattu

B = Siteco SC 50 tasolasilla lamppu SpNa 70W, värikorjattu

C = Siteco SC 50 tasolasilla lamppu SpNa 50W, värikorjattu

D = Philips Decoflood2 DVP626, CDM-T 35w säädettävällä optiikalla 25-60°

Jalustat Sähkö-Jokinen Oy:n tyyppejä

Kohde Lohjan kaupunki Immulan asemakaava-alue	Sisältö Katuvalaistus VALAISINPYLVÄS- JA JALUSTALUETTELO			
	Suunn. KNi	Pvm 6.6.2011	Keskus	Ryhmä
 Osmontie 34, PL 950, 00601 Helsinki Puh. 0104090, www.fcg.fi	Hyv. HNI	Pvm 6.6.2011	Lehti 3	Lehdistä 3
	Piir.nro SKT-P13828-711			Muutos

Keskus nro	Ryhmä nro	Ryhmä-kaapelin tyyppi	Koje no/teho (W)			Kytentäkalustetyyppi	Lisäselvitykset
			Vaihe L1	Vaihe L2	Vaihe L3		
KVK1	1	AXMK 4x25S	101/118	102/118		SV15.11	
		"			103/118	"	
		"	104/118			"	maad.
		"		105/118		"	
		"	107/118			"	
		"		108/118		"	
		"			109.1/118	"	maad.
		"	109.2/118			"	
		"		110.1/118		"	
		"			110.2/118	"	
		"	111/118			"	
		"		112/118		"	
		"			113/118	"	
		"	114/118			"	maad.
		"		115/118		"	
		"			116/118	"	
		"	117/118			"	
		"		118/118		"	
		"			119/118	SK160.1	maad.
			Is=7A				

maad. = maadoitus 25m Cu 16 asennettuna kaapeliojaan
Kytentäkaluste Enston tyyppisiä

Kohde Lohjan kaupunki Immulan kaava-alue		Sisältö Katuvalaistus RYHMITYSTAUUKKO			
 Finnish Consulting Group	Suunn. KNi	Pvm 6.6.2011	Keskus 1	Ryhmä 2	
	Hyv. HNI	Pvm 6.6.2011	Lehti 1	Lehdistä 2	
Osmontie 34, PL 950, 00601 Helsinki Puh. 0104090, www.fcg.fi			Piir.nro SKT-P13828-721		Muutos

Keskus nro	Ryhmä nro	Ryhmä-kaapelin tyyppi	Koje no/teho (W)			KytKentä-kalustetyyppi	Lisäselvitykset
			Vaihe L1	Vaihe L2	Vaihe L3		
KVK1	2	AXMK 4x35S	201.1/118			SV15.11	
		"		201.2/118		"	
		"			202.1/118	"	haaroitus
		"	202.2/118			"	maad.
		"		203/118		"	
		"			204/118	"	
		"	205/118			"	
		"		206/118		"	maad.
		"			207/118	"	
		"	208/118			"	haaroitus
		"		209/118		"	
		"			210/118	"	
		"	211/118			"	maad.
		"		212/118		"	
		"			213/118	"	
		"	214/118			"	haaroitus
		"		215/118		"	
		"			216/118	"	maad.
		"	217/118			"	
		"		218/118		"	
		"			219/118	"	
		"	220/118			"	maad.
		"		221/118		"	
		"			222/118	"	
		"	223/118			"	maad., haaroitus
		"		224/118		"	
		"			225/118	"	
		"	226/118			"	
		"		227/118		"	
		"			228/118	"	maad.
		"	229/63			"	
		"		230/63		"	
		"			231/63	"	
		"	232/83			"	
		"		233/83		"	
		"			234/83	"	
		"	235/83			"	
		"		236/83		"	maad., haaroitus
		"			237/83	"	
		"	238/83			"	
		"		239/83		"	
		"			240/83	"	
		"	241/83			"	maad.
		"		242/63		"	
		"			243/63	"	
		"	244/63			"	
		MCMK 4x6/6		245/44		"	varoke jakopylväessä
			Is=13,3A				

maad. = maadoitus 25m Cu 16 asennettuna kaapeliojaan
KytKentäkaluste Enston tyyppinä

Kohde Lohjan kaupunki Immulan asemakaava-alue		Sisältö Katuvalaistus RYHMITYSTAUUKKO			
 Finnish Consulting Group Osmontie 34, PL 950, 00601 Helsinki Puh. 0104090, www.fcg.fi	Suunn. KNi	Pvm 6.6.2011	Keskus	Ryhmä	
	Hvv. HNI	Pvm 6.6.2011	Lehti 2	Lehdistä 2	
	Piir.nro			Muutos	
SKT-P13828-721					

Ryhmä n:o/vaihe	LAMPPIJEN LUKUMAARA (SYTT.VIRTA / LIITÄNTÄTEHO)					Ryhmä- sulake	Sytt. virta/ Vaihe	Ryhmä- teho
	Sp-Na Lamput							
	70W 0,6 83	100W 1 118	50W 0,45 63					
N1/L1		7				16	7	0,826
N1/L2		7				16	7	0,826
N1/L3		7				16	7	0,826
								2,478
N2/L1	4	10	2			16	13,3	1,638
N2/L2	3	10	2			16	12,7	1,555
N2/L3	3	10	2			16	12,7	1,555
								4,748

Kohde Lohjan kaupunki Immulan asemakaava-alue		Sisältö Tievalaistus KUORMITUSTAUUKKO			
 Finnish Consulting Group Osmontie 34, PL 950, 00601 Helsinki Puh. 0104090, www.fcg.fi	Suunn. KNi	Pvm 06.06.2011	Keskus	Ryhmä	
	Hyv. HNI	Pvm 06.06.2011	Lehti 1	Lehdistö 1	
	Piir.nro SKT-P13828-722			Muutos	

Immulan kaava-alue

Immulantien valaistuslaskelma

Projektinnumero: P13828

Päivämäärä: 06.06.2010
Tekijä: Niko Kivioja

Tekijä Niko Kivioja
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite niko.kivioja@fcg.fi

Sisällysluettelo

Immulan kaava-alue	
Projektin etusivu	1
Sisällysluettelo	2
SITECO 5NA588E1NT0F SC 100	
Valaisintietoarkki	3
Immulantie	
Suunnittelutiedot	4
Valaistustekniset tulokset	5
Kolmiulotteinen kuvanmuodostus	7
Vääräväri-kuvanmuodostus	8
Arviointikentät	
Arviointikenttä Ajourata 1	
Tuloksien yleisnäkyvä	9
Katsoja	
Katsoja 1	
Isolux-käyrät (L)	10
Katsoja 2	
Isolux-käyrät (L)	11

Tekijä Niko Kivioja
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite niko.kivioja@fcg.fi

SITECO 5NA588E1NT0F SC 100 / Valaisintietoarkki



Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektronikkakomponenttien valovirtakoodi: 40 79
99 100 73

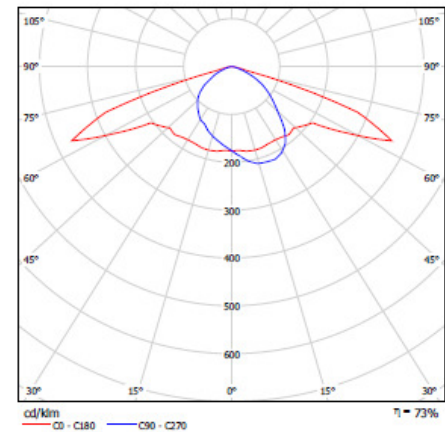
5NA588E1NT0F

SC 100, Mastleuchte, primäre Lichtlenkung mit Radial-Facettenoptik, aus Aluminium, facettiert, primäre lichttechn. Abdeckung: Abdeckscheibe, aus Einschleiben-Sicherheitsglas, klar, Lichtaustritt: direkt strahlend, Montageart: Aufsatz, Aufsatz, für 1 x HST 100W, Überlagerungs-Zündgerät mit Abschaltautomatik, Vorschaltgerät: VVG mit Thermoschutzschalter, parallel kompensiert, mit Klemme 3polig, max. 2,5 mm², Netzanschluss: 230 V, AC, 50 Hz, Leuchtgehäuse-Oberteil, aus Aluminium, Druckguss, lackiert, grau-aluminium (RAL 9007), Länge: 735 mm, Breite: 353 mm, Höhe: 190 mm, Zopfmaß: 60/76 mm (Aufsatz) und 42/60 mm (Ansatz), Leuchtgehäuse-Unterteil, aus Aluminium, Druckguss, lackiert, grau-aluminium (RAL 9007), Schutzart (gesamt): IP66, Schutzklasse (gesamt): SK 1 (Schutzerdung), Prüfzeichen: CE, ENEC 10, VDE, Norm: EN 50419, Verpackungseinheit: 1 Stück,

indiv. Einstellung: LPV=3, RP=2

Prüfbefund: 37964

Valaistu alue 1:



Puuttuvien symmetriaominaisuuksien takia ei tälle valaisimelle voida näyttää UGR-taulukkoa.

Tekijä Niko Kivioja
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite niko.kivioja@fcg.fi

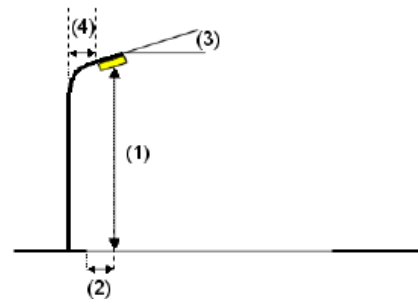
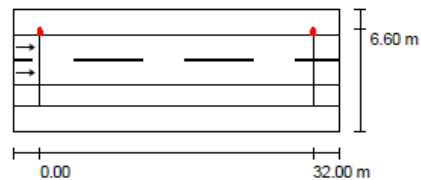
Immulantie / Suunnittelutiedot

Tien profilli

Vierkaista 1	(Leveys: 3.000 m)
Ajorata 1	(Leveys: 6.000 m, Ajokaistojen lukumäärä: 2, Päällyste: R2, q0: 0.070)
Jalkakäytävä 1	(Leveys: 2.500 m)
Vierkaista 2	(Leveys: 3.000 m)

Huoltokerroin: 0.80

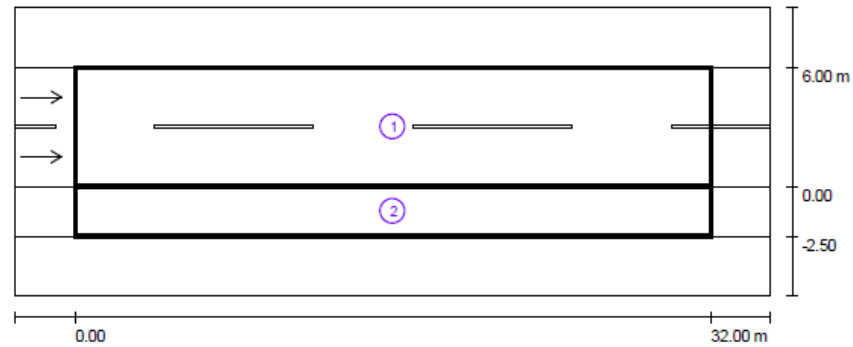
Valaisinjärjestykset



Valaisin:	SITECO 5NA588E1NT0F SC 100	Valovoiman enimmäisarvot
Valaisimien valovirta:	10500 lm	tapauksessa 424
Valaisimien teho:	118.0 W	70°: cd/klm
Järjestely:	yksipuolisesti yläpuolella	tapauksessa 21
Katuvalojen väli:	32.000 m	80°: cd/klm
Asennuskorkeus (1):	8.000 m	tapauksessa 1.04
Valopisteen korkeus:	8.034 m	90°: cd/klm
Etäisyys tien reunaan (2):	-0.214 m	Kaikkiin niihin suuntiin, jotka muodostavat ilmoitetun kulman alemman pystysuoran kanssa, kun valaisin on asennettu käyttökuntoon.
Poikkivarren kallistuma (3):	5.0 °	Valovoiman arvot eivät ylitä arvoa 90°.
Poikkivarren pituus (4):	1.000 m	Sijoittelu täyttää valovoimaluokan vaatimukset G4.
		Sijoittelu täyttää häikäisyarvoluokan vaatimukset D.6.

Tekijä Niko Kivioja
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite niko.kivioja@fcg.fi

Immulantie / Valaistustekniset tulokset



Huoltokerroin: 0.80

Mittakaava 1:272

Arviointikenttien luettelo

1 Arviointikenttä Ajourata 1

Pituus: 32.000 m, Leveys: 6.000 m

Rasteri: 11 x 6 Pisteet

Sijoitetut tie-elementit: Ajourata 1.

Päällyste: R2, q0: 0.070, Päällyste (märkä): W3, q0 (märkä): 0.200

Valittu valaistusluokka: MEW4

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR	U0 (märkä)
Lasketut tosiarvot:	0.97	0.6	0.5	11	0.6	0.15
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 0.75	≥ 0.4	/	≤ 15	≥ 0.5	≥ 0.15
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tekijä Niko Kivioja
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite niko.kivioja@fcg.fi

Immulantie / Valaistustekniset tulokset

Arviointikenttien luettelo

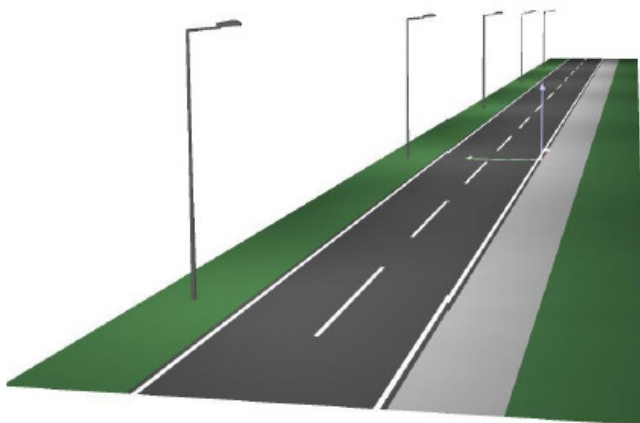
- 2 Arviointikenttä Jalkakäytävä 1
Pituus: 32.000 m, Leveys: 2.500 m
Rasteri: 11 x 3 Pisteet
Sijoitetut tie-elementit: Jalkakäytävä 1.
Valittu valaistusluokka: S4 (Kaikkia fotometrisiä vaatimuksia ei ole täytetty.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]
Lasketut tosiarvot:	8	5
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 5	≥ 1
Täytetty/ei täytetty:	✗ 1	✓

¹ Huomio: Jotta tietty tasaisuus voidaan varmistaa, keskimääräisen valaistusvoimakkuuden todellinen arvo ei saa olla yli 1,5-kertainen luokalle määritellyyn vähimmäisarvoon nähden.

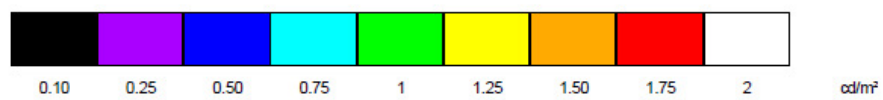
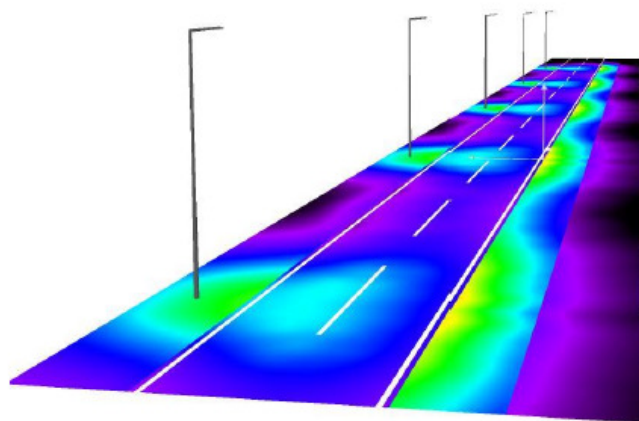
Tekijä Niko Kivioja
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite niko.kivioja@fcg.fi

Immulantie / Kolmiulotteinen kuvanmuodostus



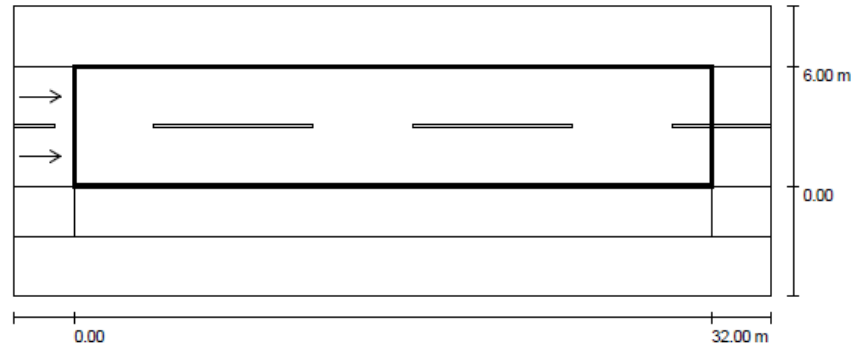
Tekijä Niko Kivioja
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite niko.kivioja@fcg.fi

Immulantie / Vääräväri-kuvanmuodostus



Tekijä Niko Kivioja
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite niko.kivioja@fcg.fi

Immulantie / Arviointikenttä Ajorata 1 / Tuloksien yleisnäkymä



Huoltokerroin: 0.80

Mittakaava 1:272

Rasteri: 11 x 6 Pisteet

Sijoitetut tie-elementit: Ajorata 1.

Päällyste: R2, q0: 0.070, Päällyste (märkä): W3, q0 (märkä): 0.200

Valittu valaistusluokka: MEW4

(Kaikki fotometriset vaatimukset on täytetty.)

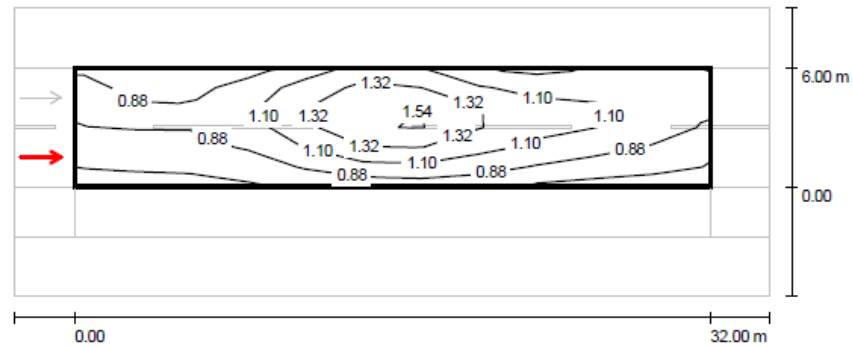
	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR	U0 (märkä)
Lasketut tosiarvot:	0.97	0.6	0.5	11	0.6	0.15
Ohjearvot luokan perusteella:	≥ 0.75	≥ 0.4	/	≤ 15	≥ 0.5	≥ 0.15
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Sijoitetut katsojat (2 Kappale):

Número	Katsoja	Sijainti [m]	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	U0 (märkä)
1	Katsoja 1	(-60.000, 1.500, 1.500)	1.01	0.6	0.6	8	0.15
2	Katsoja 2	(-60.000, 4.500, 1.500)	0.97	0.6	0.5	11	0.19

Tekijä Niko Kivioja
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite niko.kivioja@fcg.fi

Immulantie / Arviointikenttä Ajourata 1 / Katsoja 1 / Isolux-käyrät (L)



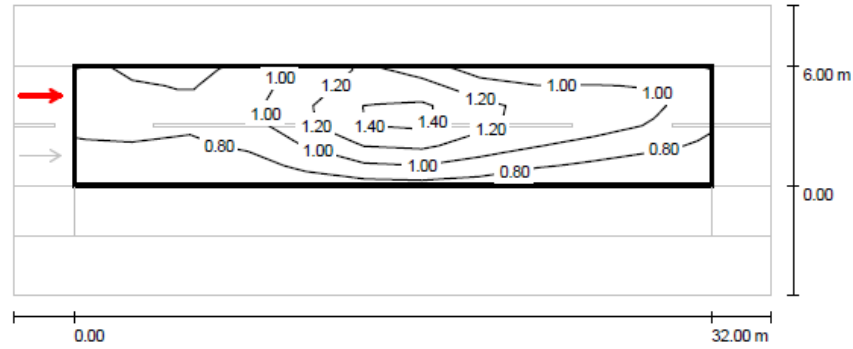
Arvot (yksikkö) Candela/m², Mittakaava 1 : 272

Rasteri: 11 x 6 Pisteet
Katsojan sijainti: (-60.000 m, 1.500 m, 1.500 m)
Päällyste: R2, q0: 0.070, Päällyste (märkä): W3, q0 (märkä): 0.200

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	U0 (märkä)
Lasketut tosiarvot:	1.01	0.6	0.6	8	0.15
Ohjearvot luokan perusteella MEW4:	≥ 0.75	≥ 0.4	/	≤ 15	≥ 0.15
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓	✓	✓	✓

Tekijä Niko Kivioja
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite niko.kivioja@fcg.fi

Immulantie / Arviointikenttä Ajourata 1 / Katsoja 2 / Isolux-käyrät (L)



Arvot (yksikkö) Candela/m², Mittakaava 1 : 272

Rasteri: 11 x 6 Pisteet
Katsojan sijainti: (-60.000 m, 4.500 m, 1.500 m)
Päällyste: R2, q0: 0.070, Päällyste (märkä): W3, q0 (märkä): 0.200

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	U0 (märkä)
Lasketut tosiarvot:	0.97	0.6	0.5	11	0.19
Ohjearvot luokan perusteella MEW4:	≥ 0.75	≥ 0.4	/	≤ 15	≥ 0.15
Täytetty/ei täytetty:	✓	✓	✓	✓	✓

Taulukko 11. Yleisten teiden valaistusluokat. /10/

Toiminnallinen luokka	Poikkileikkaus	Liikenne	Ajo-nopeus	Liittymät	Valaistusluokka	
					Valoisa	Pimeä ymp
Moottoriväylät	2x12,50/7,50+15,00 	M				
	2x12,50/7,50+4,50 	M	≥ 80	Eritaso	AL2	AL3
	12,50/7,50 	M				
Päätiet	2x9/7+4,50 	M+Pp+Jk	≥ 60	Taso Eritaso	AL1 AL2	AL2 AL3
		M+E(Pp+Jk)			AL2+K2	AL3+K4
	17,50/14,50 	M+Pp+Jk	≥ 60	Taso	AL1	AL2
		M+E(Pp+Jk)			AL2+K2	AL3+K4
	10,50/7,50 	M+Pp+Jk	≥ 60	Taso	AL4a	AL4a
	8/7 	M+E(Pp+Jk)			AL4a+K4	AL4b+K6
Muut tiet	8/7 	M+Pp+Jk	≤ 60	Taso	AL4a	AL4b
		M+E(Pp+Jk)			AL4b+K6	AL4b+K6
	7/6 	M+Pp+Jk	≤ 60	Taso	AL4b	AL4b
	4...6 	M+Pp+Jk	≤ 40		AL4b	AL4b
	Laiturit				AL1	AL2

M=moottoriajoneuvoliikenne

Jk=jalankululiikenne

Pp=polkupyöraliikenne

E=erillinen liikenne

Taulukko 12. Katujen valaistusluokat. /10/

Toiminnallinen luokka	Poikkileikkaus	Liikenne	Nopeus- rajoitus	Liittymät	Valaistus- luokka
Pääkadut					AL2+K2
Keskustassa		M+E(Pp+Jk)	50	Taso	AL2+K2
					AL1+K1
Muilla alueilla		M+E(Pp+Jk)	80 60	Eritaso Taso	AL2+K2 AL3+K4
		M+Pp+Ejk	50	Taso	AL4a+K4
Kokoojakadut		M+E(Pp+Jk)	50	Taso	AL3+K4
Keskustassa		M+Pp+Ejk			AL3+K4
	Muilla alueilla		M+E(Pp+Jk)	60	Taso
		M+Pp+Ejk	50		AL4b+K6
Tonttikadut		M+Pp+Ejk	50	Taso	AL4a+K4
Keskustassa					
	Muilla alueilla		M+Pp+Ejk	40	Taso
		M+Pp+Jk	30		AL5

M=mootoriajoneuvoliikenne

Jk=jalankulkuliikenne

Pp=polkupyöräliikenne

E=erillinen liikenne