

Olli Karhu

# Tehtaan valaistuksen uudistaminen

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Huhtikuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  4.4.2016
<b>Tekijä(t)</b> Olli Karhu	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> <b>Sähkötekniikan koulutusohjelma</b> Sähkötekniikka
<b>Nimeke</b>  Tehtaan valaistuksen uudistaminen	
<b>Tiivistelmä</b>  Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa Ensto Oy:n Mikkelin tehtaan uusi valaistus. Tehtaan nykyinen valaistus vaatii uudistamista. Nykyiseen valaistukseen kuluu turhaa energiaa, sillä valaisimet ovat jo vanhoja ja ovat elinkaarensa päässä, sekä niiden energiatehokkuus on heikko. Valaisimet vaativat myös vuosi vuodelta enemmän huoltamista, joka lisää valaistukseen liittyviä kustannuksia. Energiakustannuksia lisää myös se, kun valaistuksenohjausta ei ole hyödynnetty riittävästi. Valaistukseen käytetty kaapelointi vaatii myös täydellisen uudistamisen, koska siinä on esimerkiksi osittain käytössä vanha väristandardi, sekä kaapelit ovat myös elinkaarensa loppupäässä.  Työssä verrattiin loisteputkivalaistusta LED-valaisimilla toteutettavaan valaistukseen. Vertailuun käytettiin Dialux-valaistuslaskentaohjelmalla saatuja tuloksia, sekä Ruotsin energiaviranomaisten laskentamalliin perustuvaa elinkaarilaskuria. Vertailujen pohjalta voidaan todeta, että LED-valaisimilla toteutettava valaistus yhdessä DALI-KNX-valaistusohjaustekniikan kanssa on huomattavasti taloudellisempi vaihtoehto, kuin loisteputkivalaisimilla toteutettava valaistus. LED-valaisimilla toteutettava valaistus pudottaa valaisinten kokonaismäärää 755:stä valaisimesta 469:ään valaisimeen. Kaapeloinnit valaistukselle uudistetaan samalla.  Työssä päästiin toteutusvaiheeseen asti. Muutostöistä aiheutuvien kustannusten selvittämiseksi pyydettiin urakkatarjoukset viideltä paikalliselta sähköurakointiliikkeeltä. Kokonaiskustannukset nousivat kuitenkin odotettua korkeammiksi ja sen vuoksi työn aloitusajankohtaa siirretään myöhempään ajankohtaan.  Muutostyöt on tarpeellista toteuttaa, jotta tehtaan toiminta tehostuu ja käyttökustannukset alenevat. Muutoksella saadaan aikaan huomattavia säästöjä tehtaan energiankulutukseen, sekä valaistuksen huoltokustannuksiin.	
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Valaistus, Valaistussuunnittelu, LEDIT	
<b>Sivumäärä</b>  35+19	<b>Kieli</b>  Suomi
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>	
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Hannu Honkanen	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Ensto Oy

## DESCRIPTION

	<b>Date of the bachelor's thesis</b> 4.4.2016
<b>Author(s)</b> Olli Karhu	<b>Degree programme and option</b> Electrical engineering
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Reform of factory lighting	
<b>Abstract</b>  <p>The objective of the thesis was to design and implement new lightning to the factory of Ensto Mikkeli. The factory requires a reform of the current lighting. The current lighting consumes unnecessary energy, because the lamps are old and they are at the end of their life cycle. Furthermore, their energy efficiency is weak. Lamps also require more maintenance from year to year, which increases the cost of lighting. Energy costs are increased by the fact that the lighting control has not been sufficiently exploited. Cabling which has been used for lighting also requires a complete reform because it uses, for example, partly the old standard colour and they are at the end of their life cycle.</p> <p>Fluorescent lighting was compared to the LED luminaire lighting in this thesis. The calculation results of Dialux lighting program were used in the comparison, as well as life cycle calculator which is based on the calculation model of the Swedish energy authorities. On the basis of comparisons can be stated that LED luminaire lighting with DALI-KNX lighting control technology is much more economical option than lighting which uses fluorescent lamps. Lighting with LED luminaires drops a total amount of luminaire from 755 to 469 luminaire. Wiring for lighting will be reformed at the same time.</p> <p>To determine the cost of modifications offers were asked from five local electrical contractor dealer. The total cost rose higher than expected and therefore the date when work should be started had to be postponed.</p> <p>The modification is necessary to implement in order to improve the operation of the plant and operating costs are reduced. The amendment provides considerable savings in energy consumption of the factory and in the lighting maintenance costs.</p>	
<b>Subject headings, (keywords)</b>  Lighting, Lighting Design, LED	
<b>Pages</b>  35+19	<b>Language</b>  Finnish
<b>Remarks, notes on appendices</b>  	
<b>Tutor</b>  Hannu Honkanen	<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Ensto Oy

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	VALAISTUKSEN SUUNNITTELU.....	1
2.1	Dialux .....	2
2.2	Tilan määrittäminen.....	2
2.3	Epäsuora valaistus .....	2
2.4	Valaistuksen laatu eritilanteissa.....	3
3	VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS .....	4
3.1	Energiatehokkuuden standardeja.....	4
3.2	Energiatehokkuuden vertailu .....	5
3.2.1	Energiatehokkuuden mittarit.....	5
4	OHJELMOITAVAT VALAISTUSOHJAUSJÄRJESTELMÄT .....	7
4.1	DALI.....	8
4.1.1	Dali-järjestelmän rakenne .....	8
4.1.2	Kaapelointi.....	9
4.1.3	EnstoNet.....	10
4.1.4	Dali-väylien yhdistäminen .....	11
4.1.5	Dali-järjestelmän fyysinen asennus .....	11
4.2	KNX.....	11
4.2.1	KNX-järjestelmä .....	12
4.2.2	ETS4/5 Ohjelmointi .....	12
4.2.3	KNX- järjestelmän säätö.....	13
4.2.4	Hyödyt.....	14
4.3	Loisteputkivalaisin.....	14
4.3.1	Loisteputkentoiminta .....	14
4.4	LED-valaisin.....	15
4.4.1	LED-valaisimen kehityssennuste .....	16
4.4.2	LED-toiminta .....	17
4.4.3	LED-ominaisuudet .....	18
4.4.4	LEDien valotehokkuuden kehityssennuste.....	19
5	ENSTO MIKKELIN TEHDAS .....	20
5.1	Valaistuksen nykytilanne.....	20
5.2	Nykyinen valaistuksenohjaus .....	21

5.3	Nykyiset johdotukset ja johtoreitit.....	22
6	UUDEN VALAISTUKSEN TOTEUTTAMINEN .....	22
6.1	Käytettävä valaisin.....	23
6.2	Uusi valaistuksenohjaus.....	23
6.3	Johdotuksien uusiminen.....	24
6.4	Muutostyöt.....	24
7	MUUTOSTÖIDEN KANNATTAVUUS .....	25
7.1	Elinkaarilaskuri.....	25
8	TARJOUSPYYNNÖT .....	26
9	TYÖN TOTEUTUMINEN .....	26
10	POHDINTA .....	27
	LÄHTEET .....	28

#### LIITTEET

- 1 TN2254WBCED
- 2 IG20249A
- 3 Tehtaan pohjakuvat
- 4 Dialuxlaskelma
- 5 Tarjouspyyntö
- 6 Lohkojako
- 7 Elinkaarilaskuri

## Käsitteet ja lyhenteet

Suure/Käsite	Symboli	Yksikkö	Kaava	Selitys
Valovoima	I	Kandela (cd)	$I = \Phi / \omega$	Kuvaa valonlähteestä tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimakkuutta.
Valaistus-voimakkuus	E	Luksi (lx)		Ilmoittaa tietylle pinnalle osuvan valovirran määrän.
Luminanssi	L	cd/m <sup>2</sup>	$L = I / A$	Kutsutaan myös valotiheydeksi. Mitä suurempi pinnan luminanssi on, sitä kirkkaammalta pinta näyttää.
Valovirta	$\Phi$	Luumen (lm)	$\Phi = I \cdot \omega$	Ilmoittaa valonlähteen tuottaman kokonaisvalomäärän ja sitä osaa valovirrasta, jolla on kyky tuottaa silmässä valoistimus.
Valaistus-hyötysuhde	$\eta_a$			Kertoo kuinka suuri osa valaisimen valonlähteiden tuottamasta valovirrasta päätyy suoraan tai heijastusten kautta työtasolle.
Väriämpötila		Kelvin (K)		Kuvaa valonlähteen värivaikutelmaa. Lämpimäksi sävyksi koetaan alle 4000 K ja kylmäksi yli 4000 K.
Värintoistoindeksi	R <sub>a</sub>			Mittaa valonlähteen kykyä toistaa tiettyjä testivärejä suhteessa annettuun vertailuvalonlähteeseen määrätyssä väriämpötilassa.
Valotehokkuus	-	lm/W		Kuvaa valonlähteen säteilemän valovirran suhdetta valonlähteen kuluttamaan sähkötehoon liitännälaite mukaan luettuna.
Häikäisy	-			Näkemistä heikentävä olosuhde, joka johtuu luminanssijakauman tai -tason sopimattomuudesta tai voimakkaista kontrasteista.
Tasaisuus	-			Määrätyltä pinnalta laskettu valaistusvoimakkuuden minimiarvon suhde keskiarvoon.
Hyötypolttoikä	-	tuntia (h)		Ilmoittaa polttotuntimäärän, jolloin valaistusasennuksen kokonaisvalovirrasta on jäljellä enää 70 % johtuen lamppujen loppuun palamisesta ja valovirran alenemasta.

URG- indeksi:

Kiusahäikäisyä kuvataan standardissa UGR-luvulla, joka voi käytännössä vaihdella välillä 10 – 28. UGR-luku määritellään nykyisin valaistuslaskentaohjelmilla, jotka laskevat valaisinvalmistajien antamien tietojen mukaan UGR-indeksiä /18/.

Tasaisuus  $U_0$  ( $E_{min}/E_m$ ):

Kuvaa määritetyn pinnan valaistusvoimakkuuden minimiarvon suhdetta keskiarvoon.

Ra-indeksi:

Valonlähteiden värintoistokyky määritellään Ra-indeksillä. Indeksillä on prosentuaalinen suure (0 – 100 %), joka kertoo kuinka kaukana tarkasteltavan valonlähteen lähettämän säteilyn spektrin koostumus on lähinnä luonnolliseksi havaitun valonlähteen spektrin koostumuksesta /18/.

LENI-luku:

LENI-luku (Lightning Energy Numeric Indicator) kuvaa rakennuksen vuotuista valaistusenergiaa, joka ilmoitetaan muodossa kilowattituntia neliometriä kohden vuodessa ( $kWh/m^2/vuosi$ ).  $W_{KOK}$  on valaistukseen käytetty vuotuinen kokonaisenergia ( $kWh/vuosi$ )  
 $A$  on valaistettu huoneistoala ( $m^2$ )

$$LENI = \frac{W_{KOK}}{A}$$

Kaava ottaa huomioon kokonaistehon lisäksi myös todellisen käyttöajan. LENI-indeksiä voidaan käyttää valaistusenergian kulutuksen vertailuun, jos verrattavien rakennusten käyttötarkoitus on sama, mutta ne ovat eri-kokoisia. Ohjattavuutta tarkasteltaessa laskennallisesti on kuitenkin huomioitava, että valaistuksen ohjaus ei ole kannattavaa kaikissa tiloissa, joten niissä tiloissa LENI-mittari on jätettävä pois tai siitä ei saa rangaista. /19./

LENI-lukua käytetään eri valaistusvaihtoehtojen vertailuissa. LENI-luvulla nähdään esimerkiksi, miten valaistuksen ohjaus vaikuttaa rakennuksen vuosittaiseen valaistusenergiaan. Lukuun vaikuttaa lisäksi se, millaista valaistusta kohteeseen halutaan.

Dialux:

Dialux on saksalaisen DIAL GmbH:n kehittämä avoin valaistuslaskenta-ohjelma.

## **1 JOHDANTO**

Nykyisin kiinnitetään entistä enemmän huomiota energiatehokkuuteen sekä energiansäästö mahdollisuuksiin. Valaistuksella on merkittävä osuus rakennusten sähkönkulutuksessa. Oikeanlaisella valaistuksella ja ohjaustavalla säästetään merkittävästi valaistuksen energia- ja huoltokustannuksissa. Valaistuksessa mm. huomioidaan valaisinten käyttö ja valaisinten tekniset vaatimukset käyttökohteen mukaan. Vanhemmissa valaistusratkaisuissa on käytetty harvoin valaistuksen ohjaustekniikkaa. Valaistuksen ohjauksella saadaan aikaan huomattavia säästöjä. Energiakustannusten näkökulmasta DALI-väylän ja KNX:n yhdistäminen on energiatehokas ja joustava ratkaisu isompien ja pienempien valaistuskohdeiden toteutukseen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella Ensto Oy:n Mikkelin tuotantolaitoksen uusi valaistus vertailemalla erilaisten valaistusratkaisujen käyttö- ja huoltokustannuksia. Suunnitelman pohjalta voidaan toteuttaa tuotantolaitoksen valaistuksen uudistaminen.

Työ koostuu valaistuksen ja sen ohjauksen kokonaisvaltaisesta suunnittelusta ja laskennasta. Työssä verrataan kahta erilaista valaistusratkaisua nykyisen valaistuksen vaihtoehdoksi. Työssä verrataan keskenään LED-valaistusta ja T5-loistelamppuvalaistusta. Valaistuksen suunnittelussa hyödynnetään Dialux-valaistuksen suunnitteluohjelmaa. Tuotantolaitokseen suunnitellaan samalla uusi valaistuksen ohjaus. Valaistuksen ohjaukseksi suunnitellaan KNX-tekniikalla yhdistettynä DALI-väylätekniikkaan. Suunnittelulla osoitetaan investoinnin kannattavuus.

## **2 VALAISTUKSEN SUUNNITTELU**

Valaistussuunnittelussa huomioidaan, millaisia ominaisuuksia valaistukselta, valaisimilta ja mahdollisilta ohjausjärjestelmiltä vaaditaan suunniteltavassa kohteessa. ”Oikeanlainen valaistus auttaa toimimaan niin julkisissa kuin yksityissäkin tiloissa. Hyvän valaistuksen perusvaatimuksia ovat riittävä valaistusvoimakkuus, tehokas häikäisy-suojaus, oikeat pintakirkkaus- eli luminanssisuhteet, valon oikea suuntaus ja sopivat valon



väriominaisuudet”/13/. Valaistuksen suunnitteluun on kehitetty valaistuksensuunnitteluohjelma Dialux, jolla erilaisia valaistustilanteita on helppo suunnitella ja muunnella.

## **2.1 Dialux**

Dialux on saksalaisen DIAL GmbH:n kehittämä avoin valaistuskalkulaattori, jonka ominaisuudet riittävät monipuoliseen valaistussuunnitteluun. Dialux-ohjelma tarjoaa suunnittelijalle hyvät työkalut sisä-, tie- ja aluevalaistussuunnitteluun. Ohjelmaan voidaan tuoda CADilla tehtyjä sähköisiä pohjakuvia dwg-muodossa ja tehdä laskettava tila kuvan päälle. Tilan voi sijoittaa kalusteita ja pintojen materiaaleja voidaan vaihtaa. Suunnittelussa tarvittavat valaisimet voidaan hakea eri valmistajien valaisintietokannoista./15./

## **2.2 Tilan määrittäminen**

Valaistussuunnittelua aloitettaessa on ensin selvitettävä, millaiseen tilaan suunnitelmaa ollaan tekemässä. Valaistussuunnitelmassa on huomioitava erilaisten tilojen valaistukselle asetetut vaatimukset ja erityispiirteet. Yleensä tilaan halutaan tasainen valojakautuma tilan joka kohtaan. On myös tiloja, joissa halutaan valaistuksella korostaa tilan muotoa tai objektia. Ennen suunnittelun aloittamista on selvitettävä tilan perustiedot, kuten tilan mitat, materiaalit ja heijastuspinnat. Valon heijastumiseen vaikuttavat pintojen värit; vaaleat pinnat heijastavat valoa paremmin kuin tummat pinnat. Toisaalta pintojen värit vaikuttavat myös kiusahäikäisyyteen (UGR-arvo). Erilaiset tasot ja kiinteät objektit aiheuttavat varjostuksia, jolloin valaisinten sijoitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta tilaan saadaan tasainen valaistus.

## **2.3 Epäsuora valaistus**

Epäsuoralla valaistuksella tarkoitetaan valaistusta, jossa varsinainen valolähde ei näy ja valo ei tule tilaan suoraan, vaan se heijastetaan jonkin pinnan kautta tilaan. Näitä pintoja ovat esimerkiksi seinät ja katto. Epäsuoralla valaistuksella on etuja verrattuna suoraan valaistukseen, etuina ovat valaistuksen tasaisuus ja miellyttävyys. Perinteisesti epäsuoranvalaistukseen on käytetty loiste- ja monimetallilamppuja /16/.

Epäsuoravalaistus vaatii usein noin kaksinkertaisen tehon suoralla valaistustavalla toteutettuun valaistukseen verrattuna. Tämän vuoksi epäsuoraa valaistusta käytetään usein vain erityisissä kohteissa. Epäsuoraa valaistusta voidaan käyttää esimerkiksi heikonäköisten elinympäristössä, sillä silloin välttyään valon heijastumiselta silmiin, jolloin tilassa on helpompi liikkua eikä tilaan muodostu kirkkaasti heijastuvia pintoja.

## 2.4 Valaistuksen laatu eritilanteissa

Valaistuksella on erilaisia laatuvaatimuksia tilakohtaisesti (taulukko 1).

**TAULUKKO 1. Esimerkkejä tilojen, alueiden, tehtävien ja toimintojen valaistusvaatimuksista /17/**

Tila	Valaistusvoimakkuus (lx)	UGR-indeksi	Tasaisuus $U_0(E_{min}/E_m)$	R <sub>a</sub> -indeksi	Huom!
Liikennealueet ja käytävät	100	28	0,4	40	Lattiatasolta 150 lx, mikäli reitillä on ajoneuvoja
Portaikot, liukuportaat, liukukäytävät	100	25	0,4	40	
Hissit	100	25	0,4	40	Hissin edessä vähintään 200 lx
Lastausalueet	150	25	0,4	40	
Kahvihuoneet	200	22	0,4	80	
Talotekniset tilat	200	25	0,4	60	
Varastotilat	100	25	0,4	60	200 lx, jos työskentely on jatkuvaa
Elektroniikkapajat, testaus, säätö	1500	16	0,7	80	
Kuulamylyt ja sellutehtaat	200	25	0,4	80	
Toimisto, kirjoittaminen	500	19	0,6	80	
Kassa-alue	500	19	0,6	80	
Odotusaulat	200	22	0,4	80	
Keittiö	500	22	0,6	80	Keittiön ja ravintolan välillä tulisi olla sopeutumisyöhyke.
Pysäköintialueet	75	-	0,4	40	Valaistusvoimakkuus lattiatasolta
Luokkahuoneet	300/500	19	0,6	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä. Jos tilassa pidetään iltaopetusta vaaditaan 500lx
Auditorio	500	19	0,6	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä eri A/V-tilanteisiin

Taulukosta 1 näkee selkeästi eritilojen valaistuksen laadulliset vaatimukset. Joissain tiloissa on myös erityisvaatimuksia valaistuksen suhteen. Yhtenä esimerkkinä ovat varastotilat. Varastotila, jossa ei työskennellä jatkuvasti, on valaistuksen valaistusvoimakkuuden vaatimuksena 100 lx, kun varastossa työskennellään jatkuvasti, vaaditaan valaistukselta valaistusvoimakkuudeksi 200 lx. /17./

### **3 VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS**

”Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat itse valaistusratkaisu – valonlähteet, valaisimet, ja valaistuksen toteutustapa – sekä valaistuksen käyttö. Valaisimen energiatehokkuuteen vaikuttavat lamppu, liitäntälaitte ja optiikka”/19./

Ympäristöllä on suuri vaikutus energiatehokkaaseen valaistukseen. Tilan muodot, pinnat ja kalustus vaikuttavat valaistuksen energiatehokkuuteen. Huomattavasti suurin vaikutus energiatehokkuuteen on kuitenkin valaistuksen ohjauksella. Huomioitavaa on päivänvalon vaikutus tilaan sekä läsnäolon havaitseminen. Valaistuksen ohjauksella saavutetaan huomattavia säästöjä. /19./

#### **3.1 Energiatehokkuuden standardeja**

Valaistuksen energiatehokkuuteen sisältyy standardeja.

Standardi SFS-EN 12464-1 antaa vähimmäisvaatimukset työalueelle, välittömälle lähiympäristölle, tausta-alueelle sekä huoneen seinille ja katolle. Haasteellisinta suunnittelijalle on työalueen koon ja paikan määrittäminen. Energiatehokkain ratkaisu on suunnitella valaistus muunneltavaksi, jos työalueen koko ja sijainti eivät ole tiedossa. Valaisemalla haluttua aluetta haluttuun aikaan, saadaan energiakulutusta pienennettyä. Jos haluttua aluetta ei tiedetä, valaistus on toteutettava koko tilaan, mikä lisää energiankulutusta. Jokainen suunnitelma on yksilöllinen ja vaikka valaistuksellisesti ratkaisut olisivat toimivia, energiankulutukseltaan ne voi olla hyvinkin erilaisia. Tärkeää on muistaa valaistusta suunniteltaessa, että valaistuksen laadusta ei saa tinkiä energiankulutuksen alentamiseksi./19./

”SFS-EN 15193–2007 Rakennuksen energiatehokkuus, valaistuksen energiatehokkuus” -standardin tarkoituksena on saada aikaan yhtäläiset edellytykset ja menettelyt julkisten rakennusten valaistuksen energiatarpeen määrittämiseksi. Lisäksi tarkoituksena on määrittellä laskentamenetelmä rakennuksen sisävalaistuksen energiankulutuksen laskemiseksi numeerisella valaistuksen energiatehokkuusindikaattorilla (LENI-luku). LENI-luku voidaan määrittellä kahdella eri tavalla: mittaamalla tai laskemalla. ”Laskentamenetelmänä voidaan käyttää joko pika- tai tarkempaa menetelmää. Standardi antaa myös ohjeita valaistusryhmien energian erillismittauksista, joilla saadaan aikaan tietoa valaistuksenohjausjärjestelmän tehokkuudesta” /19./

### **3.2 Energiatehokkuuden vertailu**

Valaistuksen energiatehokkuutta voidaan mitata erilaisilla mittareilla. ”Tarkoituksena on saada jokaisesta mittarista ulos indeksiarvo, ja tämän jälkeen jokaisen mittarin indeksiarvot lasketaan yhteen ja siitä lasketaan keskiarvo. Tästä saadaan koko valaistusratkaisulle indeksiarvo, joka kuvaa koko valaistusratkaisun energiatehokkuutta. Mittareiden indeksiarvon asteikko on 1-5. Mittaristoille saadaan tiedot valaistuslaskentaohjelman antamista tuloksista valaistussuunnitelmalle, joten kaiken perustana mittaristolle on se, että arvioitavasta kohteesta on saatavilla luotettavat tiedot valaisimista, tilan pinnoista ja valaisinsijoittelusta” /19./

Valaistusratkaisun arvioinnissa on tärkeää kokonaisuus, jossa on huomioitava mittareiden lisäksi mm. värintoisto ja värilämpötila. /30./

Kohteesta riippuen kaikki mittarit eivät saa parhaita arvojaan, sillä joissain kohteissa jokin yksittäinen mittari voi olla tärkeämpi kuin muut.

#### **3.2.1 Energiatehokkuuden mittarit**

Energiatehokkuudessa selvitettäviä mittareita on viisi kappaletta. Mittareita ovat valaistusvoimakkuus, tasaisuus,  $W/m^2/100lx$ , LENI-indeksi ja UGR-indeksi.

### **Valaistusvoimakkuus (lx)**

Standardin SFS-EN 12464-1 antamiin vähimmäisvaatimuksiin pääseminen on tärkeää, koska se vaikuttaa positiivisesti näkömukavuuteen ja työskentelyyn. Valaistusvoimakkuusarvojen liiallinen ylitys ei ole myöskään kannattavaa, koska se vaikuttaa suoraan valaistuksen energiankulutukseen ja häikäisyyn /19./

### **Tasaisuus ( $E_{min}/E_m$ )**

Kun valaistusratkaisu on toteutettu valaisimilla, joissa on pistemäisempi valonjakokäyrä, se yleensä tarkoittaa sitä, että valaisimia joudutaan asentamaan enemmän, jotta tilaan saadaan vaadittu tasaisuus. Tämä kasvattaa valaistusratkaisun investointi- sekä käyttökustannuksia. Riittävä tasaisuus saavutetaan helpommin valaisimilla, joissa valonjakokäyrä on paljon laajempi ja valaisimet tuottavat myös osin epäsuoraa valoa /19./

### **$W/m^2/100lx$**

$W/m^2/100lx$  on tilan valaistusratkaisun mittari energiatehokkuuteen. Mittari kuvaa sitä, kuinka paljon sähkötehoa tarvitaan yhden neliömetrin valaisuun sataa luksia kohden. Tämän avulla voidaan verrata valaistusratkaisujen paremmuutta/19./

### **LENI-indeksi**

LENI-indeksi ottaa huomioon tilaan tulevan päivänvalon vaikutuksen tilan valaistukseen, valaistuksen ohjauksen sekä tilan käyttöajan. Indeksien laskemiseen tarvitaan tilan käyttöaste, ohjaukskerroin ja  $W/m^2$ . Mitä pienempi LENI-luku on, sitä paremman arvon mittari saa. Vertailtaessa eri rakennusten energiatehokkuuksia valaistuksen osalta, on vuotuista valaistuksen energiakulutusta tarkasteltava valaistavaa pinta-alaa kohden.

Ohjeellisia LENI- arvoja eri tiloille [kWh/(m <sup>2</sup> x vuosi)]						
Tila	Käyttöaika	Tavoiteltava valaistusvoimakkuus (lx)				
		200	300	500	750	1000
Koulu	Käsiohjaus	14,9	19,9	29,9	42,4	54,9
	Automaattinen ohj.	11,5	14,8	21,5	29,8	38,1
Sairaala	Käsiohjaus	25,6	36,9	59,4	87,5	115,6
	Automaattinen ohj.	19,0	26,9	42,7	62,5	82,3
Hotelli	Käsiohjaus	20,6	29,4	46,9	68,8	90,6
	Automaattinen ohj.	18,9	26,8	42,5	62,2	81,9
Ravintola	Käsiohjaus	17,1	23,3	35,8	51,4	67,1
	Automaattinen ohj.	-	-	-	-	-
Urheilu	Käsiohjaus	23,7	33,7	53,7	78,7	103,7
	Automaattinen ohj.	20,8	29,4	46,5	67,8	89,2
Myymälä	Käsiohjaus	28,1	40,6	65,6	96,9	128,1
	Automaattinen ohj.	-	-	-	-	-
Teollisuus	Käsiohjaus	23,7	33,7	53,7	78,7	103,7
	Automaattinen ohj.	20,8	29,4	46,5	67,8	89,2

**TAULUKKO 1. Ohjeellisia LENI-arvoja eri tiloille /31/**

Taulukosta 1 näkee ohjeelliset LENI-arvot eri kohteille ja erilaisille keskimääräisille valaistusvoimakkuuksille. LENI- arvoon vaikuttaa selkeästi se, onko valaistuksen ohjaus toteutettu käsi- vai automaatti ohjauksella.

### **UGR-indeksi**

Energiatehokkuudenmittari saa parhaan arvon, kun UGR-arvo on standardin vaatima enimmäisarvo tai sen alle.

## **4 OHJELMOITAVAT VALAISTUSOHJAUSJÄRJESTELMÄT**

Ohjelmoitavaan valaistusjärjestelmään kuuluu erilaisia keskuslaitteita, käyttöliittymiä ja liiketunnistimia. Järjestelmän ohjelmointi suoritetaan yleensä järjestelmään liitettävällä PC-pohjaisella tietokoneohjelmalla. Järjestelmän etuina ovat helppo muunneltavuus ja hyvä ohjattavuus. Tämä mahdollistaa valaistuksen energiatehokkaan käytön.

/23./

## 4.1 DALI

DALI (Digital Addressable Light Interface) on valaistuksen ohjaukseen tarkoitettu valaistuksenohjausjärjestelmä. Dali on digitaaliseen väyläteknikkaan perustuva osoitteellinen ja kaksisuuntainen valaistuksenohjausjärjestelmä. Dali soveltuu erilaisiin valaistuksenohjaustilanteisiin. Järjestelmät voivat olla hyvinkin suuria tai pieniä ja kevyitä. Dali voidaan myös liittää esimerkiksi KNX-järjestelmään. Dalilla saadaan aikaan helposti muunneltavia ja säädettäviä valaistusratkaisuja. Kaksisuuntaisen toiminnan avulla voidaan helposti seurata järjestelmän vikatietoja sekä kulutusta /4./

### 4.1.1 Dali-järjestelmän rakenne

Dali-järjestelmä koostuu erilaisista komponenteista /5./

#### **Valaisinkomponenteista**

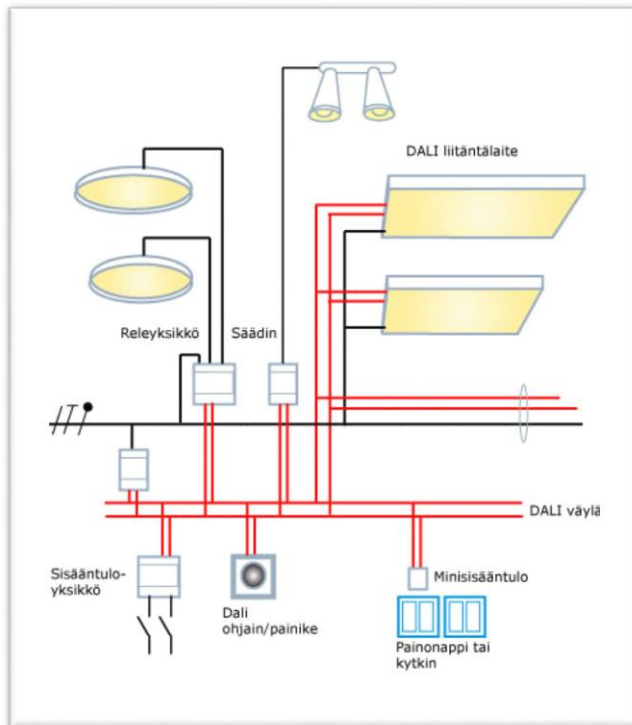
- Loistelamppujen elektroniset liitäntälaitteet
- Pienjännitehalogeenilamppujen muuntajat
- LED-valaisinten driverit

#### **Keskuskomponenteista**

- Teholähteet
- Säätimet
- Releet
- Sisäänmenoyksiköt

#### **Kenttälaitteista**

- Painikkeet
- Kosketusnäytöt
- Läsäolo- ja vakiovaloanturit
- AV-liitynnät.



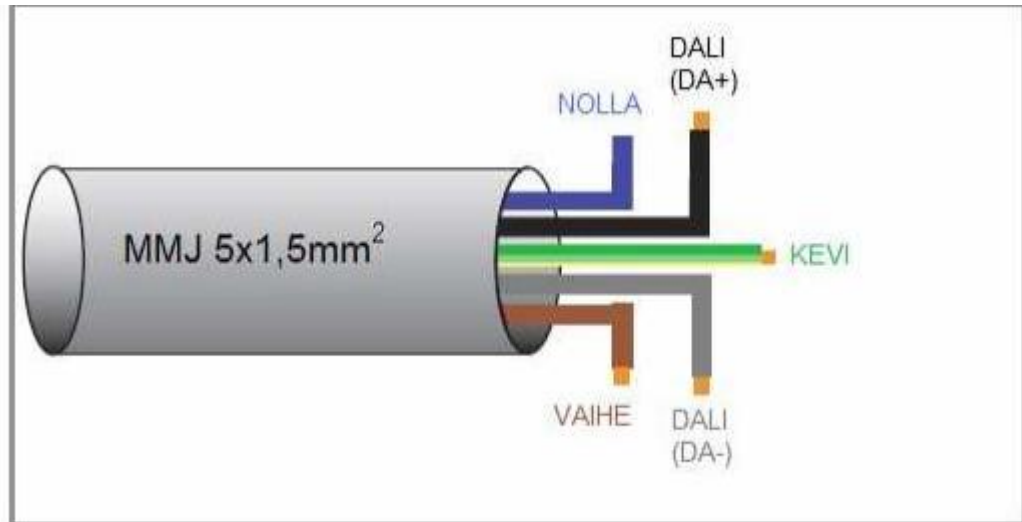
**KUVA 1. Dali-järjestelmä /7/**

Dali-järjestelmää syötetään omalla virtalähteellä, jonka maksimivirta on 250mA. Virtalähteitä on saatava mm. Din-kisko-, uppo- ja pinta-asennuksiin soveltuvina. Dali-väylässä olevat komponentit tarvitsevat 2-40 mA:n virran laitteesta riippuen. Väylässä ei saa olla kahta virtalähdettä syöttämässä samaa väylää samaan aikaan.

#### 4.1.2 Kaapelointi

Dali-kaapeloinnin ei tarvitse olla parikierrettyä eikä suojattua kaapelia. Johtimien ja väylään kiinnitettyjen ohjainten tulee olla verkkojännitteen kestäviä, kuten MMJ tai ML. Kaapeloinnissa tarvitaan viisi johdinta; jokaisen valaisimen läpi viedään yhdellä johtimella jännitteensyöttö, toisella johtimella nolla ja kolmannella tuodaan valaisimille maa. Neljännellä ja viidennellä johtimella ohjataan valaisimen toimintaa Dali-väylän avulla /8/.





**KUVA 2. Esimerkki kaapeli Dali-kaapelointiin /28/**

### 4.1.3 EnstoNet

Asennustyön helpottamiseksi on kehitetty asennusjärjestelmä EnstoNet. EnstoNet-järjestelmä on teollisesti esivalmisteltu asennusjärjestelmä. Järjestelmässä käytetään pistoliittimiä, jotka nopeuttavat asennustyötä. EnstoNet-pistoliittimien käyttö helpottaa mm. valaistustilanteiden suunnittelua ja asentamista sekä muutosten teko järjestelmissä helpottuu. EnstoNet-järjestelmän hyödyntäminen tuo varsinkin asennusvaiheessa kustannussäästöjä, ja sen avulla asennustyö helpottuu ja nopeutuu.



**KUVA 3. EnstoNet-kaapeli /10/**

#### **4.1.4 Dali-väylien yhdistäminen**

Yhdessä Dali-väylässä voi olla korkeintaan 64 laitetta. Dali-väyliä voidaan kuitenkin yhdistää reitittimien avulla. Yhdellä reitittimellä voidaan ohjata kahta Dali-verkkoa eli 128 laitetta. Useamman reitittimen linkittäminen toisiinsa toteutetaan Ethernet-kaapeloinnilla, jolloin järjestelmää voidaan laajentaa kattamaan jopa 10 tuhansia laitteita /4/.

#### **4.1.5 Dali-järjestelmän fyysinen asennus**

Säätämiseen tarkoitettut rele- ja himmenninlähdet, virtalähteet sekä eri järjestelmien liitäntäyksiköt asennetaan kosketussuojattuun koteloon tai keskukseen. Kahden laitteen välinen etäisyys järjestelmässä on maksimissaan 300 metriä jännitteenaleneman takia, jolloin suuriin järjestelmiin saatetaan tarvita tila- tai kerroskohtaisia ohjauskoteloita.

Dali-laitteissa on esiasetellut tehdasetukset, joita voidaan helposti muokata valmistajien tarjoamilla ohjelmilla, kosketusnäytöillä ja kaukosäätimillä /4/. Dali-väylään pääsee helpoiten kiinni tietokoneella USB-portin avulla, joka voidaan asentaa esimerkiksi kytkimen viereen. Kun tietokone liitetään järjestelmään, lataa se senhetkisen Dali-väylän ohjelmoinnin väylänohjausohjelmaan (Digidim).

## **4.2 KNX**

KNX on kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi. KNX on energiatehokas, helposti muunneltava ja käyttäjäystävällinen ratkaisu asuin- ja liikekiinteistöjen taloautomaatiikka järjestelmäksi. Järjestelmään on helppo liittää muita järjestelmiä, kuten Dali-järjestelmä. ”KNX on ainoa järjestelmä, joka täyttää kotiautomaatiolle asetetut vaatimukset eurooppalaisen (EN50090) kansainvälisen (ISO/IEC 14543) standardin mukaisesti. Standardoinnilla varmistetaan, että KNX-tekniikan laatu ja arvo säilyvät.” /11./

### 4.2.1 KNX-järjestelmä

Väyläteknikassa laitteet kommunikoivat keskenään ilman keskitettyä tietokonetta. Anturit ja ilmaisimet, esimerkiksi liiketunnistimet, antavat komentoja ohjausväylän kautta toimilaitteille, kuten valonsäätimille /11./

Tiedonsiirto tapahtuu yksinkertaisella kierretyllä parikaapeliverkolla, valokaapelilla, langattomasti tai käyttämällä normaalia sähköverkon kaapelointia. KNX-järjestelmässä toimintoja ohjataan kytkimillä ja painikkeilla, ohjauspaneelilla tai kauko-ohjatusti esimerkiksi matkapuhelimen välityksellä /11./

Järjestelmän väyläkaapelin (2-johtiminen väylä) kautta lähetettävät ohjausviestit voidaan myös lähettää langattomasti, sähköverkon sekä tietoverkon yli. Langaton lähetys soveltuu parhaiten käytettäväksi remontoitaessa tai täydennettäessä jo olemassa olevan rakennuksen toimintoja /11./

### 4.2.2 ETS4/5 Ohjelmointi

KNX-standardi mahdollistaa eri valmistajien tuotteiden yhdistämisen ja ohjelmoimisen samalla ohjelmistolla. Ohjelmistotyökaluna on ETS (Engineering Tool Software), se on helppokäyttöinen, valmistajasta riippumaton suunnittelu- ja käyttöönotto työkalu. ETS:n avulla voidaan ohjelmoida, suunnitella sekä määrittää rakennusten älykkäitä ratkaisuja hyödyntäen KNX järjestelmä tuotteita /32./

”ETS5:n käyttökokemus on aikaisempiin versioihin verrattuna huomattavasti saumatompampi ja nopeampi lukuisien järjestelmäympäristön parannuksien vuoksi. Optimoinnin ansiosta muun muassa ohjelmakoko on saatu kutistettua ETS4:n 530 megatavusta vain 63 megatavuun.” /33./

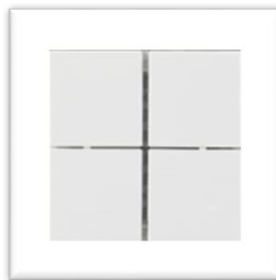
ETS5 ei käytä varsinaista tietokantaa, KNX-tuotteet, jotka on tuotu ohjelmistoon, tulevat automaattisesti käytettäväksi jokaiseen uuteen projektiin. Vanhoissa versioissa tarvittavat tuotteet pitää tuoda erikseen jokaiseen projektiin /33./

”KNX:ssä ei väyläohjelmointi ole oikeastaan ohjelmointia, vaan KNX-laitteissa olevien sulautettujen ohjelmien parametroida, jotta ne saadaan toimimaan yhdessä halutulla tavalla. Jokainen väylän yksittäinen laite saa oman fyysisen osoitteen, jonka avulla se tunnustetaan väylällä. Fyysisen osoitteen määrittäminen tapahtuu käyttöönottoaiheessa ETS-ohjelmalla. ETS pyytää tässä vaiheessa painamaan kyseisen laitteen ohjelmointipainiketta, minkä takia jokaisen laitteen luokse on päästävä käymään. Hankalaa paikkaan sijoitettujen laitteiden osoitteen määrittäminen voidaan tehdä myös ”työpöydällä”, jonka jälkeen ne voidaan asentaa lopulliseen sijoituspaikkaan” /34./

”Jokaiselle laitteelle ladataan valmistajan kotisivuilta laiteohjelma, jonka antamissa rajoissa laitteelle voidaan ottaa käyttöön toimintoja ja asetella niiden toiminta-arvoja. Laiteohjelma ladataan ETS-ohjelmalla fyysisen osoitteen saaneeseen laitteeseen”/34./

#### 4.2.3 KNX- järjestelmän säätö

Järjestelmän käyttäminen/ohjaaminen tapahtuu painikkeilla (Kuva 4) ja muilla ohjauslaitteilla. Järjestelmää voidaan helposti muokata tarpeen vaatiessa. Järjestelmään voidaan myös lisätä uusia toimintatapoja sekä laitteita. Tällaiset muutokset eivät vaadi rakenneteknisiä muutoksia, sillä ne voidaan ohjelmoida KNX-järjestelmään /11./



**KUVA 4. Nelikanavainen KNX-painike /12/**

#### 4.2.4 Hyödyt

Valaistuksenohjausjärjestelmissä KNX-järjestelmän hyödyt tulevat selkeästi esille. Järjestelmä voidaan ohjelmoida sytyttämään valot, kun tilaan tullaan, ja sammuttamaan ne silloin, kun tilasta poistutaan. Esimerkkeinä voidaan mainita erilaiset tehdas- ja tuotantoympäristöt, joissa valot palavat ympäri vuorokauden, jos niitä ei sammuteta erikseen.

Järjestelmä pudottaa valaistustasoa alemmas, jos tilaan tulee luonnonvaloa riittävästi esimerkiksi ikkunasta, jolloin valaisimia ei tarvitse aina käyttää täydellä teholla. Tällaisilla yksinkertaisilla ohjausratkaisuilla saadaan aikaiseksi huomattavia energiansäästöjä. ”Tehokkaan valaistuksenohjauksen avulla voidaan saavuttaa jopa 30- 40 % säästö valaistuksen energiankulutuksessa” /11./

### 4.3 Loisteputkivalaisin

Loisteputki on matalapaineinen purkauslamppu. Loistevalaisin koostuu kolmesta komponentista, joita ovat liitäntälaitte (kuristin), loistelamppu ja sytytin /20./

Loisteputki toimii tasa- ja vaihtovirralla. Yleisin käyttötapa on 50 tai 60 hertsin taajuus. Nykyään elektroniset liitäntälaitteet ovat lähes kokonaan syrjäyttäneet magneettiset kuristimet. Loistelamppu on täytetty kaasulla, sitä tarvitaan helpottamaan syttymistä ja pitämään sähköpurkaukset kurissa. /20./

#### 4.3.1 Loisteputkentoiminta

”Kun magneettisella kuristimella varustettuun valaisimeen kytketään jännite, sytyttimen sisällä olevat kaksoismetallikärjet ovat aluksi auki ja niiden välille syntyy 230 V jännite. Sytyttimen sisällä olevassa kaasussa tapahtuu sähköpurkaus, joka lämmittää kaksoismetallia ja kärjet sulkeutuvat. Kärkien sulkeuduttua virta pääsee kulkemaan kuristimen ja loisteputken molemmissa päissä olevien lämmitysvastuksien kautta, jolloin ne lämpenevät”/20./

Lämpeneminen saa aikaan putkessa olevan elohopean höyrystymisen. Kuristimen kautta kulkeva virta aiheuttaa rautasydämeen magneettikentän. Kun kaksoismetallikärjet jäähtyvät ja avautuvat, kuristimen magneettikenttä purkautuu muodostaen kuristimeen korkean jännitteen. Tämä aiheuttaa sähköpurkauksen loisteputkessa ja lamppu syttyy /20./

Loisteputken toimintajännite on n. 60- 120 V, mutta sen syttymisjännite on (400- 600 V) /20./

#### **4.4 LED-valaisin**

LED-valaisimet ovat pitkäikäisiä ja energiatehokkaita. Ne saavuttavat täyden valovirran välittömästi, eivätkä ne sisällä ollenkaan elohopeaa. /21./

LED-valaisimilla saadaan aikaan energiasäästöjä, pienen energiankulutuksen sekä pitkän käyttöiän avulla. LED-valaisin on hankintakustannuksiltaan kalliimpi kuin loisteputkivalaisin, mutta pitkän käyttöikänsä ansiosta investoinnin takaisinmaksuaika on suhteellisen lyhyt. LED-valaisimet ovat monikäyttöisiä, niillä voidaan toteuttaa mm. kohde-, yleis- sekä ulkovalaistusratkaisuja.

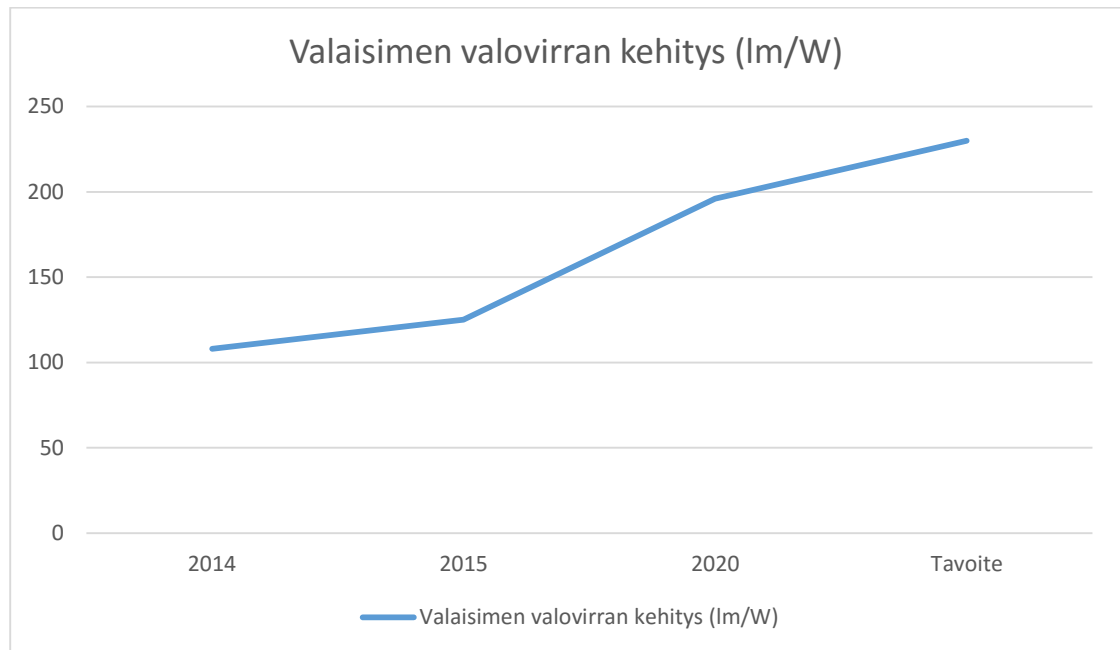
”Yleisesti käytetty määritelmä LED-valaisimen eliniälle sallii 30 % valovirran aleneman (L70), joka on korkeampi kuin perinteisille valonlähteille sallittu alenema” /26, s.262/.

#### 4.4.1 LED-valaisimen kehityssuunnuste

Valaisimen valovirran kehittymiseen vaikuttavat valaisimen sisäisten komponenttien kehittyminen, kuten LEDin sekä liitäntälaitteen kehittyminen. Valaisintuotteet tulevat päivittymään vielä monia vuosia LEDien mukana. Taulukosta 2 nähdään kuinka LED-valaisimet ovat kehittyneet vuosien aikana.

**TAULUKKO 2. LED-valaisimen kehityssuunnuste /27/**

Kehityksen kulku	2014	2015	2020	Tavoite
LEDin kehitys (lm/W)	146	162	220	250
Lämpötilan vaikutus/hallinta	87 %	88 %	93 %	95 %
Liitäntälaitteen hyötysuhde	86 %	87 %	93 %	96 %
Optinen hyötysuhde	87 %	89 %	94 %	96 %
Ajovirran korjauskertoimen	1.14	1.13	1.09	1.05
Valaisimen kokonaishyötysuhde	74 %	77 %	89 %	92 %
Valaisimen valovirran kehitys (lm/W)	108	125	196	230



**KAAVIO 2. Valaisimen valovirran kehitys**

Kaaviosta 2 nähdään kuinka valaisinten valovirta on kehittynyt viime vuosina sekä mihiin lukemiin kehityksellä pyritään.

#### 4.4.2 LED-toiminta

LED on valoa lähettävä puolijohdekomponentti, jonka toiminta perustuu elektroluminanssiin. Siinä kiinteään aineeseen johdettu sähkövirta saa aineen emittoimaan näkyvää valoa. /21./

LEDin valmistusmateriaalit määrittävät sen lähettämän valon aallonpituuden. Toimintatavasta johtuen LEDin lähettämän valon spektri on normaalisti kapea ja värintoisto heikko. Yksittäisen LEDin lähettämän valon väriin ja samalla värintoistoon voidaan vaikuttaa lisäämällä komponentin pintaan erilaisia loisteaineita ja pinnoitteita. Toinen tapa muuttaa komponentin väriä ja parantaa sen värintoisto-ominaisuuksia on sisällyttää samaan LED-yksikköön useampia erivärisiä LEDejä /21./



”LED toimii tasajännitteellä, ja se edellyttää verkkokäytössä aina jonkinlaisen liitäntäyksikön toimiakseen. Vähimmäisvaatimus verkkoliitännälle on oikein mitoitettu tasajännitemuuntaja, mutta energiatehokkaampi ratkaisu liitäntään on hakkuriteholähde.”/21./

#### **4.4.3 LED-ominaisuudet**

LEDiä pystytään himmentämään muuttamalla sen syöttövirtaa. ”Toinen suositellumpi tapa LEDin säätöön on ohjattava hakkuriteholähde, jonka avulla LEDiä voidaan himmentää pulssinleveysmodulaatiota (PWM) hyväksikäyttäen. Pulssinleveysmodulaatiossa syöttövirta on vakio, mutta LEDiä kytketään päälle ja pois niin suurella taajuudella, että silmä ei kykene havaitsemaan välkyntää.” /21./

LEDin polttoikä on pitkä, jopa 100 000 tuntia, kun taas T5-loisteputken polttoikä on keskimäärin noin 15 000 tuntia. /21./

#### 4.4.4 LEDien valotehokkuuden kehityssennuste

LEDien kehitys jatkuu kovalla vauhdilla ja niiden hinta valotehokkuuteen nähden tulee tippumaan vuosien saattossa.

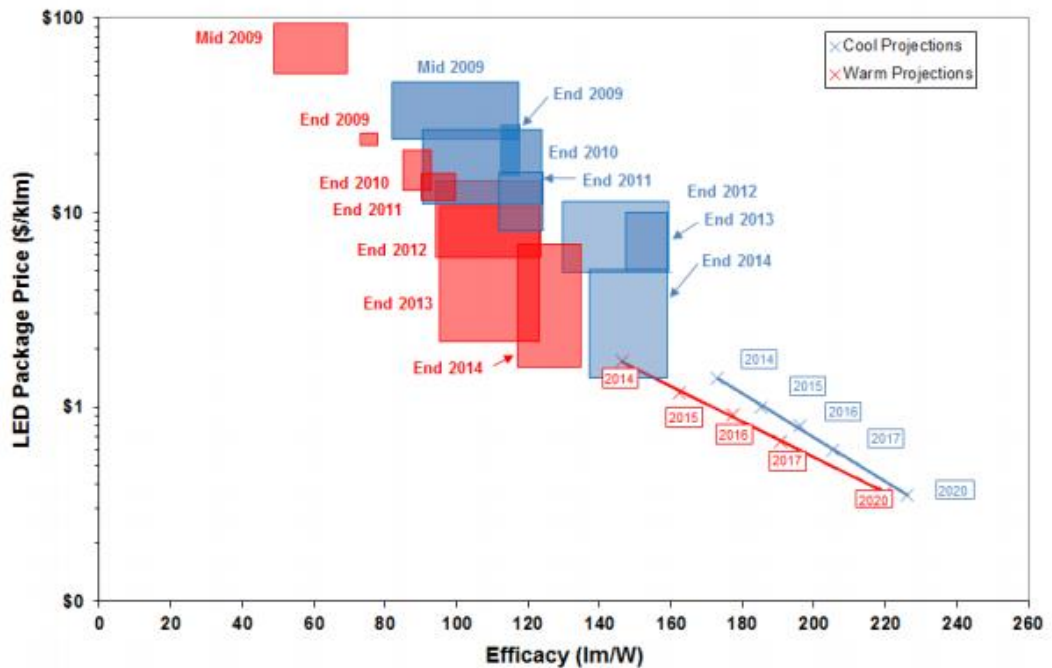


Figure 5.17 Price-Efficacy Trade-off for LED Packages at  $1 \text{ W/mm}^2$  (equiv.  $35 \text{ A/cm}^2$ ) and  $25^\circ\text{C}$

Notes:

3. Cool-white packages assume CCT=5700K and CRI=70; warm-white packages assume CCT=3000K and CR=80.
4. Rectangles represent region mapped by maximum efficacy and lowest price for each time period.

#### KAAVIO 1. LEDin hinta suhteessa valotehokkuuteen /27/

Metrinen	2013	2015	2017	2020	Tavoite
Kylmä-valkoinen LED (lm/W)	166	192	221	231	250
Kylmä-valkoinen hinta (\$/klm)	4	2	1.3	0.7	0.5
Lämmin-valkoinen LED (lm/W)	135	169	197	225	250
Lämmin-valkoinen hinta (\$/klm)	5.1	2.3	1.4	0.7	0.5

#### TAULUKKO 3. LEDien valotehokkuuden kehityskaari /27/

Kaaviosta 1 sekä Taulukosta 3 voi todeta, että ledit ovat kehittyneet nopeasti ja kehitys jatkuu edelleen nopeana ja kustannus alenee. Kylmän ja lämpimän LEDin välinen kuilu pienenee.

## **5 ENSTO MIKKELIN TEHDAS**

### **5.1 Valaistuksen nykytilanne**

Tällä hetkellä tehtaassa on käytössä loisteputkivalaistus, valaisimia on käytössä noin 700 kpl, suurin osa valaisimista on ollut käytössä 15 vuotta. Pitkästä käyttöiästä johtuen valaisimet ovat jo huonossa kunnossa. Valaisimia joudutaan huoltamaan hyvinkin usein, jotta saadaan pidettyä haluttu valaistustaso yllä. Valaisimet ovat loisteputkivalaisimia, jotka tarvitsevat toimiakseen kuristimen ja sytyttimen (Kuva 5 ja 6). Valaisimen vioittuessa ei voida tietää ilman perusteellista tutkimusta, mikä komponenteista on vioittunut. Sen vuoksi on hyvä tehdä koko valaisinhuolto, eli vaihtaa kaikki komponentit samalla kertaa, jolloin valaisimen huoltokustannukset nousevat korkeaksi. Näin ollen huoltokustannukset voivat nousta jopa uuden valaisimen hankintakustannuksen tasolle. Valaisimista 50 kpl on varustettu testauskäyttöön LED-loisteputkillä. LED-loisteputkia ei voi kuitenkaan suositella käytettäväksi vanhan valaistuksen parantamiseksi. LED-loisteputket sopivat ainoastaan valaisimiin, joissa ei ole optiikkaa. LED-loisteputket ovat myös huomattavasti painavampia, joka voi aiheuttaa lampunpitimen kestävyydelle haasteita. LED-loisteputkien käyttäminen valaisimissa, jotka on suunniteltu tavallisille T-loisteputkille, voi johtaa siihen, että valaisimet tuottavat verkkoon huomattavan määrän loistehoa, joka voi aiheuttaa kokonaisvirran kasvun ja siitä seuraavan valaisinryhmän johtimien lisälämpenemisen. Nykyinen valaistus lisää myös tehtaan lämpökuormaa, T5-loisteputken ottotehosta noin 80 % muuttuu lämmöksi ja loppu valoksi. LED-valaisimilla, noin 60 % ottotehosta muuttuu lämmöksi ja loppu valoksi.

Valaistuksen tasaisuus on tehtaassa nykyisellä valaistuksella huono. Valaistusvoimakkuus vaihtelee suuresti, jopa 250 lx:sta 600 lx:iin. Tehtaan vanhassa osassa valaistusvoimakkuus on huomattavasti heikompi kuin tehtaan uudessa osassa. Tämä johtuu osaltaan siitä, että tehtaan uutta osaa on osittain jo saneerattu T5-loisteputkivalaisimilla.



**KUVA 5. Loisteputkivalaisin kahdella erillisellä sytyttimellä**



**KUVA 6. Loisteputkivalaisimen kuristin (HELVAR L65L)**

## 5.2 Nykyinen valaistuksenohjaus

Tehtaan tuotantotiloissa ei ole käytössä läsnäolo-ohjausta tai muuta toimivaa energiaa säästävää valaistuksen ohjausjärjestelmää. Valaistusta ohjataan aikareleillä, mutta se ei ole toiminut halutulla tavalla. Valaistuksen ohjausta vaikeuttaa kytkimien käyttö, sillä

kytkintä painettaessa aikarele alkaa laskemaan aikaa, milloin valojen tulisi sammua, mutta painettaessa toista kytkintä jossakin muualla rele lopettaa laskemisen ja valot jäävät palamaan. Tästä johtuen tehtaalla valot palavat usein jatkuvasti, jolloin valaistukseen kuluu turhaa energiaa.

### **5.3 Nykyiset johdotukset ja johtoreitit**

Valaistuksen syötöt tulevat usealta keskukselta, joka hankaloittaa valaisinryhmien tunnistamista ja paikantamista. Valaistukselle ei ole omia ryhmäkeskuksia, vaan valaistus on ripoteltu nousu- ja ryhmäkeskuksiin. Tehtaan sähköpiirustukset eivät ole ajan tasalla valaistuksen osalta, mikä vaikeuttaa yksittäisen valaisinryhmän tunnistamista.

Valaisinryhmien kaapelointi on tehty MMJ-kaapeleilla. Kaapelointi on huonossa kunnossa. Osittain kaapeloinnissa on käytössä vanha väristandardi, jossa ei ole erillistä keltavihreää suojajohdinta, vaan kaapeloinneissa on käytetty suojajohtimena muita johtimia, jotka on merkattu keltavihreällä teipillä.

Suurin osa valaisimista on asennettu valaisinripustuskoikiin ja osa vaakavaijereihin. Valaisinten sisäinen johdotus on useissa valaisimissa korjauksen tai kokonaan uudistamisen tarpeessa.

## **6 UUDEN VALAISTUKSEN TOTEUTTAMINEN**

Tehtaan valaistuksen uudistaminen toteutetaan LED-valaisimilla. Tehtaan tuotantotilojen valaistus uudistetaan kokonaan, myös ulkovalaistuksen osalta. Valaisimena käytetään Ensto Lighting Oy:n valmistamaa Tino-teollisuusvalaisinta TN2254WBCED. Kyseiseen valaistusratkaisuun päädyttiin valaistusteknisen analyysin (Dialux-laskennan) ja teknistaloudellisen analyysin pohjalta. Valaistusteknisessä analyysissä tunnistetaan kyseisen valaistusprojektin kannalta energiatehokkuuden mittarit ja vertaillaan erilaisia ratkaisuja näihin mittareihin. Teknistaloudellisessa analyysissä on tarkasteltu elinkaarikustannuksia elinkaarilaskurin avulla.

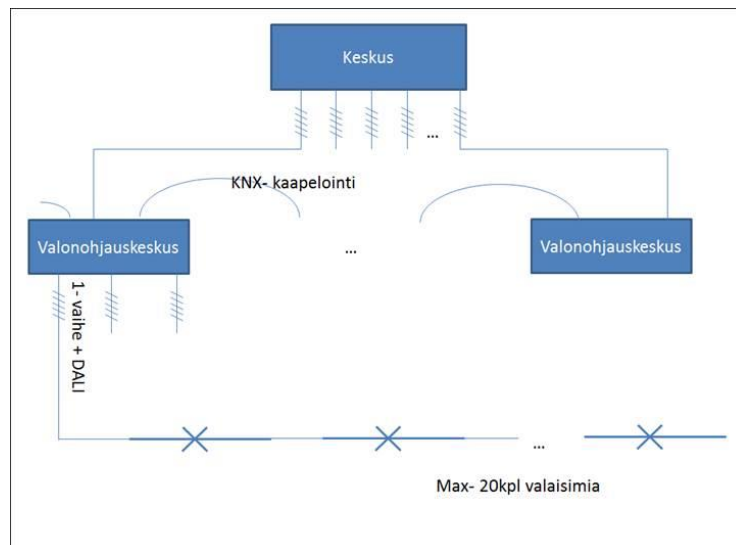
Dialux-laskennassa verrattiin kahta eri valaisinta keskenään. Valaisimet ovat Ensto Lightnig IG20 249A T5 -loisteputkivalaisin (Liite 2), joka lähinnä vastaa nykyistä käytössä olevaa valaisinta, sekä Ensto Lightnig TN2254WBCED -LED-valaisin

## 6.1 Käytettävä valaisin

Valaistuslaskelmien tulosten perusteella tehdään nykyiset valaimet tullaan korvaamaan Ensto Lighting TN2254WBCED -valaisimella (Liite 1). Dialuxista saatujen tulosten perusteella valaisinmäärää voidaan pudottaa merkittävästi 755:stä 469:ään (Liite 4). LED-valaistuksella on huomattavasti pienemmät käyttö- ja huoltokustannukset kuin loisteputkivalaistuksella. LED-valaisimen hankintakustannus on jonkin verran suurempi kuin loisteputkivalaisimella, mutta pitkä käyttöikä ja matala käyttökustannus tekevät LED-valaisimen hankinnan kannattavammaksi (Liite7). Maalaamon alueelle asennetaan IP-65 -luokan teollisuusvalaisimia ERPL254ED 42 kpl.

## 6.2 Uusi valaistuksenohjaus

Valaistuksenohjaus toteutetaan yhdistämällä KNX- ja Dali-järjestelmät. Tällä ratkaisulla valaistuksen ohjaus ja koordinointi on selkeää. Jokainen yksittäinen valaisin on osoitteellinen, se on helppo paikantaa järjestelmän avulla ja sen toimintaa on helppo muuttaa. Myös koko valaistuksen hallitseminen ja tehokkuus helpottuu huomattavasti.



**KUVA 7. Valaistuksenohjauksen periaate**

Valaisimet jaetaan 9 ryhmään (liite 6), ja ryhmien sähkönsyötöt tullaan ottamaan kolmesta eri keskuksesta. Jokaiselta keskukselta otetaan riittävä määrä 3-vaihelähtöjä. Valaistusohjauskeskuksilta lähtee 3 kpl 1-vaihe +Dali -ryhmää valaisimille. Valaistusohjauskeskusten välille tulee KNX-kaapelointi. Valaisimia yhdessä 3-vaiheryhmässä saa olla maksimissaan 64 kpl, eli noin 20 kpl/vaihe.



**KUVA 8. Ensto Plugi KNX-DALI-ohjauskotelo /29/**

### **6.3 Johdotuksien uusiminen**

Valaisinten vaihdon yhteydessä uusitaan myös kaikki kaapeloinnit. Uudella kaapeloinnilla yhdenmukaistetaan kaapeloinnit ja samalla asennusmääräykset varmuudella täyttyvät. Valaisimien asennuksessa tullaan käyttämään EnstoNet-kaapelointia, joka helpottaa ja nopeuttaa huomattavasti asennustyötä sekä alentaa huomattavasti asennuskustannuksia. Valaisimiin asennetaan EnstoNet-liitosjohdot valmiiksi valaisintehtaalla. Tehtaassa olevat vaakavaijerit vaihdetaan valaisinripustuskiskoiksi sekä myös muita kiskotuksia uusitaan tarpeen mukaan suunnitelman pohjalta.

### **6.4 Muutostyöt**

Muutostyöt toteutetaan tehtaan toiminnan aikana sekä huoltoviikoilla. Asennustyötä ei voida toteuttaa urakaluonteisesti, vaan tuntiveloitus pohjaisesti, koska työtä ei voida

suorittaa yhtäjaksoisesti. Muutostyöt aloitetaan sellaisista paikoista, jotka tulee saada valmiiksi yhtäjaksoisesti. Tällainen paikka on esimerkiksi maalaamo. Muutoin muutostyöt tehdään tehtaan normaalin käytön aikana. Muutostyöt suoritetaan niin, että normaalityöntehtämissä ei häiriinny.

## **7 MUUTOSTÖIDEN KANNATTAVUUS**

Muutostöiden kannattavuus pohjautuu vuosittaisiin käyttö- ja ylläpitokustannuksiin. Elinkaarilaskurin avulla nämä asiat saadaan todennettua (liite 7). Näin laajassa muutostyössä muutostöiden kustannus nousee melko korkeaksi, mutta uuden valaistuksen takaisinmaksuaika on lyhyt, noin 3,5 vuotta, joka teollisuusympäristössä on lyhyt jakso.

### **7.1 Elinkaarilaskuri**

Käyttö- ja ylläpitokustannukset voidaan selvittää elinkaarilaskurilla. Laskuri perustuu Ruotsin energiaviranomaisten laskentamalliin. Laskuriin määritetään laskenta-aika, tässä työssä 10 vuotta. Seuraavaksi määritellään valaisintyyppi, valaisinten lukumäärä sekä valaisimen yksikköhinta. Tässä vaiheessa laskuri laskee valaisinten kokonaiskustannuksen.

Seuraavaksi määritetään valaisimen valonlähde, eli tarvitseeko ne hankkia erikseen vai sisältyykö valonlähde valaisimen hintaan. Määritellään yhden valaisimen lamppukustannus, jolloin saadaan selville kokonaislamppukustannus valaisimille. Viimeiseksi laitetaan asennuskustannukset laskuriin. Kun arvot on annettu laskuriin, laskuri laskee kokonaisinvestoinnin kustannukset kohteeseen.



## 8 TARJOUSPYYNNÖT

Valaistussuunnittelun valmistuttua pyydettiin asennustyöstä tarjoukset viideltä sähköurakointiliikkeeltä Mikkelistä. Tarjoukset saatiin neljältä urakoitsijalta ja yksi jätti tarjoamatta resurssipulaan viitaten. Saadut tarjoukset löytyvät taulukosta 4.

Firma	Kustannusarvio
Firma 1	86 000€
Firma 2	95 000€
Firma 3	Tuntiveloitushinta
Firma 4	124 049€
Firma 5	Ei tarjousta

**TAULUKKO 4. Tarjoukset**

Tarjouspyynnössä pyydetään kokonaiskustannusta sekä erittelemään kustannukset tarjouspyynnön mukaisesti. Tarjouspyynnöstä käy ilmi, mitä tehtäviä ja hankintoja kuuluu urakoitsijalle ja mitä tilaajalle (Liite 5.)

## 9 TYÖN TOTEUTUMINEN

Tarjouksien saapumisen jälkeen tein tarkan analyysin kustannuksista. Tarjoukset olivat hyvin erilaisia sisällöltään. Vaihteluväli kustannuksissa oli suuri 86 000 € - 124 049 €, ja yksi tarjous sisälsi vain tuntiveloitushinnan, jota ei voitu ottaa huomioon urakoitsijaa valittaessa. Osa urakoitsijoista halusi myös määritellä työn aloitusajankohdan omien resurssiensa puitteissa. Näiden tarjousten perusteella laitoin tiedot kustannuksista eteenpäin opinnäytetyön teettäjälle, Ensto Oy:n päätettäväksi ja ehdotin jatkoneuvotteluita edullisimman vaihtoehdon pohjalta. Lomakaudesta johtuen päätöksen saaminen venyi ja näin ollen aloitusajankohta siirtyi pidemmälle syksyyn. Päätöksen tultua aloitusajankohtaa jouduttiin siirtämään kustannusten noustua odotettua korkeammiksi, mutta suunnitelma on kuitenkin valmis, jotta työt voidaan myönteisen päätöksen tultua aloittaa.

## 10 POHDINTA

Työn kuvaus oli alusta asti hyvin selkeä. Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa suunnitelman pohjalta Mikkelin tehtaan uusi valaistus. Työni suorittaminen eteni hyvällä vauhdilla, sain hyvin apua Mikkelin tehtaalta, Insinööritoimisto K. Nykäseltä ja Toni Anttilalta Ensto Lighting Oy:ltä. Työn aikana pääsin toteuttamaan valaistussuunnittelua hyvin kokonaisvaltaisesti, apuna käytin Dialux-valaistuslaskentaohjelmaa sekä Ruotsin energiaviranomaisten laskentamalliin perustuvaa elinkaarilaskuria. Analysoin valaistusteknillisiä tuloksia Toni Anttilan antamien ohjeiden avulla. Analyysien perusteella havaitsin, että kokonaisratkaisu muodostuu useammasta tekijästä.

Valaistuksen uudistaminen tehtaalla olisi kannattavaa. Tehtaan tämän hetkinen valaistus on jo vanhaa ja huonokuntoista, joten ne vaativat entistä enemmän huoltoa ja kunnossapitoa. Uusi valaistus tuo säästöjä niin käyttö- kuin huoltokustannuksiin, eli valaistuksen energiakustannus pienenee tuntuvasti.

Työn edetessä opin paljon uutta valaistuksesta ja varsinkin valaistuksenohjauksen toiminnasta ja niiden sovelluksista.

## LÄHTEET

/1/Aalto yliopisto: <http://www.lightinglab.fi/athledics/taustaa.html>. Päivitetty 9.10.2015. Luettu 9.10.2015

/2/Innolux: Valaistussuunnitteluopas. [http://www.innolux.fi/sites/default/files/Valaistussuunnitteluopas\\_RGB.pdf](http://www.innolux.fi/sites/default/files/Valaistussuunnitteluopas_RGB.pdf) 9.1. Ei päivitystietoja. Luettu 9.10.2015.

/3/Glamox: Dali. <http://glamox.com/fi/dali>. Päivitetty 9.10.2015. Luettu 9.10.2015

/4/Kari Kallioharju: Dali teoria. [http://www.oamk.fi/~kurki/Valaistustekniikka/DALI\\_teoria\\_joulu2014.pdf](http://www.oamk.fi/~kurki/Valaistustekniikka/DALI_teoria_joulu2014.pdf). Pdf- dokumentti. Päivitetty 1.12.2014. Luettu 9.10.2015

/5/Helvar: Valaistuksen ohjaus ja Dali. Pdf-dokumentti. Päivitetty 9.10.2015. Luettu 9.10.2015

/6/Osram: Dali valaistusjärjestelmä. [http://www.osram.fi/osram\\_fi/uutiset--tiedot/valonsaetaetoerjestelmae/teknologiat/dali/index.jsp](http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/valonsaetaetoerjestelmae/teknologiat/dali/index.jsp). Päivitetty 11.10.2015. Luettu 11.10.2015

/7/Ensto: Dali. <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojakset/0705016/1228387313247/1228466781352/1231503046191/1231503057256.html>. Päivitetty 05.07.2012. Luettu 11.10.2015

/8/Miikka Etelälahti: Dali oppimisympäristö. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27158/Etelalahti\\_Miikka.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27158/Etelalahti_Miikka.pdf?sequence=1) Päivitetty huhtikuu 2011. Luettu 11.10.2015

/9/Ensto lightning: Suunnittelijanopas. [http://www.ensto.com/download/13235\\_designersguide\\_fi\\_netti.pdf](http://www.ensto.com/download/13235_designersguide_fi_netti.pdf). Päivitetty 11.10.2015. Luettu 11.10.2015

/10/Ensto lightning: Products. [http://products.ensto.com/catalog/17531/product/5640/NAL550M25080\\_FIN1.html](http://products.ensto.com/catalog/17531/product/5640/NAL550M25080_FIN1.html). Päivitetty 11.10.2015. Luettu 11.10.2015

/11/KNX Finland: Ratkaisusi nykyaikaiseen rakentamiseen ja ohjauksiin.

<http://www.knx.fi>. Päivitetty 23.10.2015. Luettu 23.10.2015

/12/Ensto lightning: Products. [http://products.ensto.com/catalog/22059/KNX\\_FIN1.html](http://products.ensto.com/catalog/22059/KNX_FIN1.html).

Päivitetty 23.10.2015. Luettu 23.10.2015.

/13/Innolux: Valaistussuunnitelu. <http://www.innolux.fi/fi/valaistussuunnitelu>. Päivitetty 26.10.2015. Luettu 26.10.2015.

/14/ Ensto lightning: Suureita ja yksiköitä. <http://www.alppilux.fi/fi/suureita-ja-yksikoita/suureita-ja-yksikoita>. Päivitetty 26.10.2015. Luettu 26.10.2015.

/15/Elektroskandia: Valaistuslaskenta: <http://stara.rexel.fi/documentelement.html?uid=1890548>. Päivitetty 1.11.2015. Luettu 1.11.2015.

/16/Valokas: Yleisopas epäsuoran valaistuksen tekemiseen: <http://www.valokas.fi/fi/epaesuora>. Päivitetty 1.11.2015. Luettu 1.11.2015.

/17/Ensto lightning: Esimerkkejä tilojen, alueiden, tehtävien ja toimintojen valaistusvaatimuksista: <http://www.alppilux.fi/fi/direktiivit-ja-maaraykset/direktiivit-ja-maaraykset>. Päivitetty 1.11.2015. Luettu 1.11.2015.

/18/ Ensto lightning: Sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1-2011: <http://www.alppilux.fi/fi/sisavalaistusstandardi-sfs-en-12464-1-2011/sisavalaistusstandardi-sfs-en-12464-1-2011>. Päivitetty 1.11.2015. Luettu 1.11.2015

/19/ Alppilux: Energiatehokkuus: <http://www.alppilux.fi/fi/energiatehokkuus/energiatehokkuus>. Päivitetty 6.1.2016. Luettu 6.1.2016

/20/ Wikipedia: Loistelamppu: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Loistelamppu>. Päivitetty 6.1.16. Luettu 6.1.16

/21/ Lampputieto: Led-lamput: <http://www.lampputieto.fi/lamput/lampputyypit/led-lamput/>. Päivitetty 1.12.2014. Luettu 7.1.2016.

/22/ Ensto: Led: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1233229692599/1233229715150.html>. Päivitetty 5.7.2012. Luettu 7.1.2016

/23/ Lampputieto: Valaistuksenohjaus: <http://www.lampputieto.fi/valaistussuunnittelu/valaistuksenohjaus/ohjelmoitavat/>. Päivitetty 1.12.2014. Luettu 19.1.2016

/24/ Ensto: Valaisintietoarkki. [http://alppilux.procus.fi/catalog/26425/product/45851/TN2254WBCED\\_FIN1.html](http://alppilux.procus.fi/catalog/26425/product/45851/TN2254WBCED_FIN1.html). Päivitetty 19.1.2016. Luettu 19.1.2016

/25/ Ensto: Valaisintietoarkki. [http://alppilux.procus.fi/catalog/23692/product/44274/IG20249A\\_FIN1.html](http://alppilux.procus.fi/catalog/23692/product/44274/IG20249A_FIN1.html). Päivitetty 20.1.2016. Luettu 20.1.2016

/26/ Alppilux: Valaisimet 2014-2015. Ratkaisuja valaistuksen ammattilaisille. Päivitetty 03/2014. Luettu 6.2.2016.

/27/ Ensto: LED-kehityssennuste. NSS-aluekoulutus. Pdf-dokumentti. Päivitetty 28.10.2015. Luettu 8.2.2016

/28/ Osram: DALI/DIM Technical Guide. [http://www.osram.com/\\_global/pdf/Professional/ECG\\_%26\\_LMS/LMS/Brochures/130](http://www.osram.com/_global/pdf/Professional/ECG_%26_LMS/LMS/Brochures/130). Päivitetty 8.2.2016. Luettu 8.2.2016

/29/Ensto: Ensto Plugi KNX-DALI-ohjauskotelo. [http://products.ensto.com/catalog/17718/product/47073/NGU-KNX-DALI\\_FIN1.html](http://products.ensto.com/catalog/17718/product/47073/NGU-KNX-DALI_FIN1.html). Päivitetty 8.2.2016. Luettu 8.2.2016

/30/Alppilux: Ratkaisuja valaistuksen ammattilaisille. Pdf-dokumentti. Päivitetty 18.9.2014. Luettu 23.3.2016

/31/Suomen valoteknillinen seura ry: Valaistushankintojen energiatehokkuus:  
[http://www.valosto.com/tiedos-  
tot/SVS\\_Valaistushankintojen\\_energiatehokkuus\\_V4.pdf](http://www.valosto.com/tiedos-<br/>tot/SVS_Valaistushankintojen_energiatehokkuus_V4.pdf). Ei päivitystietoja. Luettu  
24.3.2016

/32/KNX Finland: KNX-ohjelmistotyökalut: <http://www.knx.fi/index.php?k=220467>.  
Ei päivitystietoja. Luettu 30.3.2016

/33/Sähköala.fi: Uusi ohjelmointityökalu tehostaa KNX-ohjelmointia:  
[http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/sahkoinfo-lehti/s\\_taloautomaatio/fi\\_FI/uusi\\_ohjelmointityokalu\\_tehostaa\\_KNX-ohjelmointia/](http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/sahkoinfo-lehti/s_taloautomaatio/fi_FI/uusi_ohjelmointityokalu_tehostaa_KNX-ohjelmointia/). Päivitetty  
13.1.2015. Luettu 30.3.2016

/34/ Sähkökonsultti Ojala Oy: KNX: <http://www.sahkokonsultti.com/knx>. Ei päivitystietoja. Luettu 30.3.2016.



**KUVA 9. TN2254WBCED /24/**

## **TN2254WBCED**

<b>Tyyppi</b>	TN2254WBCED
<b>GTIN</b>	6410043604259
<b>Snro</b>	4360425
<b>Nimi</b>	runkovalaisin TN2254WBCED 72W/840 AC C DALI
<b>Kuvaus</b>	Energiatehokas, vähäisen huoltotarpeen IP44 LED-runkovalaisin. Laaja optiikka- ja tehovalikoima mahdollistavat Tinon monipuolisen käytön erilaisissa kohteissa. Käyttöalueet vaihtelevat myymälöistä logistiikkakeskuksiin ja pysäköintihalleihin.
<b>Pakkaus</b>	-/-/72
<b>Yksikkö</b>	KPL

## Tekniset tiedot

### Sähköiset arvot

Tehokerroin:	0.9
Jännite:	230 V

### Luokitukset

Kotelointiluokka:	IP44
Teho:	72 W
Suojausluokka:	I
ETIM-luokka:	Batten luminaire (EC000109)

### Mekaaninen

Iskunkesto:	Ei testattu
-------------	-------------

### Mitat

Pituus:	1440 mm
Korkeus:	73 mm
Leveys:	83 mm
Paino:	3 kg

### Lämpötilat

Käyttölämpötila:	-20 ... 30 °C
------------------	---------------

### STK valaistusluettelo

Himmennettävyys:	DALI
Lampun kanta:	LED-mod
Valonlähteiden lkm ja teho:	1x72
Valonlähde (ILCOS):	DS
Valonlähde:	LED
Runkorakenne / muut tekniset tiedot:	Runko alumiiniprofiilia, päädyt alumiinia, väri valkoinen. Kupu kirkasta (C) tai satiiniakryylia (F). Kaksi optiikkaa: laajasäteilevä optiikka (WB), keskisäteilevä optiikka (MB). DALI- ja perusmallit.
Häikäisysoija/ optiikka/kupu:	Laajasäteilevä optiikka/Kirkas
Asennustapa:	Pinta/kisko
Ketjutettavuus:	läp johdotettu



**Sähköinen liitäntä: napaluku x johtimen poik-  
kipinta:** 5x2,5

**Sähköinen liitäntä: liitintyyppi:** ruuviliitin

**Valon värilämpötila:** 4000 K

**Ra-indeksi:** Ra>80

**LED-moduulin valovirta:** 11000 lm

**LED-valaisimen valovirta:** 10057 lm

**LED-moduulin valovirran pysyvyys L70:** 50000 h

**Valaisimen ottoteho (W):** 72 W

**LED-moduulin vaihdettavuus:** ei

**LED-valaisimen kokonais-valotehokkuus:** 140 lm/W

**C16- johdonsuojalle sallittu määrä valaisimia:** 31

## **ETIM**

**Lamp type:** LED exchangeable

**With lamp:** x

**Lamp holder:** Other

**Lamp power:** 72 W

**Type of control gear:** LED operating device current-controlled

**Control gear included:** x

**Type of dimming:** DALI

**Circuit:** Parallel-compensated

**Voltage type:** AC

**Nominal voltage:** 230 V

**Suitable for through-wiring:** x

**Material:** Aluminium

**Colour housing:** White

**Length:** 1440 mm

**Width:** 83 mm

**Height:** 73 mm

**Protection class:** I

**Degree of protection (IP):** IP44

**LIITE 1(4).**  
**TN2254WBCED**

<b>Build in insulated ceiling, fire-resistance "F with roof":</b>	x
<b>Filament test according to IEC 60695-2-10:</b>	None
<b>Effective luminous flux:</b>	10057 lm
<b>Colour of light:</b>	White
<b>Colour temperature:</b>	4000 K
<b>Colour rendering index CRI:</b>	80-89



**KUVA 10. IG20249A /25/**

## **IG20249A**

<b>Tyyppi</b>	IG20249A
<b>GTIN</b>	6418584164317
<b>Snro</b>	4360483
<b>Nimi</b>	Runkovalaisin IG20249A T5 2X49W
<b>Kuvaus</b>	Kuivan tilan runkovalaisin T5- tai T8- loisteputkille. Perusvalaisinsarja teolli- suuden tuotanto- ja varastotilojen va- laistukseen.
<b>Pakkaus</b>	-/-/100
<b>Yksikkö</b>	KPL

**AK**

## 11 Tekniset tiedot

## 12 Sähköiset arvot

Jännite: 230 V

## 13 Luokitukset

Kotelointiluokka: IP20

Teho: 105 W

Suojausluokka: I

ETIM-luokka: Batten luminaire (EC000109)

## 14 Mekaaninen

Iskunkesto: -

## 15 Mitat

Pituus: 1483 mm

Korkeus: 92 mm

Leveys: 168 mm

Paino: 2.80 kg

## 16 Lämpötilat

Käyttölämpötila: -20 ... 30 °C

## 17 STK valaistusluettelo

Himmennettävyys: Ei

Lampun kanta: G5

Valonlähteiden lkm ja teho: 2x49

Valonlähde (ILCOS): FDH

Valonlähde: T5

Liitäntälaitteen energiatehokkuusluokka: A2

Runkorakenne / muut tekniset tiedot: Runko valkoiseksi pulverimaalattua terästä. Päädyt iskun-/lämmön-/UV-säteilynkestävää ABS-muovia. K=kansi valkoiseksi pulverimaalattua teräslevyä. A=laajasäteilevä, kiiltoanodisoitu alu

Häikäisysooja/ optiikka/kupu: Laajasäteilevä optiikka

Asennustapa: Pinta

Ketjutettavuus: läpimenevä

Sähköinen liitäntä: napaluku x johtimen poik-  
kipinta: 5x2,5

Sähköinen liitäntä: liitintyyppi: jousiliitin

C16- johdonsuojalle sallittu määrä valaisimia: 25

## 18 ETIM

Lamp type: Fluorescent lamp D=16 mm

Suitable for number of lamps: 2

Lamp holder: G5

Lamp power: 49 W

Type of control gear: Electronic ballast standard

Control gear included: x

Type of dimming: Not dimmable

Circuit: Parallel-compensated

Voltage type: AC

Nominal voltage: 230 V

Suitable for through-wiring: x

Material: Steel

Colour housing: White

Length: 1483 mm

Width: 168 mm

Height: 92 mm

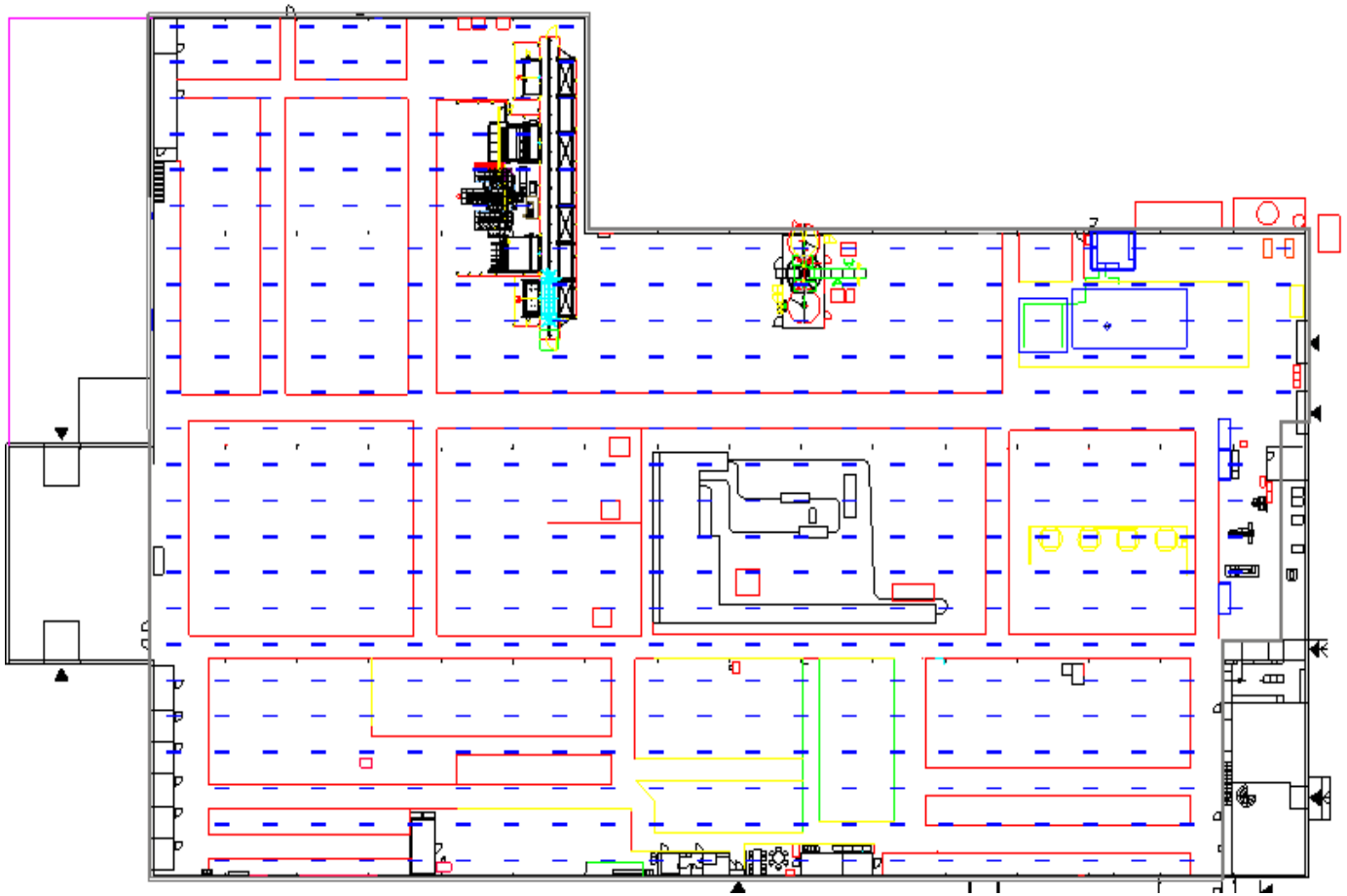
Protection class: I

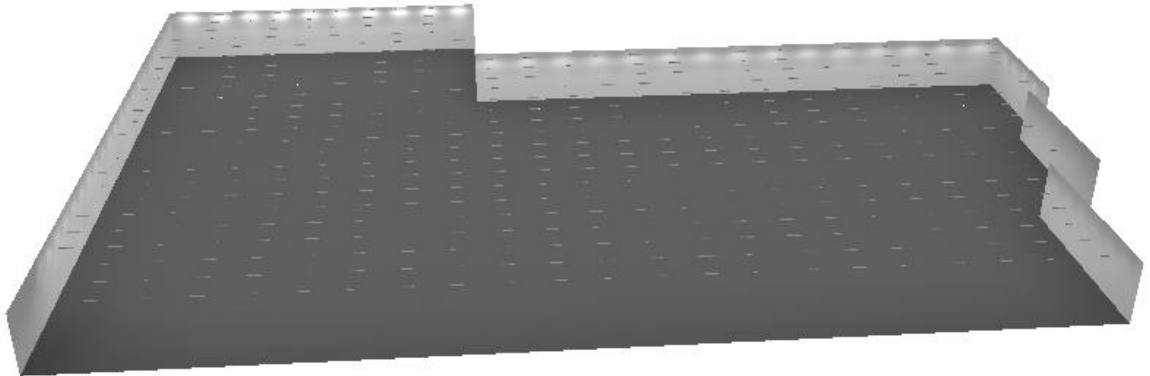
Degree of protection (IP): IP20

Build in insulated ceiling, fire-resistance "F  
with roof": x

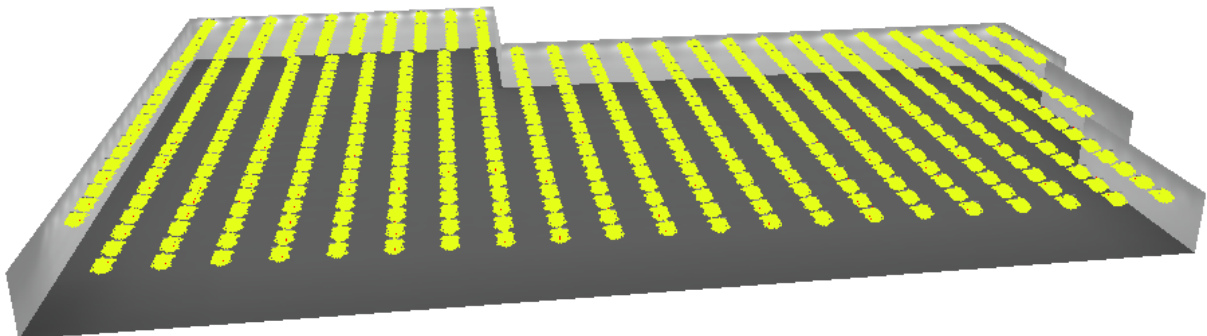
Filament test according to IEC 60695-2-10: None

**LIITE 3(1).**  
**Tehtaan pohjakuivat**





**KUVA 8. Pohjakuva kolmiulotteinen**



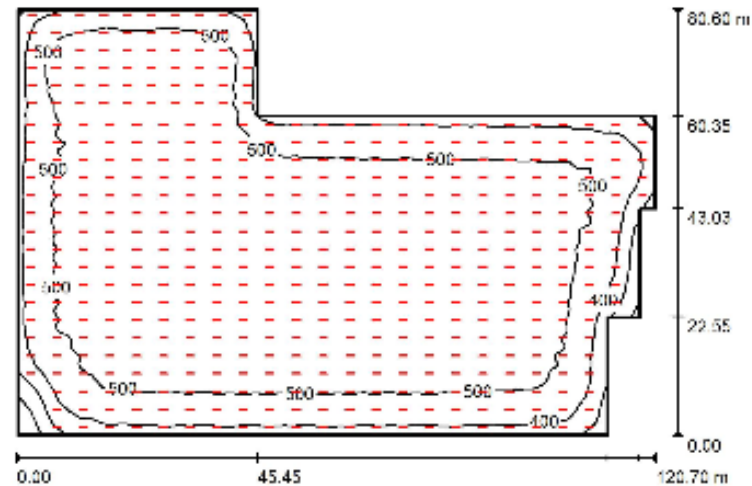
**KUVA 9. Valon jakautuminen**

Projekti 2



Teija  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Tila 1 / Yksisivuinen tulos



Tilan korkeus: 6.500 m, Asennuskorkeus: 6.500 m,  
Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux,  
Mittakaava 1:1035

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	493	133	584	0.270
Lattia	20	484	160	586	0.330
Katto	70	123	68	796	0.551
Seinät (10)	50	285	107	1370	/

## Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

## Luettelo valaisimista

Numero Kappale Tunnus (Korjaustekijä)  $\Phi$  (Valaisin) [lm]  $\Phi$  (Lamput) [lm] P [W]

1	469	Alpilux Oy TN2254WBC IP44 72W/840 TN2254WBC (1.000)	10083	10057	71.9
			Yhteensä: 4728931	Yhteensä: 4716733	33721.1

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $4.23 \text{ W/m}^2 = 0.86 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $7964.28 \text{ m}^2$ )





Saves Your Energy

**TARJOUSPYYNTÖ**

24.6.2015

Toni Anttila

1 (2)

**Ensto Mikkelin tehdas /valaistuksen uudistus ja saneeraus  
Insinöörinkatu 1 50100 Mikkelä**

Pos	Tyyppi	IP	Häikäisy suoja	Teho	Valonlähde	Asennustapa	Komp.	kpl	Huom!
1	TN2254WBCE 72W/840 AC C DALI	44	AC	72	LED	RK	X	451	1,2
2	ERPL254ED IP65 LED 58W/840 PC F DALI	65	AC	58	LED	RK	X	42	1,2

Huom. 1) Tilaaja toimittaa

Huom. 2) Valaisin varustettu EnstoNet- liitosjohdolla pituus 1 metri, positio 1 valaisinripustuskiinnikepari

**Yleistä**

Kohde toteutetaan hajautetun ohjauksen mallilla. Kohteeseen asennetaan 9kpl valaistuksen ohjauskeskuksia, joiden tehtävänä on hoitaa tietyn lohkon valaistuksen sähkönsyöttö ja ohjaus. Keskuksien välille kaapeloidaan 4-nap KLMA- väyläkaapeli. Keskuksille tuodaan ryhmäkeskuksilta 3v- sähkön syöttö. Keskuksista valaisimille kaapelointi rakennetaan valmiskaapeloinnilla (EnstoNET).

Asennus suoritettava tehtaan toimintaa suuremmin häiritsemättä.

**Tarjouspyyntö**

Tilaaja pyytää tarjoustä urakoitsijalta alla olevin määritysten mukaisesti. Tarjouksessa on oltava eriteltyinä:

- Vanhojen valaisimien purkukustannukset sekä asian mukaisesta hävittämisestä aiheutuvat kustannukset
- Uuden valaistuksen asennus- ja materiaalikustannukset
- Muut urakoitsijan arvioimat kustannukset

Urakka on tarkoitus suorittaa mahdollisimman pian, kuitenkin niin, että se on valmis vuoden 2015 loppuun mennessä, joten työkustannukset voi sovittaa sen mukaisesti.



Saves Your Energy

**TARJOUSPYYNTÖ**

24.6.2015

Toni Anttila

2 (2)

Tarjoukset sähköpostilla mahdollisimman pian, kuitenkin 3.7. mennessä Toni Anttilalle ([toni.anttila@alppilux.fi](mailto:toni.anttila@alppilux.fi)) ja Olli Karhulle ([karhu\\_92@hotmail.com](mailto:karhu_92@hotmail.com)). Mahdolliset lisätiedot tarjouksen muodostamiseksi Olli Karhulta.

**Tilaaaja toimittaa**

Toimittaa valaisinluettelossa mainitut valaisimet positiot 1 ja 2 sekä liitosjohdot ja valaisinkiinnikkeet pos. 1 valaistusripustuskiskoihin

Toimittaa valaistuksen ohjauskeskukset

Toimittaa kaapelit valaistuksen ohjauskeskuksilta valaisimille, urakoitsija asentaa paikoilleen

Toimittaa KNX-komponentit, painikkeet ja tarvittavat EnstoNet- komponentit

**Urakoitsija**

Urakoitsija vastaa purkutöistä ja kustannuksista

- Vanhan valaistuksen, ripustuskiskojen ja tarvikkeiden sekä kaapelointien purku
- Urakoitsija vastaa purettujen asennusten, valaistusripustuskiskojen ja valaisinten yms. oikeasta hävityksestä ja kustannuksista
- Poiskuljetus kuuluu urakoitsijalle sekä niistä syntyvät kustannukset

Urakoitsijalle / urakkaan kuuluu kaikkien asennustyössä tarvittavien ja tarpeellisten koneiden ja laitteiden hankinta, toimittaminen ja pois kuljettaminen kuten esimerkiksi nostimet ja niin edelleen.

Urakoitsija hankkii ja toimittaa, asentaa toimintakuntoon sekä suorittaa tarvittavat mittaukset

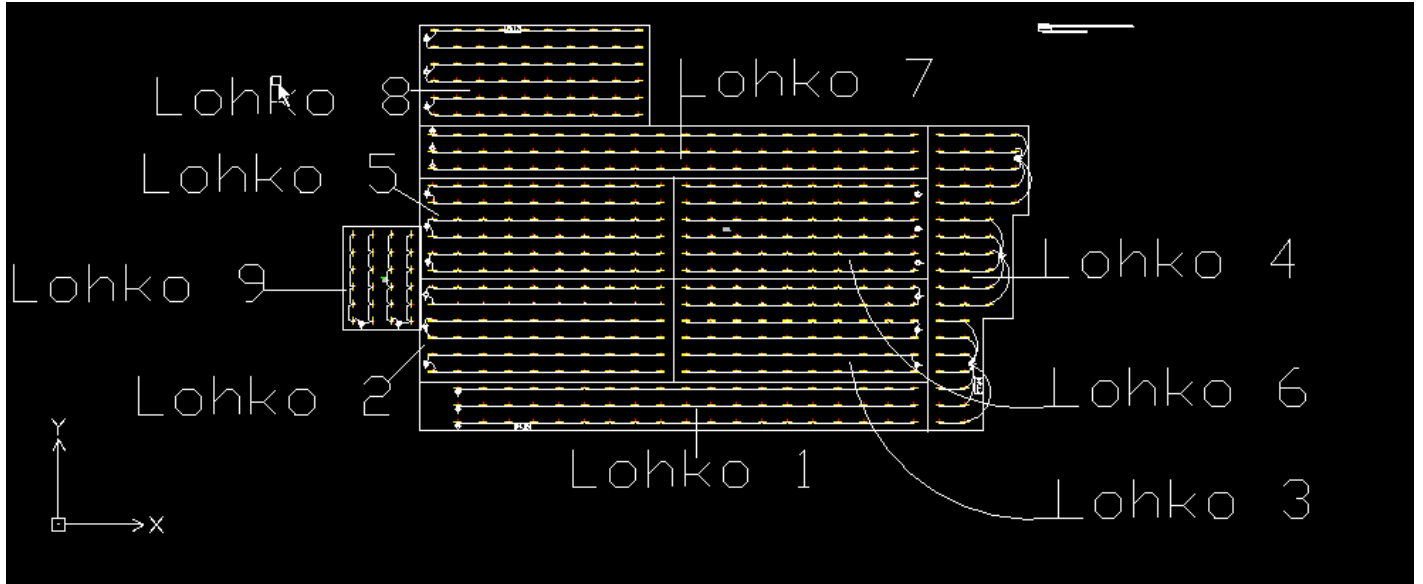
- valaisinluettelossa mainitut tilaajan toimittamat valaisimet
- valaistusripustuskiskot tarvikkeineen (MEK 70M)
- kaikki asennustyöhön tarvittavat asennustarvikkeet hankkii, toimittaa ja kustantaa urakoitsija pois lukien tilaajan toimittamat tarvikkeet

Urakoitsijan kaapeloinnit, toimittaa ja asentaa toimintakuntoon

- Kaapeloinnit ryhmäkeskuksilta valaistuksen ohjauskeskuksille
- KLMA- kaapeloinnit keskusten välille sekä KNX- painikkeille
- Sekä kaikki muu tarvittava kaapelointi edellisten lisäksi kuuluu urakoitsijalle pois lukien tilaajan toimittamat kaapelit

Urakoitsijan on ilmoitettava tilaajalle ja hänen edustajalleen valaisimien lukumäärämuutoksesta tai puutteesta tms. viipymättä

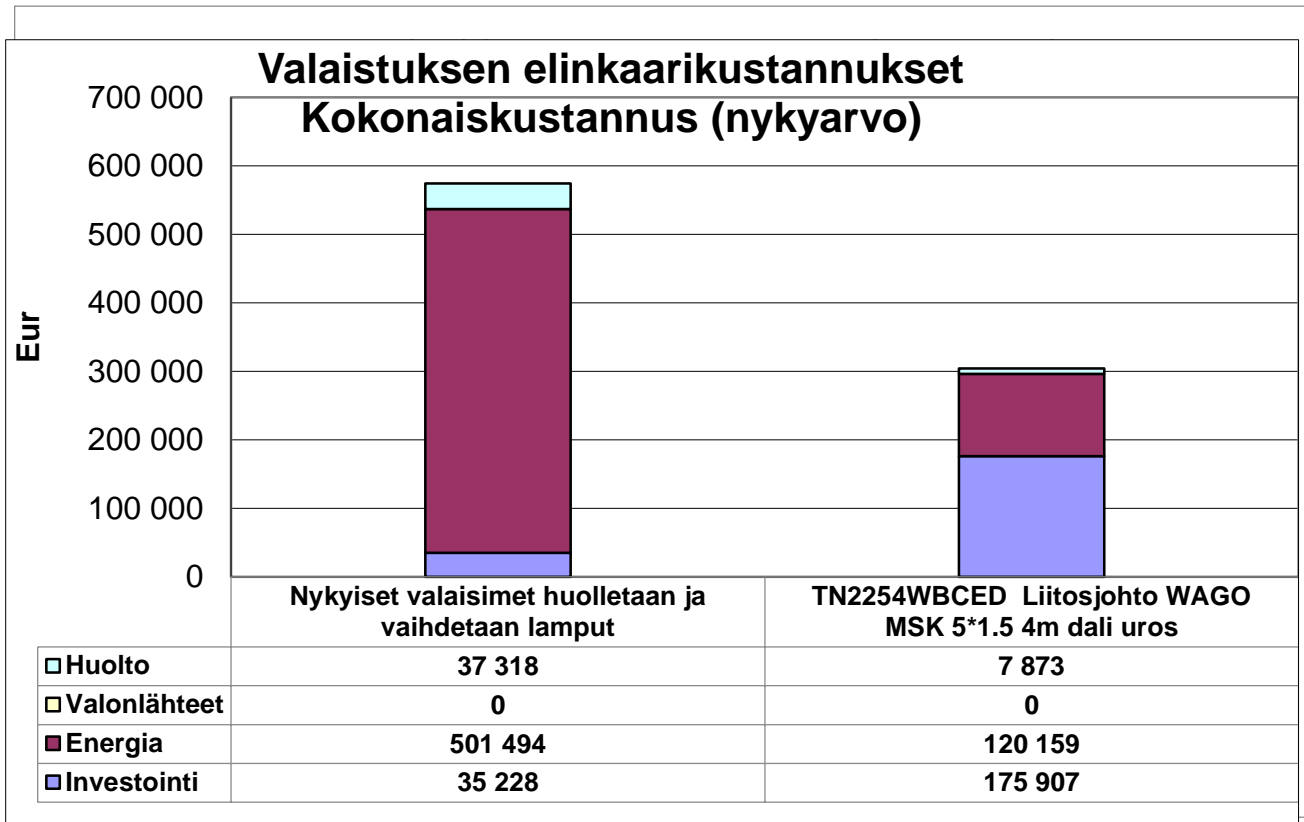
LIITE 6.  
Lohkojako



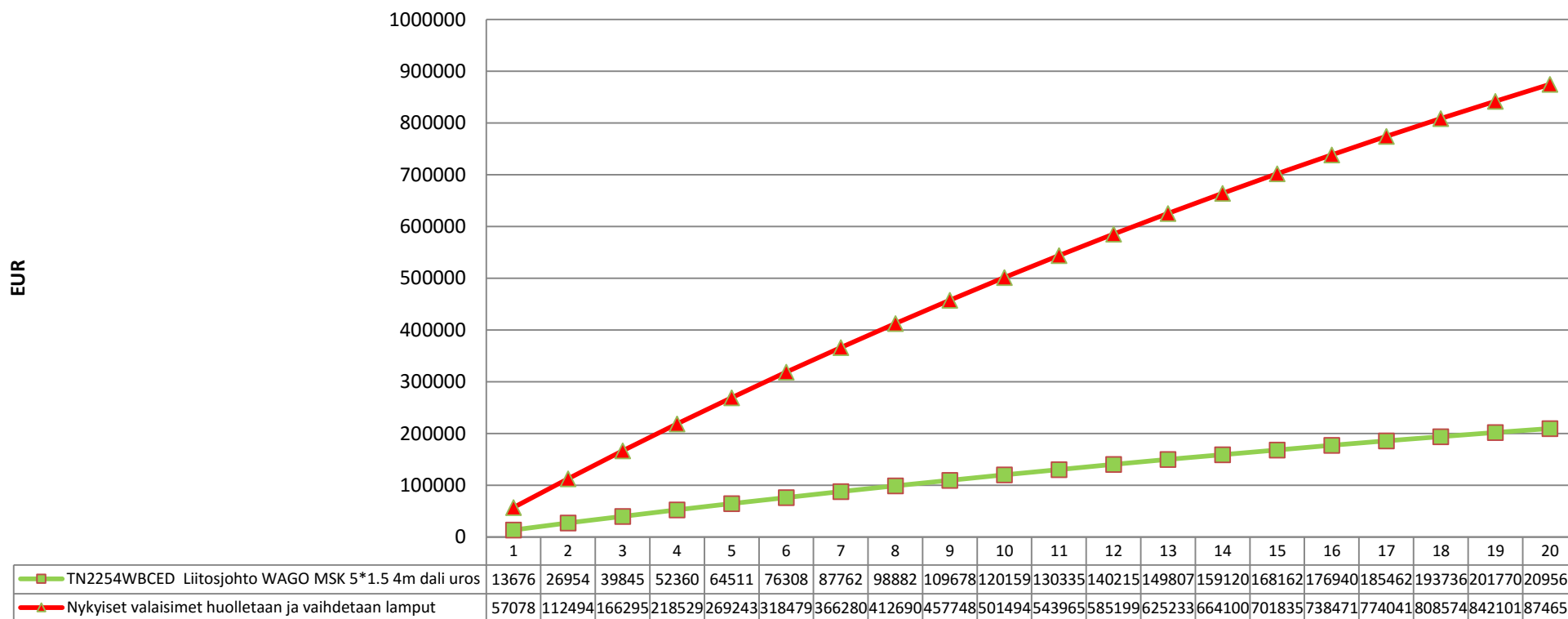
VALAISTUSKUSTANNUSTEN VERTAILULASKELMA			
(Perustuu Ruotsin energiaviranomaisten laskentamalliin)			
Täytä vain harmaaksi maalatut solut			
PROJEKTI:	Ensto Oy Mikkelin tehdas		
PÄIVÄMÄÄRÄ/LAATIJA:	1.5.2015 / OK		
PROJEKTIN NUMERO:			
<b>Edellytykset</b>			
Laskenta-aika	Vuosi	10	
Vuotuinen todellinen korko (alasetoalikoista)		3,0 %	
Vuotuinen energian hinnannousu (alasetoalikoista)		0,0 %	
Vuotuinen valonlähteiden hinnannousu (alasetoalikoista)		0,0 %	
Vuotuinen huoltokustannusten hinnannousu (alasetoalikoista)		0,0 %	
<b>INVESTOINTIKUSTANNUKSET</b>			<b>Vaihtoehto 1</b>
<b>Valaisimet</b>		<b>Nykyinen / perus</b>	<b>Energiatehokas 1</b>
Valaisintyyppi		Nykyiset valaisimet huolletaan ja vaihdetaan lamput	TN2254WBCED Liitosjohto WAGO MSK 5*1.5 4m dali uros
Valmistaja		Nykyinen	Alpilux Oy
Sähkönnumero		Nykyinen	4360157, 4265382
Tarkempi määrittely		Lamput; Aura Eco Saver Long Life T8, Snro 49 700 68	
Valaisimen teho ml. liitäntälaitteen häviöt	W	140	72
Valonlähde (alasetoalikoista)	Tyyppi	T5	LED
Valaisimien lukumäärä	kpl	755	469
Yksikköhinta - loppuasiakashinta	eur/kpl		191,70
Sisältääkö yksikköhinta valonlähteet (K/E)		K	K
<b>Valaisinkustannus</b>	eur	0	89 907
Yksikköhinta, jos valonlähde ei sisälly valaisimen hintaan	eur/kpl	23,33	0,00
<b>Lamppukustannus</b>	eur	35 228	0
<b>Asennus</b>			
Materiaali- ja työkustannukset/valaisin	eur	0	0
Valaistuksen ohjaus	eur	0	0
Muut kustannukset	eur	0	86000
<b>Asennuskustannukset</b>	eur	0	86 000
<b>INVESTOINTIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>eur</b>	<b>35 228</b>	<b>175 907</b>
<b>KÄYTTÖKUSTANNUKSET</b>		Nykyiset valaisimet huolletaan ja vaihdetaan lamput	TN2254WBCED Liitosjohto WAGO MSK 5*1.5 4m dali uros
<b>Energiakustannukset</b>			
Asennettu teho mukaan lukien liitäntälaittehäviöt	W	105 700	33 768
Valitse rakennustyyppi SFS-EN 15193 mukaan (alasetoalikoista)		Tuotantolaitos	Tuotantolaitos
Käyttöaika (SFS 15193)	h/y	4 500	4 500
Käyttöaste (D3, Rakennusten energiatehokkuus)		1,00	1,00
Anna valaistuksen ohjauksen käyttökerroin		1,0	0,8
<b>TAI</b>			
Valitse ohjaukset SFS-EN 15193 mukaan (alasetoalikoista)			
Päivänvalo hyväksi käytävä kyllä [K] tai ei [E]		E	E
Läsnäolo-ohjaus kyllä [K] tai ei [E]		E	K
LENI-luvussa turvavalaistuksen 6 kWh/m2 mukana		K	K
Ohjauksen käyttökerroin yhteensä		1,0	1,0
Energiankulutus / vuosi	MWh/v	475,65	113,97
Sähköenergian hinta	eur/kWh	0,12	0,12
Energiakustannus / vuosi	eur/y	57 078	13 676
Laskentakerto 1		8,79	8,79
<b>Energiakustannusten nykyarvo</b>	<b>eur</b>	<b>501 494</b>	<b>120 159</b>

**LIITE 7(2).**  
**Elinkaarilaskuri**

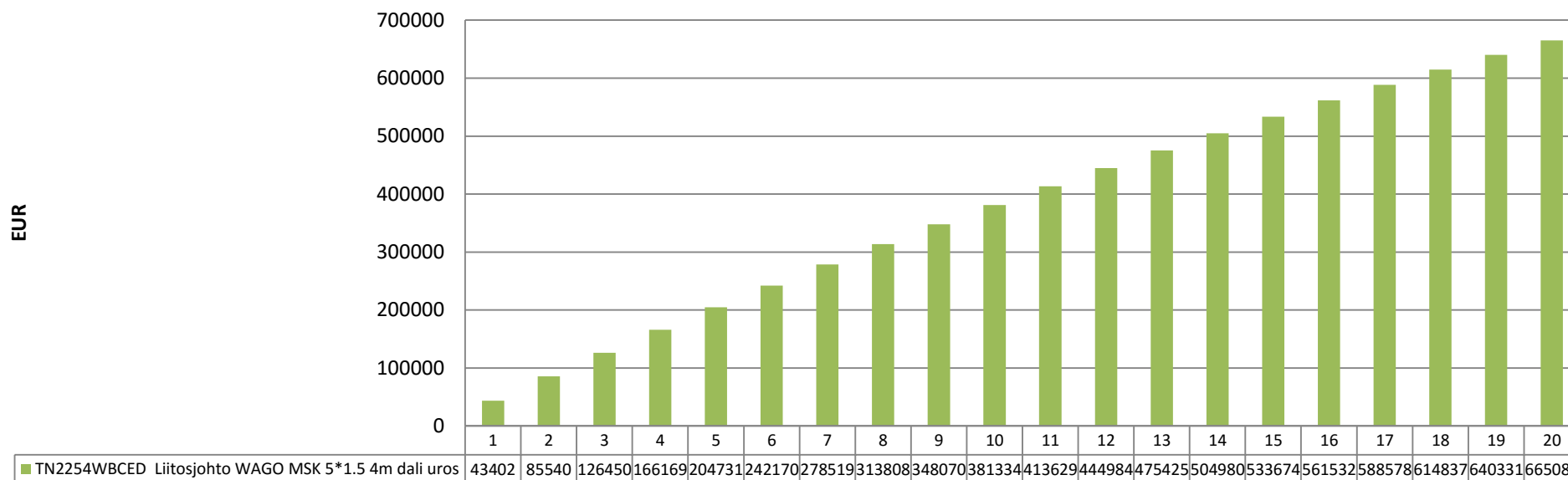
<b>Valonlähdekustannukset (ei vaihtokustannusta)</b>			
Valonlähteen elinikä	h	50 000	50 000
Vaihtoväli	vuosia	11	11
Vaihtokustannus (valonlähteen hinta) / kpl	eur	33,80	63,90
Laskentakerroin 2		0,00	0,00
<b>Valonlähdekustannusten nykyarvo</b>	<b>eur</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Huoltokustannukset</b>			
Huoltokustannus (valonlähteen vaihto ja/tai valaisimen puhdistus)	eur/kpl	20	20
Käyttöaika ennen huoltoa	h	15 000	20 000
Huoltoväli	vuosia	3	6
Laskentakerroin 3		2,47	0,84
<b>Huoltokustannusten nykyarvo</b>	<b>eur</b>	<b>37 318</b>	<b>7 873</b>
<b>KÄYTTÖKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>		<b>538 812</b>	<b>128 032</b>
<b>KOKONAISKUSTANNUS (NYKYARVO)</b>	<b>eur</b>	<b>574 040</b>	<b>303 939</b>
<b>Kokonaiskustannukset - yhteenveto</b>			
		Nykyiset valaisimet huolletaan ja vaihdetaan lamput	TN2254WBCED Liitosjohto WAGO MSK 5*1.5 4m dali uros
<b>Käyttökustannukset</b>		<b>538 812</b>	<b>128 032</b>
<i>Energiakustannusten nykyarvo</i>	eur	501 494	120 159
<i>Valonlähdekustannusten nykyarvo</i>	eur	0	0
<i>Huoltokustannusten nykyarvo</i>	eur	37 318	7 873
<b>Käyttökustannukset (ero vaihtoehto 1:een)</b>	eur	<b>410 780</b>	
<b>Investointikustannukset</b>	eur	<b>35 228</b>	<b>175 907</b>
<b>Ero (Nykyinen/perus J. Vaihtoehto 1)</b>	eur		<b>-140 679</b>
<b>Viitteellinen valaistuksen osuus E- luvusta</b>			
E- luku / valaistus		243,8	58,4
E- luvun maksimiarvo (D3)		240	240
Valaistuksen %- osuus E- luvun maksimiarvosta		102 %	24 %
<b>LENI (Lighting Energy Numeric Indicator)</b>			
LENI- luku		143,44	34,37
<b>CO2- päästöt</b>			
Päästökerroin (Motiva), 210 kgCO2/MWh			
CO2- päästöt vuodessa (kg)	vuosi	99 887	23 933
CO2- päästöt tarkasteluajanjaksolla (kg)	10	998 865	239 331
CO2- päästöero tarkasteluajanjaksolla (kg)			-759 534
CO2- päästöero tarkasteluajanjaksolla %			-76,0 %
<b>Energian kulutus</b>			
MWh / vuosi	vuosi	475,7	114,0
MWh / tarkastelujakso	10	4 757	1 140
Ero tarkastelujaksolla (MWh)			-3 617
Ero tarkastelujaksolla (%)			-76,0 %
<b>Energiakustannus</b>			
EUR / vuosi	vuosi	57 078	13 676
EUR / tarkastelujakso	10	570 780	136 760
Ero tarkastelujaksolla (EUR)			-434 020
Ero tarkastelujaksolla (%)			-76,0 %
<b>Takaisinmaksuaika</b>			
Vuotuinen käyttökustannus	53881,7	12803,20	
Vuotuinen käyttökustannus ero		-41077,97	
Investoinnin takaisinmaksuaika (vuosia)		3,4	
Laskurissa voit myös simuloida nykyarvomenetelmän mukaisen takaisinmaksuajan valitsemalla sarakkeen C riviltä 10 laskenta-ajan sellaiseksi että Nykyisen ratkaisun ja vaihtoehto 1:n kokonaiskustannusten nykyarvo kohtaa toisensa			



### Energiakustannus - EUR kumulatiivisesti Nykyinen vs. LED

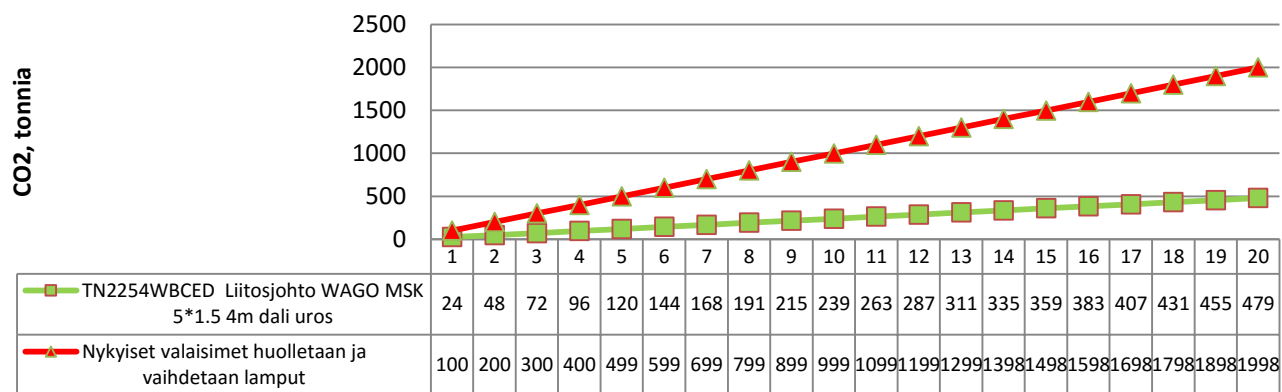


### Energiansäästö - EUR kumulatiivisesti Nykyinen vs. LED





### CO2- päästöt - tonnia kumulatiivisesti Nykyinen vs. LED



### CO2 päästöt - päästövähennys kumulatiivisesti LED- vaihtoehto

