

Jouni Saarinen

TEOLLISUUSHALLIN VALAISTUKSEN AJANMUKAISTAMINEN

Olemassa olevan valaistuksen ja vaihtoehtoisten ratkaisujen tutkiminen

Opinnäytetyö

CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotantotalouden koulutusohjelma

Toukokuu 2022

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2022	Tekijä/tekijät Jouni Saarinen
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi TEOLLISUUSHALLIN VALAISTUKSEN AJANMUKAISTAMINEN. Olemassa olevan valaistuksen ja vaihtoehtotoisten ratkaisujen tutkiminen		
Työn ohjaaja Ilkka Rasehorn	Sivumäärä 56	
Työelämäohjaaja Jyrki Koivisto		
<p>Opinnäytetyön tehtävänä oli valaistuksen saneerauksen selvitys Fortaco Oy:lle jota varten perehdyin valaistusteknologiaan, opettelin valaistusohjelmiston käytön ja perehdyin älykkääseen valaistuksen ohjaukseen..</p> <p>Soveltavana toimenä oli kartoittaa esimerkki yritys Fortaco Oy Kalajoen konepajan valaistuksen nykytilanne ja valaistuksen elinkaarikustannukset ja korvaavan valaistusratkaisun investoinnin takaisinmaksuaika.</p> <p>Aloitin valaistus standardeihin tutustumisella sekä esimerkkikohteen valaistus vaatimuksiin perehtymisellä.</p> <p>Suoritin vallitsevan tilanteen lähtökartoituksen mittaamalla valaistusvoimakkuuksia eri puolella tuotantotiloja. Arvioin mahdollisuuksia soveltaa mukautuvaa valaistuksen ohjausta Fortacon tiloissa.</p> <p>Analysoin mittaustulosten arvoja suhteessa valaistus standardien suosituksiin.</p> <p>Laadin suunnitelmaa korvaavaksi valaistukseksi LED teknologiaa käyttäen niin että vähintään vallitseva valaistuksen taso säilyisi. Suunnitelman laadinnassa käytin Dialux ohjelmistoa.</p> <p>Tein korvaavan valaistusratkaisun kustannus arvion ja investoinnin takaisinmaksulaskelmat</p>		

Valaistus, valaistustekniikka, LED, suunnittelu

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2022	Author Jouni Saarinen
Degree programme Industrial Management		
Name of thesis MODERNIZING THE LIGHTNING IN THE INDUSTRIAL HALL		
Instructor Ilkka Rasehorn	Pages 56	
Supervisor Jyrki Koivisto		
<p>The thesis was commissioned by Fortaco Oy. The aim of the thesis work was to familiarize with the new lighting technology, design software and smart lighting control.</p> <p>As applicable action to map target company current situation and life cycle costs in Fortaco Oy site of Kalajoki engineering works</p> <p>Started by familiarizing with the standards and special requirements of target premises.</p> <p>Performed initial mapping in premises by illuminance measurements in different places in premises. Evaluated the possibilities to use adaptable lightning control at the same time.</p> <p>The values of the measurement results for the recommendations of the lightning standards were analyzed.</p> <p>Alternative lighting plan made by using LED technology so that the current level of lighting would be maintained. The free Dialux software was utilized when planning the new replacement of the lightning.</p> <p>Made cost estimate of the lightning solution and repayment calculations of the investment.</p>		

LYHENTEITÄ

cd	Kandela. Valovoima kuvaa valon voimaa tiettyyn suuntaan.
K	Väriämpötila kuvaa valon värisävyjä. Yksikkö kelvin (K)
lm	Lumen, SI-järjestelmän mukainen valovirran suure. Valovirta on valolähteen näkyvän valon säteilyteho painotettuna ihmissilmän spektriherkkyydellä.
lx	Luksi. valaistusvoimakkuuden suure lm/m. Valaistusvoimakkuus on pinnalle kohdistuva valovirta pinta-alayksikköä kohden.
W	Watti, yhden watin teho syntyy, jos jännitekuorman yli on yksi voltti ja virta kuorman läpi on yksi ampeeri.
E _{min} /E _m	Valaistusvoimakkuuden E minimin suhde keskimääräiseen valaistusvoimakkuuteen. Mitä lähempänä ykköstä luku on, sitä tasaisempi valo.

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	3
2 KESKEISIÄ KÄSITTEITÄ.....	4
3 VALAISINTYYPIT	6
3.1 Loisteputki	6
3.2 Monimetallilamppu	7
3.3 Suurpainenatriumlamppu	8
3.4 LED-lamput	10
3.5 Valaisintyypit yhteenvetotaulukko	10
4 VALAISTUKSEN OHJAUS.....	11
4.1 Suora painikeohjaus.....	11
4.2 Läsäolo-ohjaus.....	11
4.3 Vakiovalonsäätö	11
5 VALAISTUKSEN ENERGIAATEHOKKUUS.....	12
5.1 LENI-luku.....	12
5.2 Valaistusratkaisujen energiatehokkuuden vertailu	12
6 KONEPAJAN VALAISTUS.....	13
6.1 Kuvaukset tiloista.....	15
6.2 Tuotantotilojen mitat ja kulutukset	23
7 DIALUX OHJELMA.....	24
8 VALAISTUSSUUNNITELMIEN JA KUSTANNUSLASKELMIEN LÄHTÖTIEDOT.....	29
8.1 Maalaamo.....	30
8.2 Kuivaamo	34
8.3 Pakkaamo	38
8.4 Varusteluhalli 1	42
8.5 Varusteluhalli 2	47
9 YHTEENVETO	51
9.1 Valon suureet tiloittain.....	51
9.2 Sähkön säästö tiloittain	52
11. LÄHTEET.....	55

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tutustua valaistuksen suunnitteluun ja toteuttaa projektin suunnittelu konepaja ympäristössä. Tehtävän toimeksiantaja oli Fortaco Oy Kalajoen Rahjassa.

Työ alkoi tutustumisella yrityksen valaistuksen nykytilanteeseen. Suoritin aluksi yrityksen tiloissa valaistus mittauksia referenssiksi. Latasin tietokoneelleni Dialux valaisu suunnittelu ohjelman, jota opettelini käyttämään mitoittaakseni valaistus suunnitelman.

Tilojen valaistusvaatimusten ja standardien mukaisesti pyrin laatimaan valaistus suunnitelman, joka täyttää spesifikaatiot sekä säilyttää laadullisesti vähintään nykyisen valaistustason.

2 KESKEISIÄ KÄSITTEITÄ

Valovirta

Valovirran Φ - yksikkö on lumen. Luumen kuvaa valolähteen tuottamaa säteilytehoa.

Lampuissa puhutaan usein wattimääristä mutta ne eivät kerro lampun tuottaman valon määrästä, vaan ainoastaan sähkönkulutuksesta. Jotta esimerkiksi energiansäästölampun tuottama valon määrä vastaisi 60 watin hehkulamppua, tulisi ledilampun ja energiansäästölampun valovirran (lm) olla 800 lumenia.

(Valon määrä - Lumen Arvo)

Valovoima

Valovoiman yksikkö, kandela mittaa valonlähteen valovoimaa eli valon intensiteettiä. Valovoima kertoo, kuinka paljon valoa lamppu säteilee. Yksi kandela vastaa suunnilleen tavallisen kynttilän valon kirkkautta. Candela tarkoittaaakin kynttilää latinaksi. Valovoiman lisäksi valmistajat ilmoittavat kohdelamppujen säteilykulman. Se on tarpeen jotta voi verrata kohdelamppujen tuottamaa valon määrää.

Silmän herkkyys valosäteilylle riippuu valon aallonpituudesta. Ihminen ei havaitse fyysisesti yhtä voimakkaita, mutta erivärisiä valonlähteitä yhtä voimakkaina. Herkkyys myös vaihtelee yksilöllisesti. Sen vuoksi kandela on määritelty eri aallonpituuksille siten, että se vastaa keskimääräistä näköaistimuksen voimakkuutta. (Valovoima - Kandela)

Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus kuvaa valolähteen voimakkuutta valaistavalla pinnalla. Valaistusvoimakkuuden yksikkönä käytetään luksia. Valaistusvoimakkuus riippuu muun muassa lampun valovirrasta, valaisimen optisista ominaisuuksista ja etäisyydestä valaistavasta pinnasta. (Valaistusvoimakkuus - Luksi.)

Luminanssi

Luminanssi kuvaa pinnalta lähtevää valon voimakkuutta. Toisin sanoen pinnan kirkkautta. Luminanssi kertoo valovoiman tarkastelusuunnassa pinta-alaa kohti. Pinta, joka heijastaa hyvin valoa, näyttää kirkkaammalta kuin pinta, josta valoa ei heijastu. Luminanssi on pinnasta tiettyyn suuntaan heijastuvan valovoiman suhde pinnan tästä suunnasta näkyvän projektion pinta-alaan. Se ilmaisee kohdekappaleen pinnan valotiheyden eli pintakirkkauden. Luminanssi on ainoa nähtävissä oleva suure. Se syntyy pinnan valaistusvoimakkuuden ja heijastumissuhteen yhteisvaikutuksena. Pinnan heijastumissuhteeseen vaikuttavat pinnan väri ja materiaali. (Pinnan kirkkaus - Luminanssi arvo)

Valotehokkuus

Valolähteiden tuottaman valon määrää suhteessa käytettyyn sähkötehoon kuvataan valotehokkuudella (lm/W). Se voidaan laskea pelkästään lampun tuottaman valovirran ja lampun sähkötehon suhteella. Valolähteiden vertailuissa yleensä käyttökelpoisempi on järjestelmän valotehokkuus, jossa otetaan huomioon lampun sähkötehon lisäksi myös liitäntälaitteen teho.

Huoltokerroin

Huoltokerroin on termi, jota käytetään valaisimen valotehon heikkenemisen arviointiin. Kaikkien valaisimien valoteho heikkenee jonkin verran ajan kuluessa ja lisäksi valaisimen koko elinkaaren mittaiseen valotehon alenemiseen vaikuttaa myös valaistavan ympäristön olosuhteet. Koska valaisimen suorituskyky lampun ikääntyessä huononee, laskennassa se on otettu huomioon ylimitoittamalla. Yleisesti käytetty huoltokerroin on 0,8. (Valotehon aleneminen)

3 VALAISINTYYPIT, JOITA KÄYTÖSSÄ VALAISTUSPROJEKTIN KOHTEESSA

3.1 Loisteputki

Loisteputki on matalapaineinen purkauslamppu. Loistevalaisin koostuu loistelampusta, sytyttimestä ja kuristimesta. Loisteputkessa on elohopeaa joka kaasuuntuu sähkönpurkauksen vaikutuksesta. Loisteputki toimii tasa- ja vaihtovirralla. Yleensä 50 tai 60 hertsin taajuudella. Loistelamppu on täytetty kaasulla, esimerkiksi argonilla tai kryptonilla. Kaasua tarvitaan helpottamaan syttymistä. Putken päissä olevat kuumennus vastukset erittävät elektroneja. Tämä mahdollistaa sytytyspurkauksen tapahtumisen pienemmällä jännitteellä. Loistelamppujen perinteisten magneettisten kuristinten aiheuttama näkymätön 100 Hz välkyntä saattaa häiritä keskittymistä vaativassa työssä sekä aiheuttaa päänsärkyä tai silmien rasittumista. Loisteputkia on tyypillisesti käytetty sisätilojen yleisvalaistukseen. Loisteputket ovat käyttöikältään noin 20-kertaiset hehkulamppuun verrattuna. Valon laatu ominaisuudet ovat hyvät.

Loisteputken edut:

- Valotehokkuus

Loisteputken haitat:

- Lämpöominaisuudet, toimii parhaiten lämpimissä olosuhteissa.

3.2 Monimetallilamppu

Monimetallilampun toiminta perustuu sähköpurkaukseen. Lamppu sisältää elohopeakaasua ja erilaisen metallien jodideja. Kun lampun sisällä tapahtuu sähköpurkaus, jodidit hajoavat ja alkavat lähettämään säteilyä eli valoa. Monimetallilampussa on käytettävä erillistä sytytyslaitetta. Lampun lämpeneminen täyteen valovoimaansa kestää useita minuutteja. Monimetallilamppu ei siedä suuria jännitevaihteluja syöttöjännitteessä vaan sammuu helposti jännitteen alenemasta. Uudelleen syttymisen edellytyksenä on lampun jäähtyminen, joka saattaa kestää jopa 10 minuuttia. Herkkyyttä jännitevaihteluihin voidaan pienentää käyttämällä elektronista liitäntälaitetta. Monimetallilamppu toimii myös kylmissä olosuhteissa. (Lamput ja valaisimet (1998) s.56)

Joidenkin monimetallilamppujen valaistustehoa voidaan säätää puolen ja täyden tehon välillä, mutta säätämiseen tarvitaan erikoisliitäntälaitteet joissa on oma himmennyspiiri. Himmennys toisaalta heikentää värinointaindeksiä, jolloin kohteen värinointo heikkenee. (Tiensuu. 2010, 30)

Monimetallilampun valotehokkuus on jodidien ansiosta tehokkaampi kuin pelkällä elohopealla tuotettu säteily. Valotehokkuus on välillä 91-125 lm/W riippuen lampun tehosta. Virranrajoitin kuitenkin puottaa valotehokkuutta, jolloin koko järjestelmän valotehokkuus on käytännössä 73-100 lm/W. (Lamput ja valaisimet (1998) s.56)

Monimetallilampun elinikä on 15 000–20 000 tuntia. Valovirran alenema on suuri ja vaihtelee lampputyypeittäin ja tehoittain. Valaistus suunnittelussa tämä on otettava huomioon. Tämä nostaa monimetallivalaisimilla toteutetun valaistuksen kustannuksia, koska suunniteltavalle alueelle joudutaan lisäämään valaisimia tai nostamaan valaisimien tehoa, jotta alueella olisi riittävä valaistusvoimakkuus lampun polttoajan lopussa. (Tiensuu. 2010, S.56-57)

Monimetallilampun edut:

- Hyvä valotehokkuus
- Valon laatu
- Melko pitkä elinikä joka on 15 000–20 000 tuntia

Monimetallilampun haitat:

- Valotehokkuus huononee himmennettäessä
- Pitkä syttymisaika
- Kuumana lamppu ei syty heti uudestaan vaan lamppu täytyy ensin jäähtyä.

3.3 Suurpainenatriumlamppu

Suurpainenatriumlampun tuottaa punaruskeaa tai kellertävää valoa.

Suurpainenatriumlamppu sisältää natriumhöyryä, jonka paine nousee, kun sen läpi johdetaan suuri virtatiheys jolloin lamppu alkaa säteillä näkyvää valoa.
(Lamput ja valaisimet. 1998)

Syttyäkseen suurpainenatriumlamppu tarvitsee erillisen liitäntälaitteen, joka antaa 2,5 kV jännitepiikin lampulle ja rajoittaa virtaa lampun syttymisen jälkeen. Syttymisen aikana lampun resistanssi ja palamisjännite kasvavat, josta seuraa lampun virran pieneneminen. Lampun lämpeneminen kestää 5-10 minuuttia, jonka jälkeen lamppu saavuttaa täyden valotehokkuutensa. Jännitekatkoksen jälkeen lampun tarvitsee jäähtyä 1-2 minuuttia jotta se voi syttyä uudestaan. (Lamput ja valaisimet. 1998)

Suurpainenatriumlampun toiminta ei ole kovin stabiilia. Se on herkkä palamisjännitteen muutoksille. Palamisjännitteen muutos on riippuvainen putken seinämän lämpötilasta. Palamisjännite nousee, kun putken seinämän lämpötila nousee. Tämän ilmiön voi aiheuttaa valaisimen lämmittävä vaikutus, jolloin palamisjännite nousee eikä käyttöjännite riitä pitämään lamppua toiminnassa, vaan lamppu sammuu ja jäähtyessään taas syttyy uudestaan. (Lamput ja valaisimet. Espoo: Sähköinfo Oy s. 63)

Suurpainenatriumlampun valaistus tasoa voidaan säätää puolen ja täyden tehon välillä. Säätämiseen tarvitaan kuitenkin erikoisliitäntälaitteet. Lampun valaistus tehoa säädetään lampun impedanssia muuttamalla. Säädön tulee tapahtua hitaasti, muuten lamppu sammuu. Ennen valaistus tason säätöä lamput tulee sytyttää täydellä teholla. (Jari Rautiainen. Insinöörityö, 2016. s.19)

Suurpainenatriumin valotehokkuus vaihtelee välillä 85-150 lm/W riippuen lampun tehosta. Virranrajoitin kumminkin pudottaa valo tehokkuutta, jolloin koko järjestelmän valo tehokkuus vaihtelee välillä 70-140 lm/W. (Jari Rautiainen. Insinöörityö, 2016. s.19)

Suurpainenatriumlampun säteilyn spektri on painottunut keltaiselle ja punaiselle alueelle. Lampun antama valosäteily on väriltään keltavalkoista jonka voi kokea hieman epämiellyttävänä työnteon kannalta. Yleinen värinistöindeksi on suurpainenatriumlampulla huono. (Jari Rautiainen. Insinöörityö, 2016. s.19)

Suurpainenatriumlampun polttoikä on 16000 tuntia ja pitkäikäisimmillä mallilla polttoikä on 24000 tuntia. Käytettäessä värikorjattuja lamppuja polttoikä lyhenee 10000 tuntiin. Valovirran alenema suurpainenatriumlampulla on pieni. Valovirta alenee vain 10% lampun polttoian aikana. (Jari Rautiainen. Insinöörityö, 2016. s.19)

Suurpainenatrium lampun edut

- Lampun valotehokkuus on isompi tehoisilla lampuilla hyvä.
- Valovirta ei alene kovin paljon lampun käyttöiän aikana.

Suurpainenatrium lampun haitat

- Kellertävä värisävy ja huono värintoisto voi häiritä.
- Lamppu tarvitsee 5–10 minuuttia lämmitäkseen täyteen tehoon ja jännitekatkoksen jälkeen kestää 1–2 minuuttia lampun uudelleensyttymiseen.

3.4 LED-lamput

Led eli valodiodi koostuu useista puolijohtavista materiaakerroksista. Kun valodiodiin johdetaan tasavirtaa, säteilee valodiodin aktiivinen kerros valoa. Valosäteily johdetaan valodiodista ulos optiikan välityksellä tai suoraan. (Glamox 2016)

Led-valonlähde tarvitsee erillisen liitäntälaitteen syttyäkseen. Liitäntälaitte muuttaa 230V verkkojännitteen ledille sopivaksi tasajännitteeksi. Valotehokkuus hieman alenee syttymisen jälkeen ja valotehokkuuden alentuminen kestää joitakin minuutteja, kunnes valotehokkuus tasaantuu todelliseen maksimiarvoonsa. (Glamox 2016)

Led-valon lähteen säädettävyyden on hyvä. Säädön vasteaika on lyhyt ja valaistustehon säätöalue on 0,1 prosentista aina sataan prosenttiin. Led-valaisimien säätö tehdään jännite- tai virtaohjauksella, riippuen siitä onko valaisimien led-moduulit kytketty rinnan vai sarjaan. (Glamox 2016)

Koska suurin osa ledin käyttämästä energiasta muuttuu lämmöksi, niin led-valonlähteen valotehokkuuteen vaikuttaa suuresti se, kuinka paljon saadaan jäähdytettyä liitoslämpötilaa. Liitoslämpötilaa alentamalla saadaan parannettua energian emittoitumista valoksi. Nykyään ledin valotehokkuus ilman häviöitä on noin 130 lm/W. (Glamox 2016)

Ledin tuottamalla valon säteilyllä ei ole täydellistä värispektriä, vaan jokainen ledi voi olla erilainen väriltään tai värivaikutelmaltaan. (Glamox 2016)

Valkoista valoa tuottavien ledien värivaikutelma on 2700-8000 K. Käytännössä yleisesti käytössä olevien valkoista valoa tuottavien ledien värivaikutelma on lämminsävyinen 3000 K ja kylmäsävyisempi 4000 K. Lämminsävyisellä 3000 K ledillä on parempi värintoistoindeksi kuin kylmäsävyisellä 4000 K ledillä. (Glamox 2016)

Ledin polttoikä on noin 70000 tuntia. Jotkut valonlähdevalmistajat lupaavat 20000 tunnin polttoiän. Ledien polttoikä määritellään eri lailla kuin muiden valonlähteiden, koska ledit rikkoutuvat harvoin kokonaan. Ledin eliniän katsotaan loppuvan, kun tietty valontuotto alitetaan ledillä. Ledin elinikä määreet perustuvat standardiin IEC 62717, jossa on annettu erilaisia määreitä eliniälle, joita valonlähdevalmistajien tulee käyttää, kun ilmoitetaan ledin elinikä.

Ledin polttoikä on pitkä verrattuna muihin ulkovalaistuksessa käytettäviin valonlähteisiin. Ledissä ei ole hehkulankaa eikä liikkuvia osia, jotka voivat särkyä. Ledin polttoikään vaikuttaa hyvin voimakkaasti kaksi tekijää: ympäristön lämpö ja ledin läpi kulkevan virran suuruus. Molemmat tekijät nostavat liitoslämpötilaa, jolloin esimerkiksi valkoista valoa tuottavan sinisen ledin siru ja fluoresoiva kerros rappeutuvat ja ledin valon tuottokyky heikkenee asteittain. Tämä rajoittaa ledien käyttöä tiloissa, joissa ympäristön lämpötila on korkea. Kun ympäristön lämpötilaa nostetaan 10C ilmoitetusta maksimikäyttölämpötilasta, niin ledin elinikä puolittuu.

LED-valaisimen edut:

- Erinomainen valotehokkuus
- Pitkä käyttöikä (70 000 tuntia)
- Hyvä valonlaatu
- Nopea syttyminen täyteen tehoon
- Säädettävyys.

3.5 Valaisintyypit yhteenvetotaulukko

	Polttotunnit x 1000h	Valovirran alenema %	Värintoisto indeksi	Väriämpötila [K]	Tehot	Valotehokkuus	Säädettävyys
Suurpaine natrium	16	90	20	2200 Kellertävä	50-150	80-130	Kyllä, suhteellisen laaja
Monimetalli	10-12	75-70	70-90	2800-4200 Valkoinen	15-150	70-90	Kyllä, rajoitettu
Loisteputki	30	80-90	80-90	2700-6000 Valkoinen	14-80	80-100	Kyllä, suhteellisen laaja
Led	10-60	40-70	40-70	3000-6500 valkoinen-sinertävä	1-80	40-60	Kyllä, suhteellisen laaja

4 VALAISTUKSEN OHJAUS

Valaistuksen ohjaus mahdollistaa toimivan, joustavan ja oikeanlaisen valaistuksen kussakin tilassa ja ympäristössä. Valaistuksen ohjauksen toteutukseen vaikuttavat tekniikan lisäksi mm. turvallisuuteen, visuaalisuuteen ja toiminnallisuuteen liittyvät näkökulmat.

Ohjauksen avulla energiaa säästyy tyypillisesti ainakin puolet verrattuna kiinteään valaistukseen. Säästöt kasvavat sitä enemmän, mitä tarkemmin valaistusta ryhmittelee, sensoroi ja ”kellottaa”. Ledivalaistuksen ohjausmahdollisuudet ovat merkittävästi paremmat ja monipuolisemmat kuin aiemmin käytössä olleilla valaistusratkaisuilla.

Valaistuksen käyttöajan ohjauksella valaistusta ohjataan käyttötarpeen mukaisesti. Valaistusta voidaan ohjata esimerkiksi hämäräkytkimellä, läsnä- tai poissaolo-ohjauksella, kello-ohjauksella, porraskäytävälaitteilla ja/tai avainkorttilukijoilla. Valaistuksen ohjauksella saavutettava energiansäästö riippuu tilan tyypistä, käyttötarkoituksesta sekä ohjausjärjestelmän tyypistä ja asetuksista. Säästöön vaikuttaa suuresti myös tilojen käyttöprofiili, joka vaihtelee paljon.

Määrällisen ohjauksen menetelmiä ovat mm. Manuaalinen himmennys, tilanneohjaus, vakiovalo/päivänvalo-ohjaus, poissaolovalaistus, jossa valaistus himmennetään läsnäolotiedon avulla pienemmälle tasolle, kun tilassa ei oleskella.

Valaistuksen laatua, käyttömukavuutta ja energiatehokkuutta voidaan parantaa merkittävästi älykkäillä valaistuksen ohjausjärjestelmillä, jotka automaattisesti huomioivat muutokset päivänvalossa ja reagoivat liikkeeseen sekä läsnäoloon valaistusalueella.

Langattoman ohjausjärjestelmän etuja ovat joustavuus, ohjausmahdollisuudet, muokkaamisen ja laajentamisen helppous sekä merkittävät säästöt asennuskustannuksissa. Langattomat ohjausjärjestelmät tuovat kustannustehokkaan vaihtoehdon etenkin saneerauskohteiden valaistusjärjestelmien uusimiseen, jossa järjestelmän käyttöönotto on nopea ja sujuva.

Ohjauksella on mahdollista saavuttaa myös valovirran aleneman kompensoitumisesta saavutettava 10–25 prosentin säästö. Valonlähteen valovirran alenemasta johtuva ylimitoitus on kompensoitavissa vakiovalo-ohjauksella tai älykkäällä vakiovalotoiminnolla varustetulla virtalähteellä

(Valaistustieto – Verkkosivut)

5 VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS

5.1 LENI-luku

LENI- luku (Lightning Energy Numeric Indicator) kuvaa rakennuksen vuotuista valaistusenergiaa, joka ilmoitetaan muodossa kilowattituntia neliometriä kohden vuodessa (kWh/m²/vuosi) LENI luku lasketaan kaavalla

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

LENI on rakennuksen sisävalaistuksen kokonaisenergiankulutusta kuvaava indeksi (kWh/m²/vuosi). W_{kok} on valaistukseen käytetty vuotuinen kokonaisenergia (kWh/vuosi). A on valaistu huoneistoala (m²)

Kaava ottaa huomioon kokonaistehon lisäksi myös todellisen käyttöajan. LENI-indeksiä voidaan käyttää valistusenergian kulutuksen vertailuun, jos verrattavien rakennusten käyttötarkoitus on sama, mutta ne ovat erikokoisia.

5.1.1 Valaistusvoimakkuus (lx)

Standardin **SFS-EN 12464-1** **Kumottu** antamiin vähimmäisvaatimuksiin pääseminen on tärkeää, koska se vaikuttaa positiivisesti näkömukavuuteen ja työskentelyyn. Toisaalta taas valaistusvoimakkuus arvojen liiallinen ylitys ei ole kannattavaa, koska se vaikuttaa suoraan valaistuksen energiankulutukseen ja häikäisyyn.

5.1.2 Tasaisuus U₀ (E_{min}/E)

Valaistuksen tasaisuusvaatimusarvon ylityksellä ei ole merkittävää vaikutusta valaistuksen energiatehokkuuteen. Valaistuksen tasaisuuden ja energiatehokkuuden välillä on kuitenkin yhteys, sillä jos valaistusratkaisu on toteutettu valaisimilla, joissa on pistemäisempi valonjakokäyrä, se yleensä tarkoittaa sitä, että valaisimia joudutaan asentamaan enemmän, jotta saadaan vaadittu tasaisuus. Riittävä tasaisuus saavutetaan helpommin valaisimilla, joissa valonjakokäyrä on paljon laajempi ja valaisimet tuottavat epäsuoraa valaistusta.

5.1.3 W/m²/100lx

Tilan valaistusratkaisun energiatehokkuuden mittari on W/m²/100lx. Mittari kuvaa sitä kuinka paljon sähköteho tarvitaan yhden neliömetrin valaisuun sataa luxia kohden. W/m²/100lx-mittarin indeksiarvo heikkenee, jos kohteen tavoitearvo ylitetään merkittävästi.

Valaistuksen energiatehokkuus. Ensto verkkosivut

6 KONEPAJAN VALAISTUS, LÄHTÖTILANNE



KUVA 1. Fortaco, Kalajoen Konepaja

Standardit määrittävät valaistuksen vähimmäisvaatimukset teollisuuden eri työvaiheille. Suorittaessani Fortaco konepajalla valon määritys mittauksia luksimittarilla, havaitsin että valon määrä eri mittauspisteissä vaihteli suuresti. Tähän vaikutti mm. hallissa olevat laitteet, kalusteet ja tuotteet. Myös sillä, missä paikassa katon tasossa liikkuvat hallinosturit sattuiivat olemaan, oli mittaustulosten kannalta varsin suuri merkitys.

Valaistus konehalleissa oli pääosin 400W. suurpainenatrium lamppuja katossa. Sivuvaloissa 350W monimetallilamppuja. Luxeina standardin vähimmäisvaatimukset ylittyivät selvästi. Suurpainenatrium lampun kellertävän sävy koetaan kuitenkin usein epämieluisaksi työskentelyn kannalta. Vaikutelma valaistuksen laadusta ei ehkä täysin vastannut mitattuja luksimääriä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää mitä saavutettaisiin, jos olemassa oleva valaistus kokoonpano korvattaisiin LED-teknologialla mahdollisesti osassa tiloissa läsnäolo-ohjauksella toteutettuun ratkaisuun. Läsnaolo-ohjaus ei ole sovelias tuotantohalleihin, jossa liikkuu koko ajan työntekijöitä. Maalaus linjastolla ja ehkä pakkaamossa, jossa ei ole yhtäjaksoista toimintaa voisi läsnäolo-ohjaus olla kannattavakin investointi. Maalaus linjasto kuluttaa laskennallisesti noin 23% ja pakkaamo n 4% koko tuotantolaitoksen valaistukseen kulutetusta sähköstä. Jos koko konepajan valaistukseen kuluva sähkölasku on vuodessa 20 000 € ja älykkäällä ohjauksella saavutettaisiin maalauslinja/pakkaus tiloissa 25% säästö niin puhuttaisiin, että vuositasolla, säästö älykkästä ohjauksesta olisi luokkaa 1350€. Jos saneerauksen jälkeen tultaisiin toimeen puolta pienemmällä wattimäärällä niin etu puolittuisi.

Aloitin projektin tutustumalla Fortacon tuotantotiloihin. Mittalaitteistona oli Ylivieskan Centrian luksimittari valaistuksen mittaamiseen sekä laser etäisyysmittari paikoittamiseen. Luksimittari oli perusmallia, joten väriämpötilat jäivät todentamatta.

Mittaukset suoritettiin lamppujen alapuolelta ja kahden lampun puolestavälillä sekä neljän lampun leikkauksipisteistä. Ykköshallissa hallin keskiosassa vaihtelivat välillä 470 lux – 740 lux ollen keskimäärin n. 600 luxia. Kakkoshallissa mittasin vaihteluväliksi 480 lux – 1035 lux ollen keskimäärin n. 730 luxia. Maalaamossa, jossa vaaditaan suurinta valaisuutta, mittasin vaihteluväliksi 485 – 875 luxia ollen keskimäärin n. 730 luxia.

Standardin mukaan kirkkain valaistus vaaditaan maalaus toiminnassa. 750 luxia. Maalaamossa tämä ylittyi noin 52% suoritetuissa mittauspisteissä. Hitsauksessa ja levytyössä standardin vaatimus on 300 luxia. Tämä ylittyi kaikissa suoritetuissa mittauspisteissä. Maalaamossa standardi jäi keskimäärin 97 prosenttiin vaaditusta. Pelkkien lukemien perusteella maalaamon valaistusta olisi siis tehostettava, jotta standardin vaatimukset täytettäisiin.



KUVA 2. Alkukartoituksen mittalaitteet. Centria Ylivieskan perusmallinen luksimittari. Malli ei mittannut värilämpötiloja. Käytin myös Fluke laser-etäisyysmittaria etäisyyksien määrittelyyn.

7 KUVAUKSET TILOISTA

7.1 Varusteluhalli 1. Tehtaan alkuperäinen tila. Suurempi varusteluhalleista



KUVA 3. Varusteluhallin pohjoispääty.

Suurpainenatrium valaisimia sijoitettu kattotasoon. Viistoon suunnatut monimetallivalaisimet antavat sivuvaloa. Ykköshalli muodostuu neljästä 18m x 39 m osiosta. Väliseinät ovat tilanjakajia. Väliseinien päihin oli sijoitettu alaviistoon suunnatut valaisimet. Hallissa on molemmilla sivuilla tuotteiden kuljetus käytävät. Hallin keskiosa on leveydeltään 24 metriä, johon yhteen osastoon on sijoitettu yhdeksän valaisinta kattotasoon ja neljä valaisinta alaviistoon suunnattua.

Valot palavat vuorokaudessa molemmissa kokoonpanohalleissa hieman yli 16 tuntia eli kahden työvuoron verran.

Varusteluhalli 1:n nykyinen valaisinmäärä.

Varusteluhalli 1:n keskiosaan on sijoitettu kattotasoon $9 \times 4 = 36$ suurpaine natrium valaisinta jotka ovat teholtaan 400 W.

Hallin keskiosassa on myös suunnatut monimetallivalaisimet jotka ovat teholtaan 350 Wattia. Neljä kappaletta neljässä päädyssä, yhteensä 16 kpl.

Hallin sivulla, jossa on tuotteiden kuljetus käytävät, on sijoitettu yhdeksän kappaletta molemmilla puolilla, yhteensä 18 kappaletta suurpaine natrium valaisinta, teholtaan 400 Wattia.

Varusteluhalli 1 valaistuksen yhteisteho on $36 \times 400W + 16 \times 350W + 18 \times 400W = 27200W$

Hallin pinta-ala = $72m \times 39m = 2808 m^2$

Hallin tilavuus $72m \times 39m \times 10,5 m = 29 484 m^3$

Ykköshallin tilanjakaja. Oikealla ylhäällä näkyy hallinosturi. Valaistukseen vaikuttaa myös hallinostureiden asema. Eli tilanteesta riippuen se vaihtelee jonkin verran.



KUVA 4. Ykköshallin tilanjakaja.



KUVA 5. Valaisinkiskot katossa hallin pitkittäissuunnassa.



KUVA 6. Tuotteiden kuljetuskäytävä.

Varusteluhalli 2, Laajennus

Hallin pitkittäissuunnassa on valaisimia kaksitoista kappaletta, poikittäissuunnassa kolme kappaletta. Yhteensä 36 kpl. Nämä ovat suurpaine natrium valaisimia. Teholtaan 400W.

Seinällä on kuusi kappaletta 350 Watin monimetallivalaisimia. Niiden yhteisteho on 16500 Wattia

Hallin pinta-ala $78,8\text{m} \times 20,7\text{m} = 1631 \text{ m}^2$

Hallin tilavuus $78,8\text{m} \times 20,7\text{m} \times 10,5\text{m} = 17127 \text{ m}^3$

Molemmissa halleissa työskennellään kahdessa vuorossa. Vuorokautinen valaistus aika noin kuusitoista tuntia.

Kakkoshalli on yhtenäistä tilaa ilman tilanjakajia kuten hallissa yksi on. Tilaan nähden molemmissa halleissa valaistuksessa suurin piirtein saman verran tehonkulutusta mutta mittaustulosten perusteella keskimääräinen ero kakkoshallissa parempi. Hallissa yksi 730 luxia ja Hallissa kaksi 600 luxia

Käytetty valoteho ykköshallin ja kakkoshallin suhteen lähes sama mutta valoisuutta on kakkoshallissa aistittavissa selkeästi enemmän. Asiaan saattaa vaikuttaa, että enempi yhtenäistä tilaa ja vaaleampi ja heijastavampi yleisilme.



KUVA 7. Varusteluhalli 2. Laajennus. Valaisimien asennuskiskot ovat katossa hallin pitkittäissuunnassa.



KUVA 8. Hallin 2 yleisilme.

Maalaamo

Maalaamon mitat ovat 20m x 6m. Sen korkeus on 5m. Katto on hieman viisto. Kattoon on sijoitettu 16 kappaletta 250 Watin monimetallivalaisinta. Sivuilla on 2x58 watin loistevalaisinta. Näitä on 36 kappaletta

Kokonais- wattimäärä on $4000 + 4176 = 8176$ Wattia

Hallin pinta-ala on $20,0\text{m} \times 6,0\text{m} = 120 \text{ m}^2$

Hallin tilavuus on $20\text{m} \times 6\text{m} \times 5\text{m} = 600 \text{ m}^3$

Valot palavat yhden vuoron työaikana kahdeksan tuntia.

Mitatut luksimäärät suhteessa käytettyyn valotehoon aika vaatimattomat, jos verrataan kokoonpanohalleihin. Seinustalla olevat loistelamput on pakko suojata muovilla, joka sumuna leviävästä maalista kerrostuu ja valoteho edelleen heikkenee.



KUVA 9. Maalaamo. Loistevalaisimien valaistusteho vaikuttaa aika vaatimattomalta.

Kuivaamo

Kuivaamo on samassa ”putkessa” kuin maalaamo. Sijoittuu maalaamon jälkeen.

Linja etenee siis järjestyksessä: Maalaamo 1, Kuivaamo 1, Maalaamo 2, kuivaamo 2, Jäähdyttämö.

Nämä kaikki ovat kooltaan identtisiä ja niiden välissä on nostettava pressuseinä.

Loossien koko on 20m x 6m. Korkeus on 5m. Katto on viisto. Katossa 8 kpl 250W suurpainenatrium valaisinta joiden kokonais- wattimäärä 2000 W.

Valot palavat yhden vuoron työaikana kahdeksan tuntia vuorokaudessa.

Hallin pinta-ala $20,0\text{m} \times 6,0\text{m} = 120 \text{ m}^2$

Hallin tilavuus $20\text{m} \times 6\text{m} \times 5\text{m} = 600 \text{ m}^3$



KUVA 10. Kuivaamo Lamppujen sijoittelu.

Pakkaamo

Tuotantolinjan päätepiste on pakkaamo. Se on kooltaan 20m x 27m. Korkeus 9,5m. Katossa kolme-
toista kappaletta 400 Watin suurpainenatrium valaisinta joiden kokonais-
wattimäärä 5200 Wattia.
Valot palavat yhden vuoron työaikana kahdeksan tuntia vuorokaudessa.

Hallin pinta-ala on $20,0\text{m} \times 27,0\text{ m} = 540\text{ m}^2$

Hallin tilavuus on $20\text{m} \times 27\text{m} \times 9,5\text{m} = 5130\text{ m}^3$

7. TUOTANTOTILOJEN MITAT JA KULUTUKSET

Tuotantohalleissa kaksi työvuoroa. Maalauslinjastolla ja pakkaamossa yksi. Käytin oletuksena, että työpäiviä olisi vuodessa 258 (21,5 p/kk x 12 kk). Yrityksen maksama keskihinta sähköstä oletuksena 8,5 senttiä/kWh.

TAULUKKO 1. Yhteenveto hallien koosta, valotehosta, käyttö-ajasta, kulutuksesta ja kuluista.

	Pit	Lev	Kork	m2	m3	Valoteho	Päällä/vrk	kWh/vrk	kWh/vuosi	8,5 cent/kWh
Halli 1	72,0	39,0	10,5	2808	29484	27200	16	435	112282	9544
Halli 2, laajennus	78,8	20,7	10,5	1631	17127	16500	16	264	68112	5790
Puhaltamo	20,1	6,0	5,0	121	603	4000	8	32	8256	702
Maalaamo	20,1	6,0	5,0	121	603	8176	8	65	16875	1434
Maalaamo 2	20,1	6,0	5,0	121	603	8176	8	65	16875	1434
Kuivaamo	20,1	6,0	5,0	121	603	2000	8	16	4128	351
Kuivaamo 2	20,1	6,0	5,0	121	603	2000	8	16	4128	351
Jäähdytys	20,1	6,0	5,0	121	603	3000	8	24	6192	526
Pakkaamo	20,0	27,0	9,5	540	5130	5200	8	42	10733	912
				5703	55359	76252		960	247581	21044
Hallit						43700	16	699		72,9 %
Maalauslinjat						27352	8	219		22,8 %
Pakkaamo						5200	8	42		4,3 %

7 DIALUX OHJELMA

Tein laskelmia korvaavaksi valaistukseksi Dialux ohjelmalla. Ohjelmistolla voidaan luoda numeeristen tulosten lisäksi havainnollistaa näkymiä. Ohjelma on ilmainen ja sen voi ladata internetistä.

Ohjelma on monipuolinen mutta sen käyttö on perusmuodossaan melko yksinkertaista. Lyhyt kuvaus kuinka käytin sitä.

Aloitus. Valitaan avautuvasta näkymästä joko uusi ”sisäprojekti” tai ”dialux avustajat”.

Esimerkkitapauksessa uusi sisäprojekti, jota käytin simuloinneissani.

Annetaan tilan mitat.

Projektipäällikkö

Tilaeditori

Ympäröivän kuution mitat

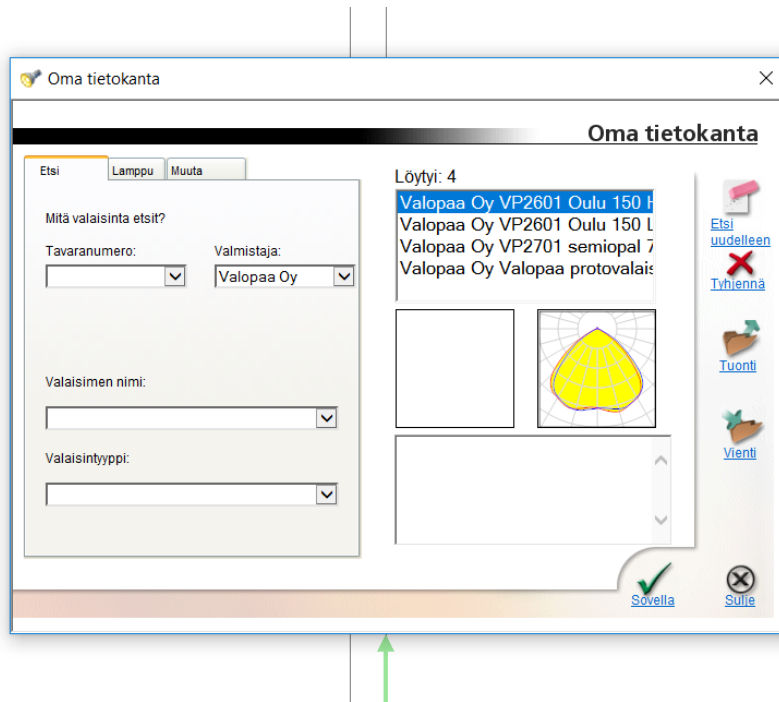
Pituus: m Leveys: m

Korkeus: m Pinnan koordinaatit
 Maailmankoordinaati

	x	y	l
1	0.000	0.000	18.000
2	18.000	0.000	39.000
3	18.000	39.000	18.000
4	0.000	39.000	39.000

Valitaan halutut valaisimet Dialux, Online tai valaisintiedoista. Tässä tapauksessa en hakenut ehdolla olevia valaisimia listasta vaan ne löytyivät laskelmissa käyttämäni valmistajan www-sivuilta. (Huomi-
 oitavaa: Käytin ensin eri valmistajan valaisimia jotka vaihdoin opinnäytetyön aikana Philips yhtiön tuotteisiin.)

Esimerkiksi <https://lumous.fi/led-valaisimet/optiikka-ja-valonjako/> Kopiointi omalle kovalevyllä tai pilvipalvelimelle. Haku ”oma tietokanta” ja haku tallennetusta paikasta.



Valitse haluttu valaisin ja ”sovela”.

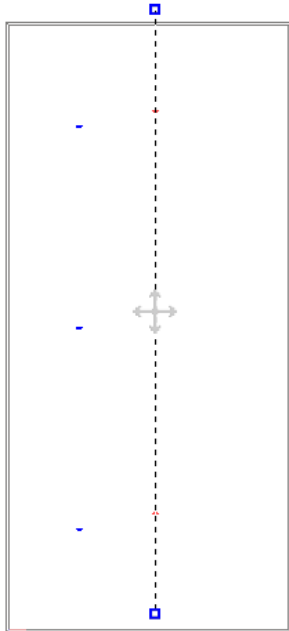
Sijoitettaessa valaisimia tiloihin. Sijoita – valaisinjärjestys – linjoiksi järjestely (esimerkiksi).

Yleistä valikosta voidaan asemoida valaisimien linjat. Lukumäärä, montako valaisinta valittuun linjaan tulee.

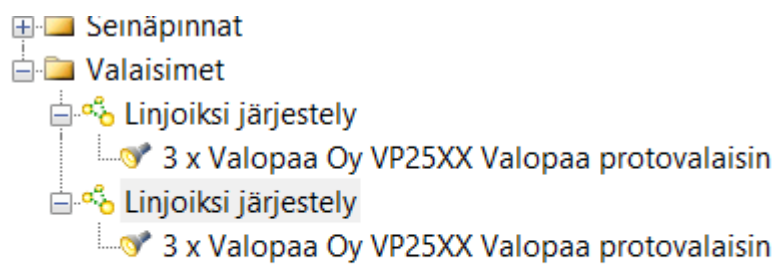
Valaisin	Yleistä	Asennuskorkeus	Pyörähdyks
Lukumäärä:	<input type="text" value="3"/>		
Lähtöpiste X:	<input type="text" value="4.500"/> m	Y:	<input type="text" value="0.000"/> m
Loppupiste X:	<input type="text" value="4.500"/> m	Y:	<input type="text" value="39.000"/> m
Etäisyys:	<input type="text" value="13.000"/> m		
Arviolaskelma			
Em valaisimet:			63 lx
Em yhteensä:			63 lx

Asennuskorkeudesta määritellään mille korkeudelle valaisin tulee. Pyörähdykset mihin kulmaan valaisin tulee, jos se asennetaan esim. seinustalle.

Valaisin linjoja kopioidessa hiiren oikean näppäimen takaa. Kopioi – sijoita.

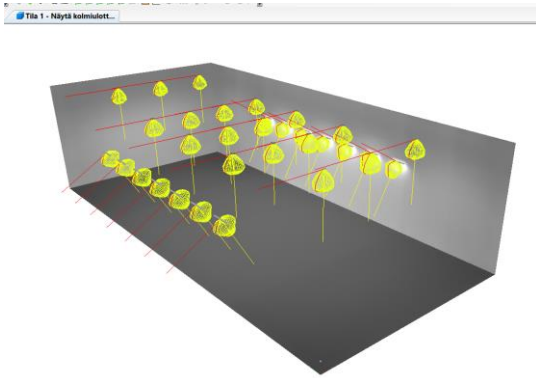


Valitaan näkymässä linjoiksi järjestely, jota voi sitten numeerisesti asemoida haluttuun paikkaan



Valaisimien sijoitusta ja asennuskulmaa voi seurata kolmiulotteisesta kuvasta.

Valitse alas veto valikosta: Näytä – kolmiulotteinen vakionäkymä, jolloin saadaan näkyville kolmiulotteinen huone. Valitaan valaisimien apusäteet ja halutessa valon jakautumisen kolmiulotteinen esitys

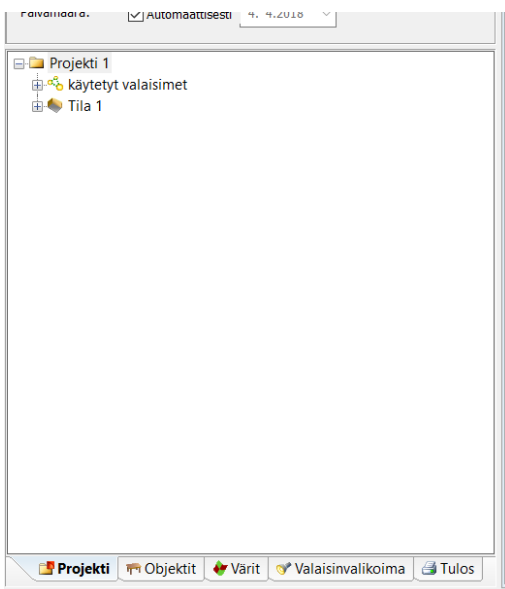


Kun nämä on tehty. Alas vetovalikosta tulokset – aloita laskelma.

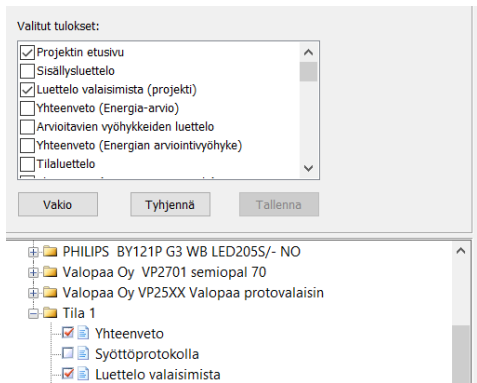
Raportin pdf muodossa saa alas vetovalikosta ”Tiedosto” – Vie – Tallenna tulokset PDF-muodossa jolloin saadaan monisivuinen raportti.

Jos tyydytään yksinkertaisempaan koosteeseen näytöllä, voidaan valita tulos oikeasta alakulmasta.

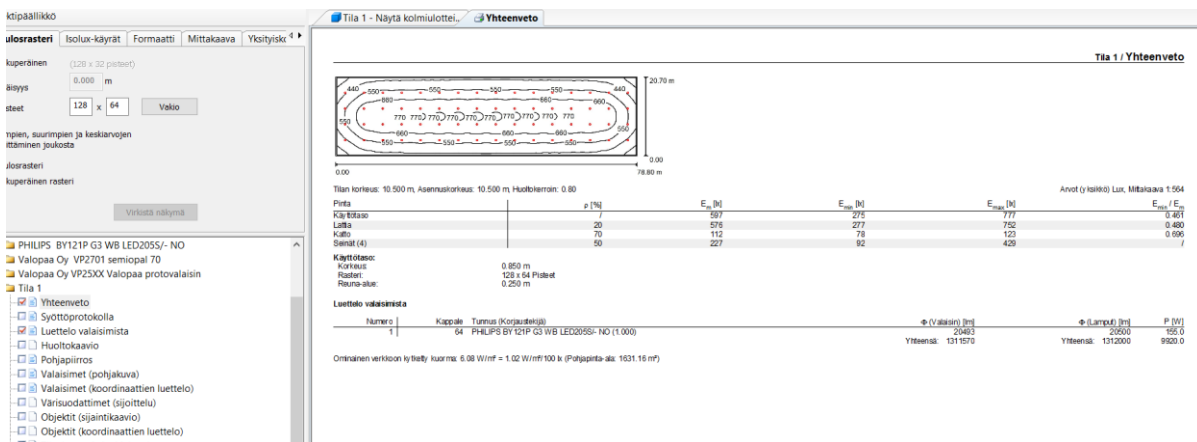
Käytin itse tätä metodia opinnäytetyötä tehdessä. Otin kuvankaappauksia koosteesta.



Klikataan yhteenveto



Jolloin saadaan valon jakautumis- kuva ja tärkeimmät datat.



8. VALAISTUSSUUNNITELMEN JA KUSTANNUSLASKELMIEN LÄHTÖTIEDOT

Harjoittelin ohjelman Dialux käyttöä ajamalla koeajoja eri valaisintyypeillä ja sijoittamalla. Pyrin yleensä ensimmäisillä ajoilla käyttämään saman lukumäärän valaisimia ja samoihin paikkoihin sijoitettuna kuin tämänhetkinen asennus on. Valaistus saneerauksen yhteydessä olisi kustannusten kannalta edullisinta, jos voitaisiin käyttää olemassa olevia valaistuksen kiinnityskiskoja.

Standardit määrittelevät valaistuksen tason minimissään kuten myös yrityksen toiveet, mikäli ne ovat korkeammat kuin standardin vaatimukset. Myös yrityksen asiakkailta voi olla omat vaatimuksensa valaistuksen suhteen.

Käytetyt valaisimet:

Philips WT120C L1500, 57W/6000 lm.

Valaisimen yksikkö hinta 70€

Asennuskustannukset valaisinta kohden 40€

Philips CoreLine Highbay BY121P Generation 3 LED205S/840 PSU WB syväsiteilijä, LED 155W (20 500lm), värilämpö 4000K, laaja valonjako, kotelointiluokka IP65.

Valaisimen yksikkö hinta 260€

Asennuskustannukset valaisinta kohden 40€

8.1 Maalaamo

Standardi määrittelee maalaustoimintaan vähimmäisvalaistukseksi 750 luksia.

Mataliin tiloihin ja haluttaessa tuottaa sivuvaloa käytin Philips WT120C L1500, 57W/6000 lm valaisimia.

Philipsin CoreLine Waterproof -tuoteperheen IP65 suljettu teollisuusvalaisin, jonka pituus on 1504 mm ja joka on varustettu 57W 6000 lm 4000 K LED-moduulilla. CoreLine Waterproof -ledivalaisimilla voidaan korvata perinteiset loistelampuilla toimivat, vedenpitävät valaisimet. Käyttökohteita ovat mm. pysäköintihallit, varastorakennukset ja yleisvalaistus. (Lähde Philips)

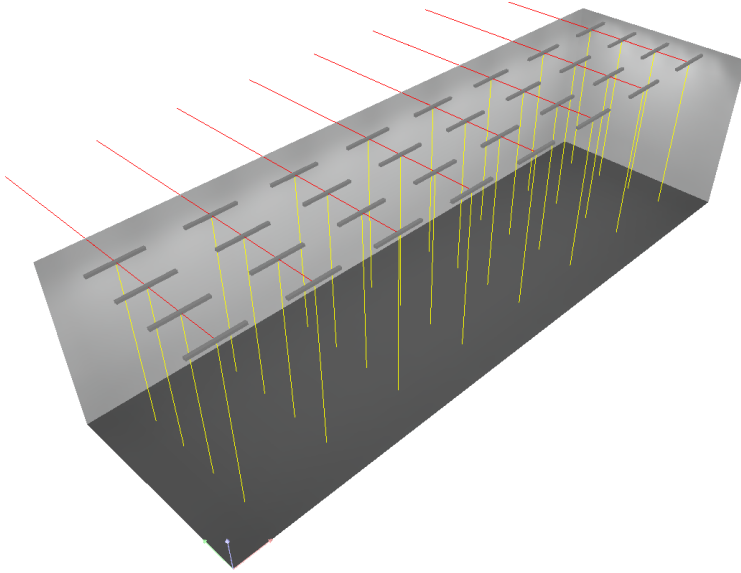


Sijoitin tilan kattoon symmetrisesti neljään riviin kahdeksan valaisinta. Yhteis-teho 1824 W. Nykyisellä valaistuskokoonpanolla tehon kulutus on 8176 W.

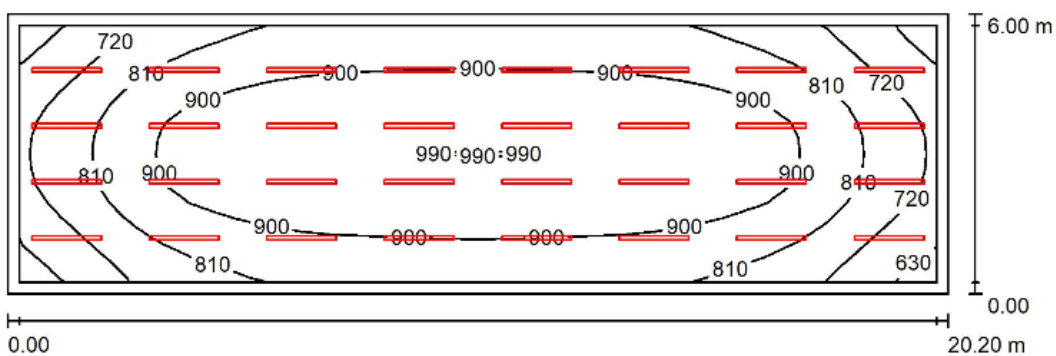
Olisi tasaisen valon jaon kannalta edullista, jos valaisimet pystyttäisiin sijoittamaan kattoon. Maalaamon tapauksessa kovin alas sijoitetut sivusta valoa antavat valaisimet ovat alttiita likaantumaan maaliumusta. Luovuin siten kokonaan matalalle sijoitetuista valaisimista, jollaisia nykyisessä kokoonpanossa on.

Maalaamo ei ole koko työpäivää aktiivisessa käytössä. Led tekniikka toisi mahdolliseksi myös valaistuksen sammuttamisen tai himmentämisen tarpeen mukaan. Tila on kuitenkin maalinen, joten liikkeen-tunnistus voisi tuoda epäluotettavuustekijöitä. Tilassa voisi käyttää normaalia valokytkintä, josta valot

voisi sammuttaa, jos tilassa ei ole tarvetta työskennellä. Jos tilaan on tarvetta asentaa seinustalle tulevaa sivuvaloa, olisi niiden ohjaus ehkä hyvä hoitaa mekaanisilla kytkimillä.



32 valaisimella 750 lx standardivaatimus täyttyy. Noin 1000 luksia ei kumminkaan ylimitoitettu. Optimaalinen näkökyvyn kannalta.



Valaistuksen jakautuminen tasaista. Käyttö tasolla Emin/Em 0.668. Tämän tyyppisessä tilassa hyvä valaistus on helppo toteuttaa.

Tilan korkeus: 5.100 m, Asennuskorkeus: 5.100 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:145

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	860	592	992	0.688
Lattia	20	750	502	874	0.669
Katto	70	258	206	371	0.798
Seinät (4)	50	530	284	858	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 32 x 16 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	32	PHILIPS WT120C L1500 LED60S/- NO (1.000)	5998	6000	57.0
			Yhteensä: 191952	Yhteensä: 192000	1824.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $15.05 \text{ W/m}^2 = 1.75 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 121.20 m^2)**Asennus kustannukset**32 kpl Coreline waterproof valaisimia a $70\text{€} = 2240 \text{ €}$ Asennuskustannukset valaisinta kohden $40\text{€} = 1280 \text{ €}$ Kustannukset yhteensä 3580€ **Projektin tiedot****Nykyiset**

Määrä	88 pcs
Wattia / valaisin	92,9 W
Päällä / päivä	8 h
Päiviä vuodessa	258
Käyttöikä	19 000 h
Hinta / kWh	0,09 €
Valaisimen hinta	€
Lampun hinta	7,00 €
Huolto/valaisin/vuosi	€

LED

Määrä	32 pcs
Wattia / valaisin	57 W
Päällä / päivä	8 h
Päiviä vuodessa	258
Käyttöikä	70 000 h
Hinta / kWh	0,09 €
Valaisimen hinta	110,00 €
Huolto/valaisin/vuosi	€

Huomioitavaa. Wattia/valaisin kenttä Excel taulukossa keskiarvoistettu

Laskelmien perusteella LED päivitys maalaamo tiloissa vaikuttaa kannattavalta koska jo kolmantena vuotena saataisiin investointi kuoletettua.

Tulokset:

	5v.	10v.	15v.
Energian säästö (kWh):	65544	131089	196633
Kustannusten säästö (€):	2667	8855	14426
Takaisinmaksu aika:			

Kustannukset yhteensä

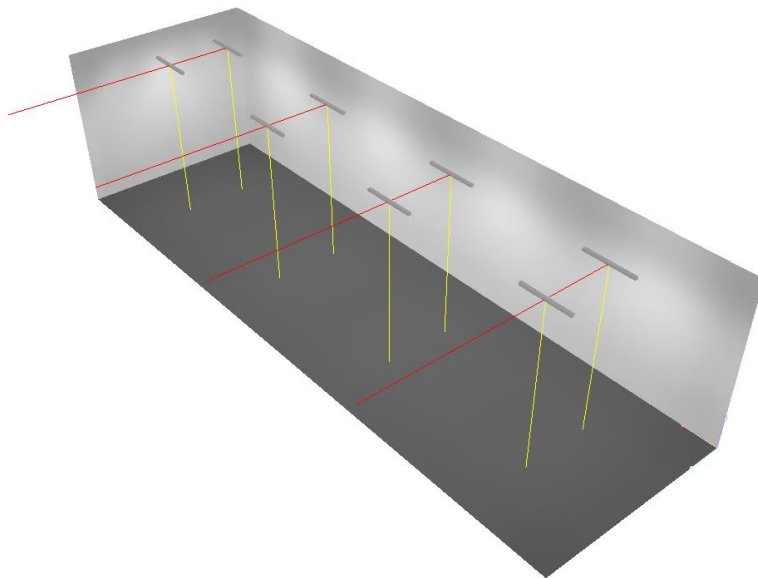
Ilman rahoitusta (€)

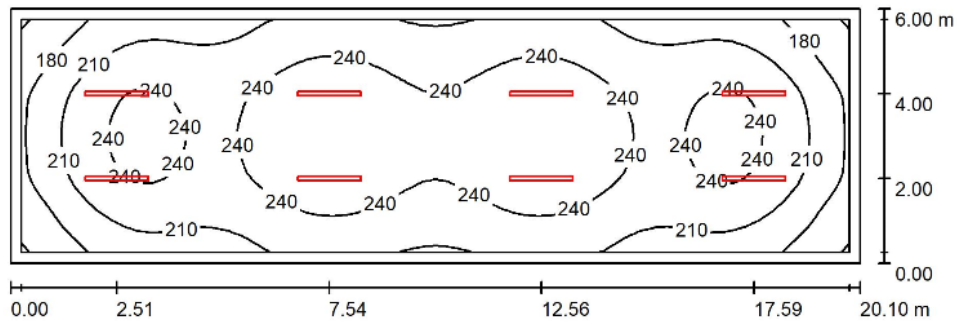
Vuosi	Nykyinen	LED	Säästö
1	2 050	3 840	-1 790
2	3 485	4 160	-675
3	4 919	4 480	439
4	6 353	4 800	1 553
5	7 787	5 120	2 667
6	9 222	5 440	3 782
7	10 656	5 760	4 896
8	12 090	6 080	6 010
9	13 524	6 400	7 124
10	15 575	6 720	8 855
11	17 009	7 040	9 969
12	18 443	7 360	11 083
13	19 877	7 680	12 197
14	21 312	8 000	13 312
15	22 746	8 320	14 426
16	24 180	8 640	15 540
17	25 614	8 960	16 654
18	27 049	9 280	17 769
19	29 099	9 600	19 499
20	30 533	9 920	20 613

8.2 Kuivaamo

Kuivaamo on tiloiltaan identtinen maalaamon kanssa mutta siellä ei suoriteta tarkkuutta vaadittavia toimenpiteitä. Perusvalaistus riittävä. Sijoitin nykyisten valaisimien tilalle 57W/6000 lm Philipsit. $8 \times 57W = 456W$. Nykyinen valaistus 2000W.

Nykyisellä valaistuksella hyvä valoisuus, keskialueella jopa yli 700 luksia. Uuden valaistuksen valotehokkuus keskialueella noin kolmannes (34%) nykyisestä suurpaine natriumilla toteutetusta. Tehonkulutus 23% suurpaine natriumista.





Tilan korkeus: 5.000 m, Asennuskorkeus: 5.000 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:144

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	226	148	271	0.655
Lattia	20	196	131	228	0.668
Katto	70	63	44	195	0.702
Seinät (4)	50	131	64	196	/

Käyttötaso:

Korkeus:	0.850 m
Rasteri:	64 x 32 Pisteet
Reuna-alue:	0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS WT120C L1500 LED60S/- NO (1.000)	5998	6000	57.0
			Yhteensä: 47988	Yhteensä: 48000	456.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $3.78 \text{ W/m}^2 = 1.67 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 120.60 m^2)

Asennus kustannukset

8 kpl Coreline waterproof valaisimia a $70\text{€} = 560 \text{ €}$

Asennuskustannukset valaisinta kohden $40\text{€} = 320 \text{ €}$

Kustannukset yhteensä 880 €

Projektin tiedot

Nykyiset

Määrä	8 pcs
Wattia / valaisin	250 W
Päällä / päivä	8 h
Päiviä vuodessa	258
Käyttöikä	36 000 h
Hinta / kWh	0,09 €
Valaisimen hinta	€
Lampun hinta	27,00 €
Huolto/valaisin/vuosi	€

LED

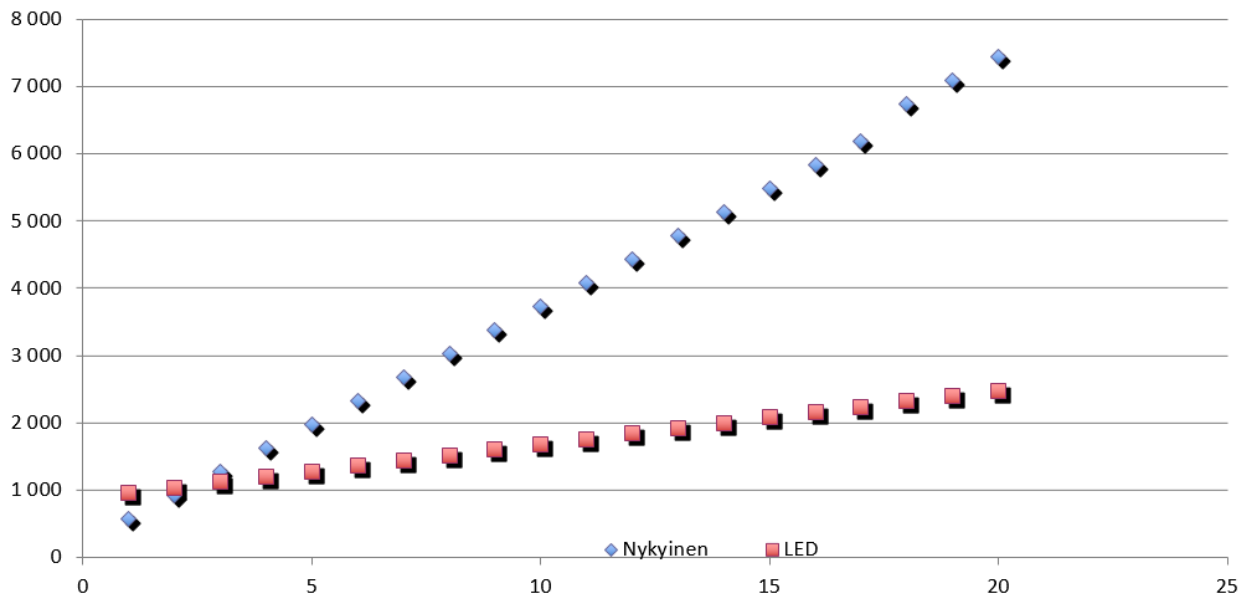
Määrä	8 pcs
Wattia / valaisin	57 W
Päällä / päivä	8 h
Päiviä vuodessa	258
Käyttöikä	70 000 h
Hinta / kWh	0,09 €
Valaisimen hinta	110,00 €
Huolto/valaisin/vuosi	€

Tulokset:

	5v.	10v.	15v.
Energian säästö (kWh):	15934	31868	47802
Kustannusten säästö (€):	690	2045	3399
Takaisinmaksu aika:			

Vuosi	Nykyinen	LED	Säästö
1	567	960	-393
2	918	1 040	-122
3	1 269	1 120	149
4	1 620	1 200	420
5	1 970	1 280	690
6	2 321	1 360	961
7	2 672	1 440	1 232
8	3 023	1 520	1 503
9	3 374	1 600	1 774
10	3 725	1 680	2 045
11	4 076	1 760	2 316
12	4 427	1 840	2 587
13	4 777	1 920	2 857
14	5 128	2 000	3 128
15	5 479	2 080	3 399
16	5 830	2 160	3 670
17	6 181	2 240	3 941
18	6 748	2 320	4 428
19	7 099	2 400	4 699
20	7 450	2 480	4 970

Valaisimien kustannukset



8.3 Pakkaamo

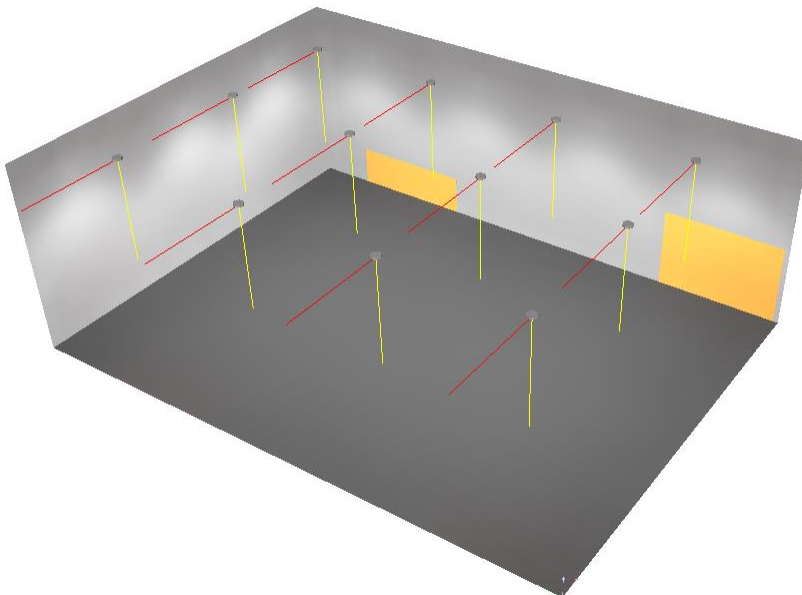
Pakkaamon tämänhetkinen valoteho keskialueella luokkaa 650 luksia. Reuna-alueilla vajaat 500.

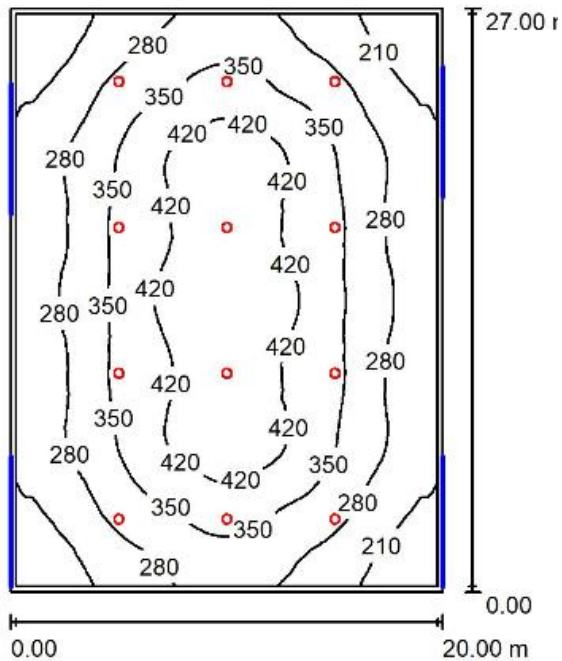
LED-vaihtoehtona käytin 20 kpl 155W BY121P valaisimia.

Philips CoreLine Highbay BY121P Generation 3 LED205S/840 PSU WB syväsiteilijä, LED 155W (20 500lm), värilämpö 4000K, laaja valonjako, kotelointiluokka IP65.



Tein ensimmäisenä versiona sijoittamalla 12 kpl 155W olemassa olevien valaisimien paikalle. Valaistus voisi olla jo riittävä käyttötarkoitukseensa, vaikka jää keskialueella 65 prosenttiin nykyisestä valotehosta. Tehon kulutus olisi 36% nykyisestä 5200W kulutuksesta.





Tilan korkeus: 9.500 m, Asennuskorkeus: 9.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:347

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	324	149	468	0.461
Lattia	20	309	144	450	0.466
Katto	70	60	39	69	0.642
Seinät (4)	50	118	45	238	/

Käyttötaso:

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

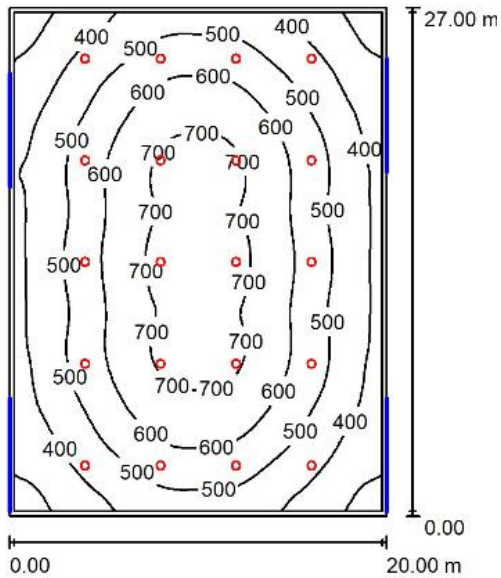
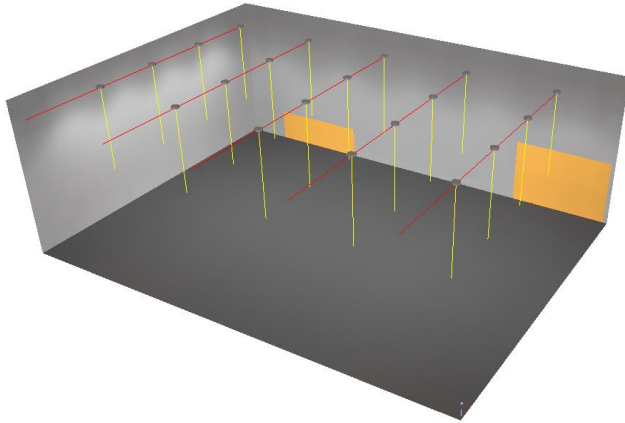
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	12	PHILIPS BY121P G3 WB LED205S/- NO (1.000)	20493	20500	155.0
			Yhteensä: 245919	Yhteensä: 246000	1860.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $3.44 \text{ W/m}^2 = 1.06 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 540.00 m^2)

Valotehon nostamisessa sijoitin symmetrisesti 4 x 5 valaisinta. Valoteho samaa luokkaa kuin vallitsevassa tilanteessa.

20 kpl 155W = 3100 W eli 60% nykyisestä 5200 W kulutuksesta.



Tilan korkeus: 9.500 m, Asennuskorkeus: 9.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:347

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	531	254	739	0.479
Lattia	20	508	243	720	0.479
Katto	70	102	65	115	0.635
Seinät (4)	50	205	78	383	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 64 x 64 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	20	PHILIPS BY121P G3 WB LED205S/- NO (1.000)	20493	20500	155.0
			Yhteensä: 409866	Yhteensä: 410000	3100.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $5.74 \text{ W/m}^2 = 1.08 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 540.00 m^2)

Asennus kustannukset

20 kpl CoreLine Highbay BY121P valaisimia a 260€ = 5200 €

Asennuskustannukset valaisinta kohden 40€ = 800 €

Kustannukset yhteensä 6000 €

Pakkaamon osalta takaisinmaksuaika venyy varsin pitkäksi. Vasta viidentenätoista vuotena sijoitus meni plussan puolelle.

Projektin tiedot

Nykyiset

Määrä	13 pcs
Wattia / valaisin	400 W
Päällä / päivä	8 h
Päiviä vuodessa	258
Käyttöikä	36 000 h
Hinta / kWh	0,09 €
Valaisimen hinta	€
Lampun hinta	27,00 €
Huolto/valaisin/vuosi	€

LED

Määrä	20 pcs
Wattia / valaisin	155 W
Päällä / päivä	8 h
Päiviä vuodessa	258
Käyttöikä	70 000 h
Hinta / kWh	0,09 €
Valaisimen hinta	300,00 €
Huolto/valaisin/vuosi	€

Tulokset:

	5v.	10v.	15v.
Energian säästö (kWh):	21672	43344	65016
Kustannusten säästö (€):	-3807	-1965	-123

Takaisinmaksu aika:

Vuosi	Nykyinen	LED	Säästö
1	1 283	6 544	-5 281
2	2 176	7 088	-4 912
3	3 088	7 632	-4 544
4	4 000	8 175	-4 175
5	4 912	8 719	-3 807
6	5 825	9 263	-3 438
7	6 737	9 807	-3 070
8	7 649	10 351	-2 702
9	8 562	10 895	-2 333
10	9 474	11 439	-1 965
11	10 386	11 983	-1 596
12	11 298	12 526	-1 228
13	12 211	13 070	-859
14	13 123	13 614	-491
15	14 035	14 158	-123
16	14 948	14 702	246
17	15 860	15 246	614
18	17 123	15 790	1 334
19	18 035	16 333	1 702
20	18 948	16 877	2 070

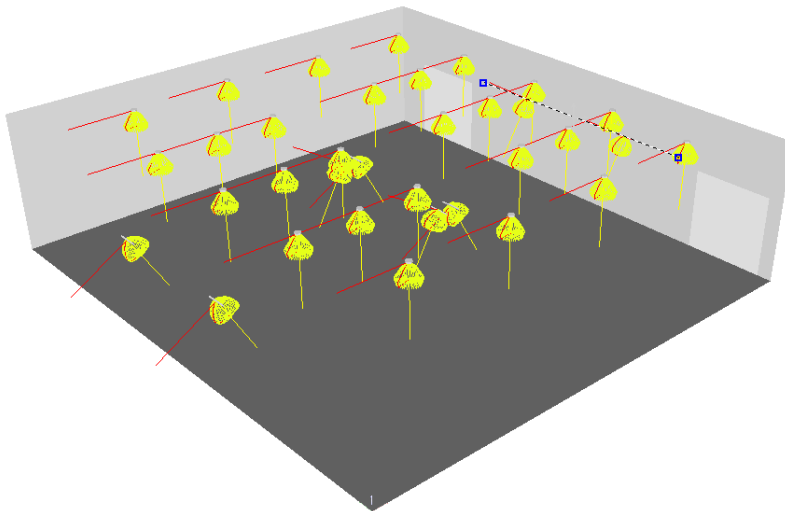
8.4 Varusteluhalli 1.

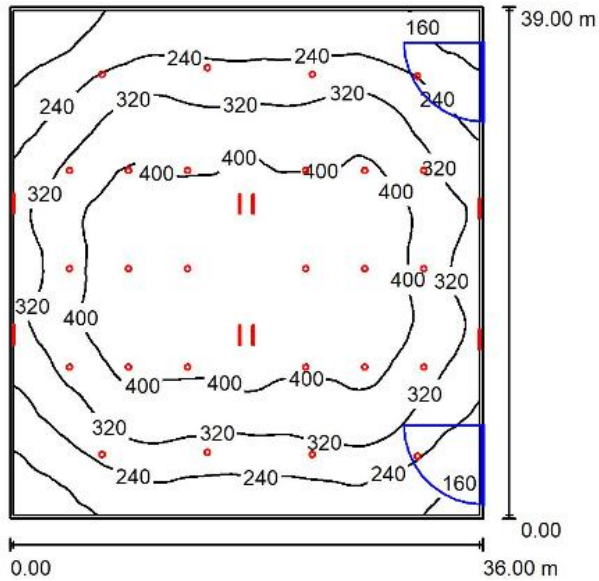
Vallitsevassa tilanteessa varusteluhallin valoisuus työskentely alueella luokkaa 700 luksia. Tähän tasoon olisi hyvä pyrkiä, vaikka standardien vaatimukset ovat huomattavasti alhaisemmat, 300 luksia.

Varusteluhallin valaistuksen parantaminen on haastavaa. Olisi taloudellisesti järkevintä sijoittaa valaisimia olemassa oleville kiskoille mutta se ei ole paras ratkaisu tasaiseen valon tuottoon. Olemassa olevien valaisimien vaihtamalla LED-valaisimiin ei käytännössä ole riittävä.

Alla oleva kuva esittää kahta väliseinän jakamaa osaa. Eli puolta koko varusteluhallin tilasta. Sijoitettujen Philipsin valaisimet samoille paikoille, kuin suurpaine natrium ja monimetallivalaisimet vallitsevassa tilassa ovat.

Valon jakautuminen Emin/Emean 0.292 ei ole hyvä. Toisaalta kuljetus käytäville valaisimia on sijoitettu harvaksen.





Tilan korkeus: 10.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:501

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	324	95	481	0.292
Lattia	20	313	101	469	0.321
Katto	70	61	36	76	0.581
Seinät (4)	50	110	44	594	/

Käyttötaso:

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

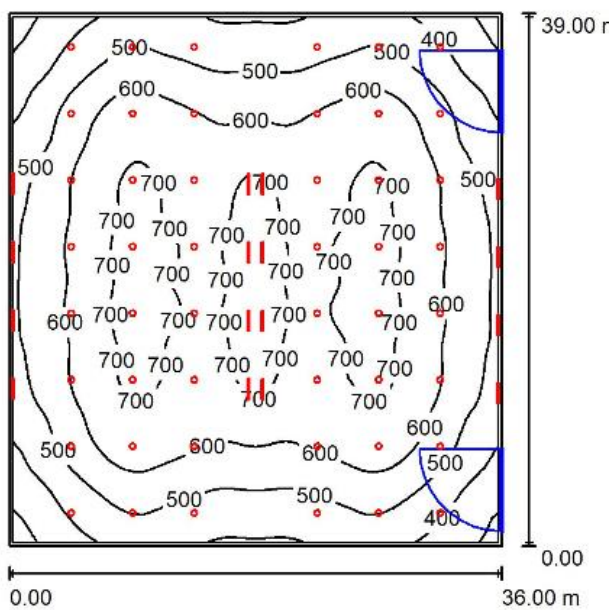
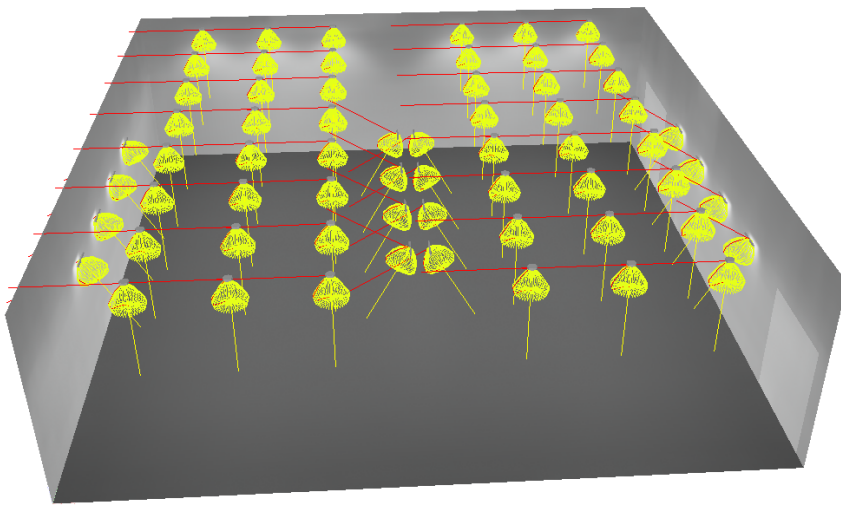
Luettelo valaisimista

Número	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	26	PHILIPS BY121P G3 WB LED205S/- NO (1.000)	20493	20500	155.0
2	8	PHILIPS WT120C L1500 LED60S/- NO (1.000)	5998	6000	57.0
			Yhteensä: 580813	Yhteensä: 581000	4486.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $3.20 \text{ W/m}^2 = 0.99 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1404.00 m^2)

Nykytilannetta luksimääräisesti vastaavaan, tai hieman sitä parempaan valaistukseen käytin 48 kpl 155 Watin BY 121B valaisinta ja 32 kpl 57Watin WT 120C valaisinta. Yhteisteholtaan 8352 W. Nykyinen teho 27200W. Nykytilannetta luksimääräisesti vastaavan valotehon luomiseen tarvittaisiin siis 31% virrankulutuksesta.

Kuvan mukainen valaistus kuitenkin vaatisi katossa olevien valokiskojen uusimista.



Tilan korkeus: 10.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:501

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	580	269	755	0.463
Lattia	20	563	259	748	0.460
Katto	70	115	78	131	0.673
Seinät (4)	50	230	93	706	/

Käyttötaso:

Korkeus:	0.850 m
Rasteri:	64 x 64 Pisteet
Reuna-alue:	0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	48	PHILIPS BY121P G3 WB LED205S/- NO (1.000)	20493	20500	155.0
2	16	PHILIPS WT120C L1500 LED60S/- NO (1.000)	5998	6000	57.0
			Yhteensä: 1079654	Yhteensä: 1080000	8352.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $5.95 \text{ W/m}^2 = 1.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1404.00 m^2)

Tämänhetkinen valaistus 54 kpl 400W suurpaine natrium valaisimia sekä 16 kpl 350W monimetallivalaisimia, yhteisteho 27200W. Suupaine natrium valaisimien kestoiksi arvioin 36 000 tuntia ja hinnaksi 27€. Monimetallivalaisimen kestoiksi arvioin 18 000 tuntia ja hinnaksi 30€

Asennus kustannukset96 kpl kpl CoreLine Highbay BY121P valaisimia a $260\text{€} = 24960 \text{ €}$ 32 kpl Coreline waterproof valaisimia a $70\text{€} = 2240 \text{ €}$ Asennuskustannukset valaisinta kohden $40\text{€} = 5120 \text{ €}$

Kustannukset yhteensä 32320€

Alla olevan laskennassa käytetyn taulukon valaisintiedot on keskiarvostettu, koska käytössä oli kahta erilaista valaisinta.

Projektin tiedot**Nykyiset**

Määrä	70 pcs
Wattia / valaisin	388,6 W
Päällä / päivä	16 h
Päiviä vuodessa	258
Käyttöikä	31 888 h
Hinta / kWh	0,09 €
Valaisimen hinta	€
Lampun hinta	27,68 €
Huolto/valaisin/vuosi	€

LED

Määrä	128 pcs
Wattia / valaisin	130,5 W
Päällä / päivä	16 h
Päiviä vuodessa	258
Käyttöikä	70 000 h
Hinta / kWh	0,09 €
Valaisimen hinta	252,50 €
Huolto/valaisin/vuosi	€

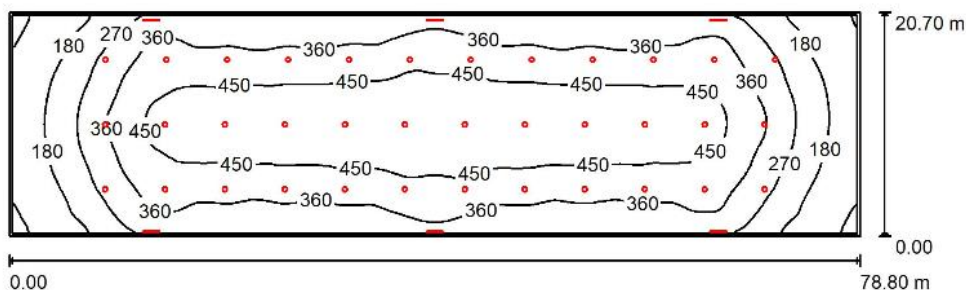
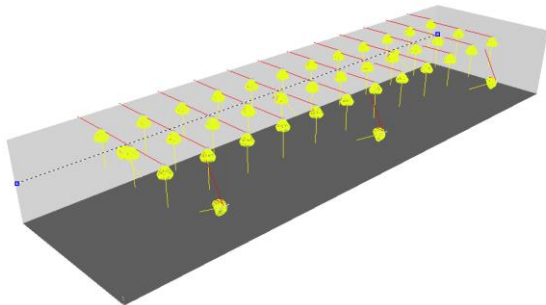
Tulokset:	5v.	10v.	15v.
Energian säästö (kWh):	216679	433357	650036
Kustannusten säästö (€):	-11965	8391	26808
Takaisinmaksu aika:			

Vuosi	Nykyinen	LED	Säästö
1	11 482	38 181	-26 699
2	21 027	44 042	-23 015
3	30 572	49 903	-19 332
4	40 116	55 764	-15 648
5	49 661	61 625	-11 965
6	59 205	67 487	-8 281
7	68 750	73 348	-4 598
8	78 295	79 209	-914
9	89 777	85 070	4 707
10	99 322	90 931	8 391
11	108 866	96 792	12 074
12	118 411	102 653	15 758
13	127 955	108 514	19 441
14	137 500	114 375	23 125
15	147 045	120 236	26 808
16	156 589	126 098	30 492
17	168 072	131 959	36 113

8.5 Varusteluhalli 2, laajennus.

Uudemmassa laajennuksessa, varusteluhalli kakkosessa, on lähtökohtaisesti parempi valaistus kuin ykköshallissa. Ei väliseiniä, toisaalta linjalla suurkokoisia tuotteita.

Sijoitin nykytilannetta vastaaville paikoille Philipsin valaisimet. Valoteho speksiin nähden riittävä mutta vallitsevaa nykytilannetta pienempi valaistusvoimakkuus.



Tilan korkeus: 10.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:564

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	359	74	520	0.208
Lattia	20	347	84	503	0.242
Katto	70	69	34	88	0.500
Seinät (4)	50	125	41	299	/

Käyttötaso:

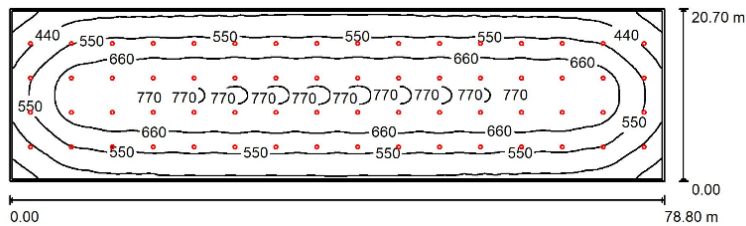
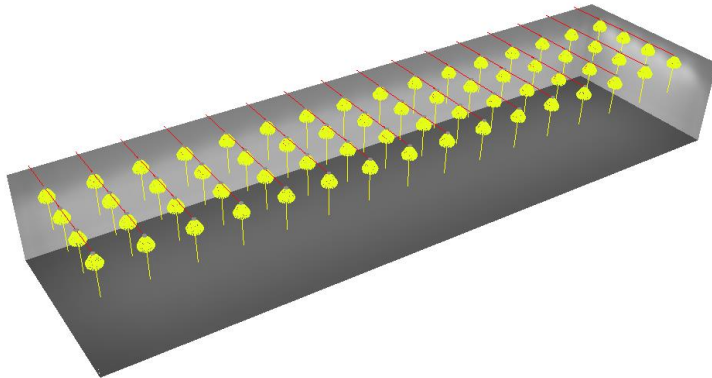
Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 128 x 64 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	36	PHILIPS BY121P G3 WB LED205S/- NO (1.000)	20493	20500	155.0
2	6	PHILIPS WT120C L1500 LED60S/- NO (1.000)	5998	6000	57.0
			Yhteensä: 773749	Yhteensä: 774000	5922.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $3.63 \text{ W/m}^2 = 1.01 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1631.16 m²)

Lisäsin vapaasti, ottamatta huomioon asennuskiskojen paikkoja valaisimia niin paljon, että halutulle tasolle päästiin.



Tilan korkeus: 10.500 m, Asennuskorkeus: 10.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:564

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	597	275	777	0.461
Lattia	20	576	277	752	0.480
Katto	70	112	78	123	0.696
Seinät (4)	50	227	92	429	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 64 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	64	PHILIPS BY121P G3 WB LED205S/- NO (1.000)	20493	20500	155.0
			Yhteensä: 1311570	Yhteensä: 1312000	9920.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $6.08 \text{ W/m}^2 = 1.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1631.16 m^2)

Asennus kustannukset

64 kpl kpl CoreLine Highbay BY121P valaisimia a $260\text{€} = 16640 \text{ €}$

Asennuskustannukset valaisinta kohden $40\text{€} = 2560 \text{ €}$

Kustannukset yhteensä 19200€

Projektin tiedot

Nykyiset

Määrä	42 pcs
Wattia / valaisin	398,9 W
Paalla / päivä	16 h
Päiviä vuodessa	258
Käyttöikä	33 428 h
Hinta / kWh	0,09 €
Valaisimen hinta	€
Lampun hinta	27,40 €
Huolto/valaisin/vuosi	€

LED

Määrä	64 pcs
Wattia / valaisin	155 W
Paalla / päivä	16 h
Päiviä vuodessa	258
Käyttöikä	70 000 h
Hinta / kWh	0,09 €
Valaisimen hinta	300,00 €
Huolto/valaisin/vuosi	€

Tulokset:

	5v.	10v.	15v.
Energian säästö (kWh):	141050	282099	423149
Kustannusten säästö (€):	-6060	7080	19069
Takaisinmaksu aika:			

Vuosi	Nykyinen	LED	Säästö
1	7 029	22 681	-15 651
2	12 908	26 161	-13 254
3	18 787	29 642	-10 856
4	24 665	33 123	-8 458
5	30 544	36 604	-6 060
6	36 422	40 084	-3 662
7	42 301	43 565	-1 264
8	48 179	47 046	1 134
9	55 209	50 527	4 682
10	61 087	54 007	7 080
11	66 966	57 488	9 478
12	72 844	60 969	11 876
13	78 723	64 449	14 274
14	84 602	67 930	16 671
15	90 480	71 411	19 069
16	96 359	74 892	21 467
17	103 388	78 372	25 016

Tilan korkeus: 10.500 m, Asennuskorkeus: 10.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:564

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	597	275	777	0.461
Lattia	20	576	277	752	0.480
Katto	70	112	78	123	0.696
Seinät (4)	50	227	92	429	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 64 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	64	PHILIPS BY121P G3 WB LED205S/- NO (1.000)	20493	20500	155.0
			Yhteensä: 1311570	Yhteensä: 1312000	9920.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $6.08 \text{ W/m}^2 = 1.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1631.16 m^2)

9. YHTEENVETO

9.1 Valon suureet tiloittain

Kokosin taulukkoon muutamia arvoja valoremontin jälkeen. Keskimääräisiä valaistusvoimakkuuksia, valaistuksen tasaisuudesta. Haettaessa korkeaa valaistusvoimakkuutta $W/m^2/100lx$ suhdeluku nousee. Suurin arvo maalaamossa, pienin kuivaamossa, jossa tyydyn tietoisesti vähäiseen valaistusvoimakkuuteen.

Verkkoon kytketty kuorma W/m^2 varsin samaa luokkaa molemmissa varusteluhalleissa. Samoin $W/m^2/100lx$ indeksi on varusteluhallien osalta sama. Samaan luokkaan sijoittuu myös pakkaamo. Koska kuivaamossa tyydyttiin himmeämpään valaistukseen, on taloudellisuus indeksi siellä edullisin. Vastaavasti maalaamossa, jossa haettiin kirkkainta valaistusta, on indeksiarvo siellä epätaloudellisin.

	E _{mean}	E _{min}	E _{max}	E _{min} /E _{mean}	Lumen	P[W]	Verkkoon kytketty kuorma W/m^2	$W/m^2/100lx$	M2
Maalaamo	860	592	992	0,67	191952	1824	15,05	1,75	121,2
Kuivaamo	226	148	271	0,66	47998	456	3,78	0,67	120,6
Pakkaamo	531	254	739	0,48	409866	3100	5,34	1,08	540
Varusteluhalli 1	500	269	755	0,46	2159308	16704	5,95	1,02	2808
Varusteluhalli 2	597	275	777	0,46	1311570	9920	6,08	1,02	1631
	543	308	707	0,55	4120694	32004	7,24	1,11	5221

9.2 Sähkön säästö tiloittain

Yhteenveto tämänhetkisen tilanteen ja Led päivityksen jälkeiseen tilanteeseen. Prosentuaalisesti suurin säästö tulisi maalausputken kammioissa.

	Tämänhetkinen kulutus [W]	LED päivitys [W]	
Halli 1	27200	16704	61,4 %
Halli 2, Laajennus	16500	9920	60,1 %
Puhaltamo	4000	456	11,4 %
Maalaamo	8176	1824	22,3 %
Maalaamo 2	8176	1824	22,3 %
Kuivaamo	2000	456	22,8 %
Kuivaamo 2	2000	456	22,8 %
Jäähdytys	3000	456	15,2 %
Pakkaamo	5200	3100	59,6 %
	76252	35196	46,2 %

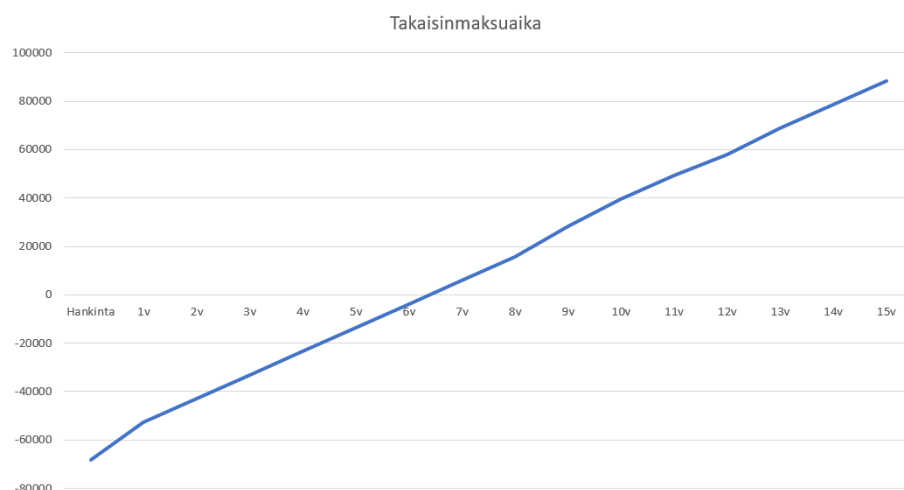
10. YHTEENVETO

Jotta valaistuksen uusiminen olisi mielekäs investointi niin paitsi valaistuksen laadullisen tason parantaminen niin myös investoinnin kannattavuus rahallisesti on merkityksellinen. Olemassa olevan valaistus systeemin kuluiksi voidaan laskea sähkönkulutuksen lisäksi käyttöikänsä päähän tulleet valaisimet, vaihtokulut mikäli käytetään talon ulkopuolista suorittajaa. Periaatteessa myös työsuhteessa olevalle asentajalle pitäisi laskea kustannukset vaihtoon kulutetusta ajasta. Tätä en kuitenkaan laskelmissa ottanut huomioon.

Valo remontin on mahdollista olla myös vain osaan tiloista kohdistuvaa. Nopeimmin investointi tuottaisi itsensä takaisin maalaamossa ja kuivaamotiloissa, jo kolmantena vuotena. Suurin säästö pitkällä aikavälillä tulee kuitenkin isoissa halleissa, joissa on eniten valaisimia ja työskennellään kahdessa vuorossa.

Mikäli kaikki tuotantotilat saneerattaisiin kerralla, tulisi alkuinvestoinnin hinnaksi 68 200€. Hinta on suuntaa-antava. Säästö käyttökustannuksissa vuodessa olisi lähes 11 000 €. Sijoitus alkaisi tuottamaan seitsemännenten vuoden aikana. Kuudentenatoista vuotena säästö olisi luokkaa 100 000 €.

	Hankinta	1v	2v	3v	4v	5v	6v	7v	8v	9v	10v	11v	12v	13v	14v	15v
Halli 1	-32320	-26699	-23015	-19332	-15648	-11965	-8281	-4598	-914	4707	8391	12074	15758	19441	23125	26808
Halli 2, Laajennus	-19200	-15651	-13254	-10856	-8458	-6060	-3662	-1264	1134	4682	7080	9478	11876	14274	16671	19069
Puhaltamo	-880	-393	-122	149	420	690	961	1232	1503	1774	2045	2316	2387	2857	3128	3397
Maalaamo	-3580	-1790	-675	439	1553	2667	3782	4896	6010	7124	8855	9969	11083	12197	13312	14426
Maalaamo 2	-3580	-1790	-675	439	1553	2667	3782	4896	6010	7124	8855	9969	11083	12197	13312	14426
Kuivaamo	-880	-393	-122	149	420	690	961	1232	1503	1774	2045	2316	2387	2857	3128	3397
Kuivaamo 2	-880	-393	-122	149	420	690	961	1232	1503	1774	2045	2316	2387	2857	3128	3397
Jäähdytys	-880	-393	-122	149	420	690	961	1232	1503	1774	2045	2316	2387	2857	3128	3397
Pakkaamo	-6000	-5289	-4912	-4544	-4175	-3807	-3438	-3070	-2702	-2333	-1965	-1596	-1228	-859	-491	-123
	-68200	-52791	-43019	-33258	-23495	-13738	-3973	5788	15550	28400	39396	49158	58120	68678	78441	88194



Koin hieman ongelmalliseksi valaistus suunnitelman toteuttamisen käytännössä. Valaistuksen saa riittävän tehokkaaksi ja tasaiseksi, kun sijoittaa tilaan riittävän määrän valaisimia mutta kustannusten kurissa pitämisen vuoksi ja käytännön kannalta olisi hyvä, jos pystyttäisiin käyttämään olemassa olevia valaisimien paikkoja. Koska LED valaisimet ovat perinteisiä monnimetallivalaisimia ja suurpainenatriumvalaisimia pienempitehoisia, ei yhden valaisimen korvaaminen yhdellä valaisimella tuo samaa valotehoa kuin perinteisillä valaisimilla toteutettuna. Siksi niitä on sijoitettava enemmän vastaavan luksimääräisen valaistusvoimakkuuden saavuttamiseksi. Kuitenkin LED teknologialla toteutettuna valon laatu on parempi kuin pelkät luksimääräiset arvot osoittavat.

Kannattavuuslaskelmissa takaisinmaksuaika erityyppisissä tiloissa kuten tuotantohalli ja pintakäsittely linjasto, poikkesivat varsin paljon toisistaan.

Alun perin tarkoitukseni oli myös lisätä suunnitelmaan läsnäolo-ohjaus. Tämä voisi olla ehkä kannattavasti toteutettavissa tiloissa, jossa toimintaa on työvuoroihin nähden vähän. LED teknologia tukisi tätä himmennyt tai sammutus ominaisuutta perinteisiä valaisinratkaisuja paremmin. Näistä laskelmista kuitenkin luovuin. Työssä sivutaan kuitenkin tätä jonkin verran.

Vaikka ei ole helppo osoittaa että valoremontti olisi taloudellisesti näillä tiedoilla kovin kannattavaa niin valonlaadun paraneminen (suurpainenatrium keltainen ei ehkä miellyttävin) ja vähäisempi huolto-tarve ovat myös arvoja jotka puoltavat osaltaan valaistuksen nykyaikaistamista.

LÄHTEET

Ehdotuksessa käytetyt valaisimet.

https://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/high-bay-and-low-bay/high-bay/coreline-highbay/911401505431_EU/product

https://www.lighting.philips.fi/prof/sisaevalaisimet/vesitiiviit-ja-puhdastilojen-valaisimet/vesitiiviit-valaisimet/coreline-waterproof/911401823880_EU/product

Glamox 2016. Kymmenen asiaa, jotka sinun tulee tietää ledeistä. Saatavissa: [fi_singlepages-2.pdf \(glamox.com\)](#) . Viitattu 8.1.2022.

Lamput ja valaisimet. Suomen sähkö- ja teleurakoitsijaliitto, Suomen valoteknillinen seura & Ahponen, V. 1998. *Lamput ja valaisimet*. Espoo: Sähköinfo.

Laskelmissa käytetyt sähkönhinnat kohteessa. Fortacon yhteyshenkilö tehtaanjohtaja Pasi Maaninen

Loistelamppu. Saatavissa: <https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/lumen-valon-maara/> . Viitattu 14.1.2022.

Luminanssi Digma verkkosivut. Saatavissa:

<https://moodle.amk.fi/mod/book/view.php?id=4467&chapterid=285>

Viitattu 3.1.2022

Mattila A. 20220 Asennusten hinta-arviot. Henkilökohtainen tiedonanto, keskustelu 2.3.2020

Pinnan kirkkaus (Luminanssi) Digma verkkosivut Saatavissa:

<https://moodle.amk.fi/mod/book/view.php?id=4467&chapterid=285>

Viitattu 28.1.2022

Rautiainen J. 2016. *Toimisto- ja liikerakennusten ulkovalaistuksen suunnitteluohje, jossa huomioidaan ympäristöluokitusten vaatimukset*. Metropolia ammattikorkeakoulu. Saatavissa:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108020/Rautiainen_Jari.pdf?sequence=1 . Viitattu

13.1.2022.

Tiensuu, A. 2010. *Uusi valaistuskirja*. Helsinki: Viherympäristöliitto.

Valaistus. Saatavissa: <https://moodle.amk.fi/mod/book/view.php?id=4467&chapterid=285> Viitattu 3.2.2022.

Valaistuksen energiatehokuus

Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/materiaalit/suunnittelutyokalut/valaistusopas/valaistuksen-energiatehokkuus/> . Viitattu 8.1.2022.

Valaistuksen ohjaus.Valaistustieto. Verkkosivut. Saatavissa: <https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/valaistuksen-ohjaus/> Viitattu 8.1.2022

Valaistus standardi :

Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor, EN12464-1:2019

Valaistusvoimakkuus – Luksi. Saatavissa: <https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/luksi-valaistusvoimakkuus/> Viitattu 28.1.2022.

Valon määrä – Lumen arvo. Lampputieto verkkosivut. Saatavissa: <https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/lumen-valon-maara/> . Viitattu 28.1.2022.

Valovirta (lumen). Digma verkkosivut. Saatavissa:

<https://moodle.amk.fi/mod/book/view.php?id=4467&chapterid=282>

Viitattu.3.1.2022

Valotehokkuus Digma verkkosivut Saatavissa

<https://moodle.amk.fi/mod/book/view.php?id=4467&chapterid=282>

Viitattu 28.1.2022

Valovoima (Kandela) Digma verkkosivut. Saatavissa

<https://moodle.amk.fi/mod/book/tool/print/index.php?id=4467>

Viitattu.3.1.2022

Valovoima–Kandela. Lampputieto verkkosivut. Saatavissa:

<https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/kandela-valovoima/>

Viitattu 28.1.2022.