

Niko Stolt

Fortum Suomenojan voimalaitoksen prosessitilojen valaistuksen saneeraus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

23.3.2016

Tekijä Otsikko	Niko Stolt Fortum Suomenojan voimalaitoksen prosessitilojen valaistuksen saneeraus
Sivumäärä Aika	55 sivua + 7 liitettä 23.3.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Tapio Kallasjoki Työnjohtaja Iiro Koskela
<p>Tämä insinöörityö tehtiin kesällä 2015 Fortum Power & Heat Oy:ssä Suomenojan voimalaitoksella Espoossa. Insinöörityössä on tarkoituksena tarkastella nykyistä valaistusta ja suunnitella saneeraus So3-laitokselle ja hiilenkuljetintunneliin. Saneeraus pyrittiin luomaan, niin että kyseistä saneerausta voidaan soveltaa tulevaisuudessa, kun voimalaitoksen muut vastaavat tilat tulevat valaistuksen osalta saneerauksen tarpeeseen.</p> <p>Työssä tehtiin vertailuja useammalla eri valaisintyyppillä, joilla SO3-laitoksen 100 kpl T8 2x51W -loisteputkivalaisimet ja hiilikuljetintunnelissa 46 kpl 1x58 W- ja 15 kpl 2x58 W -loisteputkivalaisinta korvataan. Valaisimet päädyttiin suunnitelmassa korvaamaan Philips Pacific WTC460 -sarjan led-valaisimilla.</p> <p>Valaisimet valittiin kustannuslaskelmien, investointien ja erityisesti pitkäikäisyyden mukaan, koska valaisimet sijaitsevat eri tasoilla ja näin ollen vaihtaminen on todella hankalaa. Lisäksi laitoksen vaihtelevat lämpötilat ja pölyisyys asettavat valaisimille omat vaatimuksensa.</p> <p>Projektissa käytettiin apuna Dialux EVO -valaistussuunnitteluohjelmistoa. Ohjelmistolla suunniteltiin tiettyjen alueiden valaistus, jota voidaan käyttää apuna valaistuksen valaistusvoimakkuuden määrittämisessä. Ohjelmistolla suunniteltua mallikohdetta käytettiin myös apuna, kun verrattiin vanhaa ja uutta valaistusta.</p> <p>Työssä myös mietittiin So3:n sekä hiilitunnelin uusien valaisimien ohjaus, joka ohjaa valaistuksen himmennystä liikkeen mukaan. Valaistuksella on myös mahdollista ohjata sammumista sekä syytymistä liikkeen perusteella.</p> <p>Työn tuloksena on nykyaikainen ja energiatehokas valaistusratkaisu, joka noudattaa standardin SFS-EN 12464-1 vaatimuksia.</p>	
Avainsanat	Valaistussuunnittelu , Valaistus voimalaitoksilla

Author(s) Title	Niko Stolt Fortum Suomenoja Power Plant's Process Area Lighting Renovation
Number of Pages Date	55 pages + 7 appendices 23 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Tapio Kallasjoki Senior Lecturer Iiro Koskela Electrical work supervisor
<p>This study was done in summer 2015 for Fortum power & heat Oy company, at Suomenoja power plant in Espoo. The main purpose was to engineer new lighting and to create a review of old lighting for the power plant's So3-facility and to the coal conveyor tunnel. This renovation was planned to be created so that it can be used in future as aid, when other power plant facilities have need for renovation.</p> <p>In the work comparisons were carried out between several different lighting types, which would replace So3-facilitie's current 100 pcs. of T8 2x51w fluorescent lamps, and also coal conveyor tunnel's 46 pcs. of 1x58w and 15 pcs. of 2x58w fluorescent lamps. It was decided to replace lights with Philips Pacific WTC460 led lights.</p> <p>New lights were the best choice against other options, because of their usage cost, investment cost efficiency and especially because of their long lifetime. All of these issues were important, because lights are located on multiple levels inside the facility, and this makes maintenance of the lights expensive and troublesome. Also temperature fluctuates a lot inside the facility and air is full of coal dust, which sets harder requirements to the lights.</p> <p>This project used as an aid Dialux EVO -lighting design application. With this program some areas of the facility were designed into a 3D-model, so it can be used as an aid in defining illuminance levels in these areas. This 3D-model was also used for comparing new light's improvements against old lights.</p> <p>This work also includes a plan for a new lighting control to the So3 -facility and coal conveyor. This plan controls illuminance levels of the lights through motion, and also enables turning lights on and off through motion.</p> <p>The result of this thesis is a modern and energy efficient lighting solution to power plant, which complies with the Standard SFS-EN 12464-1 requirements.</p>	
Keywords	Lighting design, lighting in power plants

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaistuksen suureet	2
2.1	Värintoisto	3
2.2	Väriämpötila	4
2.3	Häikäisy	5
2.4	Valonlähteiden polttoikä	6
2.5	Valonjako	7
2.6	Sylinterivalaistusvoimakkuus	7
3	Fortum Suomenojan voimalaitos	8
3.1	Voimalaitos yleisesti	8
3.2	Voimalaitoksen rakenne	9
4	Valaistus voimalaitosympäristössä	11
4.1	Standardin asettamat vaatimukset	11
4.2	Yleisesti käytetyt valonlähteet	11
4.2.1	Led-valonlähde	11
4.2.2	Loistelamppuvalonlähde	13
4.2.3	Suurpainenatriumlamppu	14
4.2.4	Elohopealamppu	15
4.2.5	Monimetallilamppu	16
5	Suomenojan valaistus	18
6	So3-laitoksen ja hiilitunnelin valaistuksen nykytila	20
6.1	So3-laitoksen nykytila	20
6.2	So3-laitoksen valaistusmittaukset ja mallinnus	21
6.3	Hiilitunnelin nykytila	25
6.4	Hiilitunnelin mittaus ja mallinnus	25
6.5	Energian kulutus ja huolto	28
6.5.1	So3-laitoksen energialaskelmat	29
6.5.2	Hiilitunnelin energialaskelmat	30

6.5.3	Valaisimien virta	30
7	Valaistuksen saneeraus	32
7.1	Valaisinvaihtoehdot	33
7.1.1	Vaihtoehto 1	33
7.1.2	Vaihtoehto 2	34
7.1.3	Vaihtoehdot 3 & 4	34
7.1.4	Vaihtoehto 5	35
7.2	Valaistusvaihtoehtojen vertailu	36
7.3	So3 Dialux -saneeraus	38
7.4	Hiilitunnelin Dialux-saneeraus	40
7.5	Valaistuksen ohjaus	41
8	Tulosten vertailu	42
8.1	So3	42
8.2	Hiilitunneli	45
8.3	Takaisinmaksuaika	47
9	Yhteenveto	48
9.1	So3-laitoksessa käyttöön otettu valaistus	48
9.1.1	Visuaalinen lopputulos vertailukohteessa	49
9.1.2	Mitattu lopputulos vertailukohteessa	50
9.1.3	Visuaalinen lopputulos muissa tiloissa	51
9.1.4	Todellinen takaisinmaksuaika So3-laitoksen valaistukselle	52
9.2	Lopputulos	53
	Lähteet	54
	Liitteet	
	Liite 1. Dialux-liite, välikuljettimen nykytila	
	Liite 2. Dialux-liite, hiilitunnelin nykytila	
	Liite 3. Valaisimien elinkaarilaskelmat	
	Liite 4. Dialux-liite, välikuljetin saneerattu Philips-valaisimilla	
	Liite 5. Dialux-liite, hiilitunneli saneerattu Philips-valaisimilla	
	Liite 6. Philips led green parking -esite	
	Liite 7. Valaistuksen ohjauksen sijoittelu	

Lyhenteet

Dali	Digital Addressable Lighting Interface; digitaalinen valaistuksen ohjausjärjestelmä.
Dialux evo	Valaistuskalkulaattori tietokoneelle, uudempi versio perus-Dialux-ohjelmistosta.
lx	Luksi, valaistusvoimakkuuden yksikkö.
lm	Luumen, valovirran yksikkö.
lm/W	Yksikkö, jolla ilmaistaan valaisimen tuottamaa valovirtaa tehoon verrattuna.
cos ρ	Tehokerroin, pätötehon suhde näennäistehoon.
SPna	Suurpainenatriumvalaisin.
Uo	Valaistuksen tasaisuus.
So1	Voimalaitoksen sähkö ja kaukolämpöä tuottava kivihililaitos.
So2	Voimalaitoksen kaasukombilaitos.
So3	Voimalaitoksen pelkästään kaukolämpöä tuottava hiilikattila.
So4	Voimalaitoksen kaukolämmön lämpöpumppulaitos.
So6	Voimalaitoksen maakaasulla toimiva kaasuturbiinilaitos.
So7	Voimalaitoksen maakaasu apukattila.
So8	Voimalaitoksen rikinpoistolaitos, joka on yhteydessä So1-laitokseen.

1 Johdanto

Tämä insinöörityö tehtiin kesällä 2015 Fortum Power & Heat Oy:ssä Suomenojan voimalaitoksella Espoossa. Insinöörityössä on tarkoituksena suunnitella nykyiselle valaistukselle kunnan tarkastus ja uuden valaistuksen saneeraus voimalaitoksen So3-laitokselle sekä hiilenkuljetintunneliin.

Työssä tehdään vertailuja useammalla eri valaisinvalmistajalla ja eri valaisintyypeillä, joilla korvataan So3-laitoksen 100 kpl T8 2x51 W -loisteputkivalaisinta sekä hiilikuljetintunneliin 46 kpl 1x58W- ja 15 kpl 2x58 W -loisteputkivalaisinta.

Uusien valaisimien valinnoissa on tiukat kriteerit, mikä johtuu laitoksen likaisista ja kuumista tiloista, jotka asettavat valaisimet kovalle rasitukselle. Korvaavien valaisimien tulee olla pitkäikäisiä, helposti huollettavia ja asennettavia. Nämä seikat ovat tärkeitä, koska valaisimet sijaitsevat hankalissa ja korkeissa paikoissa.

Valaistuksen suunnittelussa tärkeimmät ominaisuudet ovat valaistuksen valonjako ja riittävä valaistusvoimakkuus, koska uudet valaisimet asennetaan suoraan vanhojen tilalle, ja valaisimien sijainteja ei voida muuttaa tai lisätä uusia valaisimia. Sijaintien muutostyöt ja uusien valaisimien lisääminen tekisivät saneerauksesta kannattamattoman. Koska sijaintien vaihtaminen vaatisi myös kaapeleiden vaihtamisen, lisäisi se työn määrää huomattavasti.

Projektissa käytetään apuna Dialux evo -valaistussuunnitteluohjelmistoa, jota käytetään apuna valaistuksen valaistusvoimakkuuden määrittämisessä. Näin ollen suunnitelmaa voidaan käyttää apuna vanhan ja uuden valaistuksen vertailuun.

Työssä myös suunnitellaan So3-laitoksen sekä hiilitunnelin uusien valaisimien ohjaus niin, että valaistus himmenee ja kirkastuu liikkeen perusteella tai sammuu ja syttyy. Kyseinen ratkaisu perustuu digitaaliseen valaistuksen ohjausjärjestelmään, joka tunnetaan nimellä Dali.

Työn tuloksen perusteella voimalaitoksessa pyritään nykyaikaiseen ja energiatehokkaaseen valaistusratkaisuun, joka noudattaa standardin SFS-EN 12464-1 vaatimuksia.

2 Valaistuksen suureet

Valovirta

Valovirta (valonmäärä) on suure, joka kuvaa, kuinka paljon näkyvää valoa valonlähde säteilee kokonaisuudessaan. Valovirran SI-järjestelmän mukainen mittayksikkö on luumen (lm) ja tunnus F tai Φ . [1.]

Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus on suure, joka kuvaa tietylle pinta-alalle lankeavaa valovirran määrää. Valaistusvoimakkuutta käytetään kuvaamaan, miten hyvät valaistusolosuhteet joissakin tiloissa on. Si-järjestelmän mukainen mittayksikkö on luksa (lx) ja tunnus E . [1.]

Valaistuksen tasaisuus

Valaistuksen tasaisuudella tarkoitetaan työskentelyalueen valaistusvoimakkuuden minimiarvon suhdetta keskiarvoon. Tasaisuuden tunnus on U_0 [2.; 6.]

Valovoima

Valovoima on suure, joka mittaa valon intensiteettiä eli valon voimakkuutta. Valovoima kuvaa pistemäisen valon lähteen lähettämän valon määrää avaruuskulmaa kohti. Valovoiman SI-yksikkö on kandela (cd), joka vastaa noin yhden kynttilän lähettämää valon määrää 1 steradianin avaruuskulmaa kohden. Valovoiman tunnus on I_v . [1.]

Valotehokkuus

Valotehokkuus on suure, joka tarkoittaa valonlähteen tuottaman valon määrää kulutettua sähkötehoa kohti. Mittayksikkö on lm/W ja tunnus Φ/P . [1.]

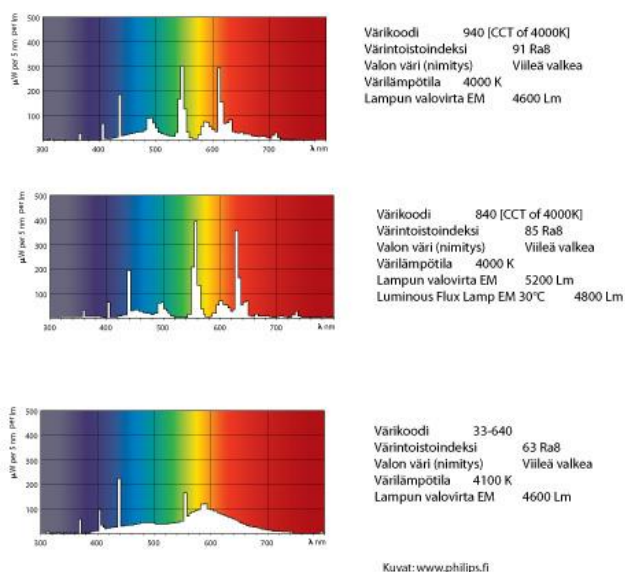
Luminanssi

Luminanssi on suure, joka kuvaa pinnalta lähtevää valon voimakkuutta "pinnan kirkkautta". Luminanssi kertoo valovoiman tarkastelu suunnasta näkyvän projektion pinta-alaa kohti. Luminanssin SI-järjestelmän mukainen mittayksikkö on kandela per neliömetri (cd/m^2). Suureen tunnus on L. [1.]

2.1 Värintoisto

Ympäristön ja siinä olevien kohteiden värin toistuminen luonnollisena on tärkeää näkötehokkuuden kannalta. Hyvä värintoisto saa ympäristön ja kohteet näyttämään miellyttäviltä. Värintoisto määritellään yleisesti värintoistoindeksin R_a perusteella. Indeksissä verrataan tutkittavan valonlähteen värintoistoa vertailuvalonlähteeseen. Enintään 5000 K lamput vertailuvalonlähde on hehkusäteilijä ja yli 5000 K lamput päivänvalo. Indeksien suurin arvo on 100, ja indeksin arvo on sitä pienempi, mitä huonommat värintoisto-ominaisuudet ovat. [3.]

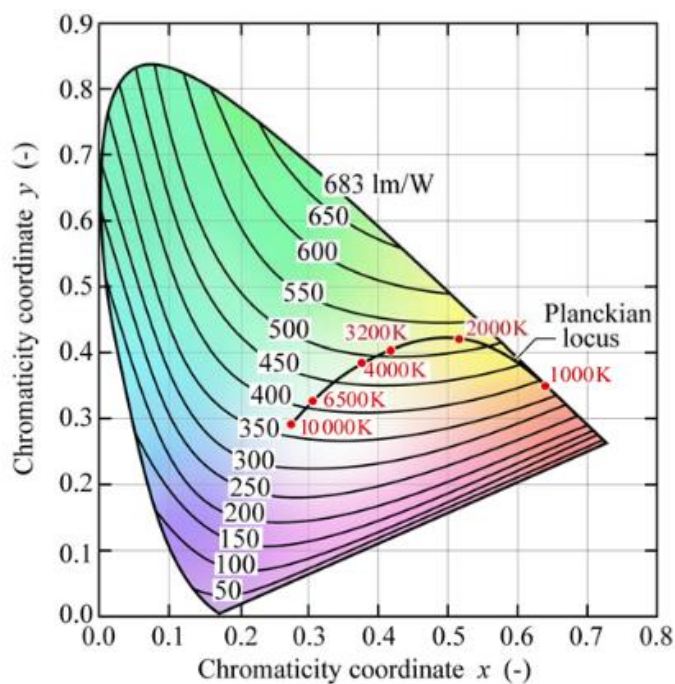
Tiloissa, joissa työskennellään ja oleskellaan pitkäaikaisesti, tulee käyttää lamppeja, joiden värintoistoindeksi on vähintään 80. Kuvassa 1 näemme eri värintoistoindeksien omaavien lamppujen spektrijakauma. [4.]



Kuva 1. Värintoistoindeksit eri valaisimilla

2.2 Värilämpötila

Värilämpötila on valkoiseksi käsitetyn valon, kuten auringonvalon ja lamppujen valon, mitattava ominaisuus. Värilämpötilan yksikkö on kelvin. Maan pinnalle saapuva auringonvalon värilämpötila muuttuu jatkuvasti päivän aikana ilmakehän sinistä valoa sirottavan vaikutuksen vuoksi. Värilämpötilan noustessa valon väri muuttuu punaisesta (2000 K) siniseksi (12000-18000 K). Ihminen näkee värilämpötiloja n. 1000-10000 kelvinin välillä (ks. kuva 2). Arkikielessä puhutaan ”lämpimästä” tai ”kylmästä” väristä. Lämmin väri tarkoittaa väriä, joka on lähellä punaista, ja kylmä väri taas on lähellä sinistä. Kuva 2 nähdään värilämpötilan muutos kelvin-asteikossa. [5.]



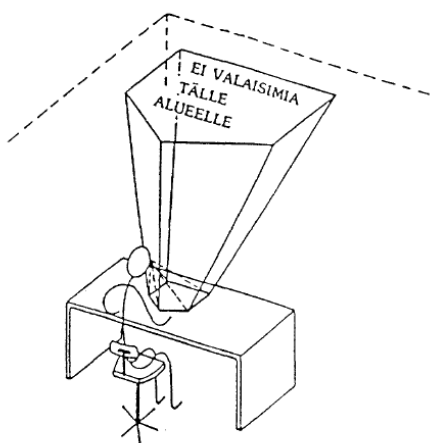
Kuva 2. Planckin käyrä ja värilämpötila-asteikko

2.3 Häikäisy

Häikäisyllä tarkoitetaan näkökentässä olevien kirkkaiden pintojen aiheuttamaa häikäisyn tunnetta. Tähän vaikuttavat häikäisylähteiden sijainti, koko, luminanssi, taustan luminanssi sekä mm. iästä ja vireystilasta riippuvat havaitsijan yksilölliset ominaisuudet.

Häikäisy jaetaan eri häikäisylajeihin: suoraan ja epäsuoraan häikäisyyn, estohäikäisyyn ja kiusahäikäisyyn. Suora häikäisy aiheutuu suoraan lampusta tai valaisimesta tulevas- ta valosta ja epäsuora häikäisy taas jonkin pinnan kautta heijastuvasta valosta. Estohäikäisy on suurien luminanssierojen tai näkökentässä olevien kirkkaiden valonlähteiden aiheuttamaa häikäisyä, joka estää näkemisen. Kiusahäikäisy johtuu samoista tekijöistä kuin estohäikäisykin, mutta kiusahäikäisy aiheuttaa vain epämiellyttävän tunteen, mutta se ei välttämättä estä näkemistä.

Häikäisyä arvioidaan näkökentän maksimiluminanssien, luminanssisuhteiden ja laskennallisten häikäisyindeksien avulla, joista sisävalaistusta suunniteltaessa käytetään sisätyöpaikkojen kiusahäikäisyindeksiä URG:tä. URG-arvo kuvaa havaitsijoiden koke- maa häikäisyä huonetilassa, ja sen suositeltavat raja-arvot muodostavat sarjan, joka osoittaa havaittavan muutoksen häikäisyssä. Indeksia ei kuitenkaan voida käyttää, mikäli valaisimen valoaukko ei ole tasaisesti valottunut, sillä laskenta antaa silloin liian pienen arvon. [6.; 7.]



Kuva 3. Havainnollistava kuva, mihin valaisinta ei tulisi sijoittaa

2.4 Valonlähteiden polttoikä

Polttoiällä tarkoitetaan perinteisten valonlähteiden esim. hehkulampun polttoaikaa. Polttoikä saadaan selville IEC-standardin mukaisella mittausjärjestelyssä, jossa testatuista valonlähteistä 50% palaa vielä ilmoitetun tuntimäärän jälkeen. Perinteisissä valonlähteissä tunnetaan myös hyötypolttoikä, jossa valonlähteen kokonaisvalovirta on laskenut 80% alkuperäisestä. Hyötypolttoiällä määritellään yleensä valonlähteiden taloudellinen ryhmävaihtoväli. [10.]

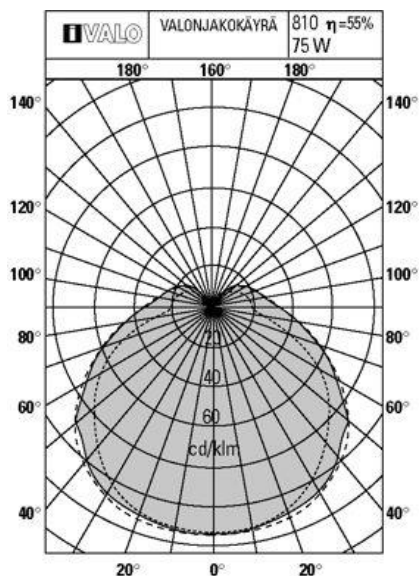
Nykyaikaisissa led-valonlähteissä polttoikä tunnetaan yleisesti elinikänä. Elinikä tarkoitetaan yleensä sitä, kuinka paljon alkuperäisestä valovirrasta on jäljellä tietyn ajanjakson jälkeen. Ledissä elinikä määritetään siten, että on tietty aika, jolloin led-valovirrasta on jäljellä 70 %. Tästä arvosta käytetään lyhennettä L70. Tyypillinen led-valaisimen L70-arvo on 50 000 tuntia. Valaisimen elinikään vaikuttaa monta muuttujaa, esimerkiksi led-valaisimissa elinikään vaikuttaa ympäristön lämpötila. Korkeissa lämpötiloissa sininen led-siru ja fosforikerros rappeutuvat, ja ennen pitkää ledin valovirta alenee.

Koska ledien elinikä ilmoitetaan L70-arvona, on ledin valovirranalennema (LLMF) tällöin 0,7. Tämä on huomattavasti matalampi kuin esimerkiksi T5-lamppujen vastaava arvo, joka on n. 0,9. Muut tekijät, jotka vaikuttavat huoltokertoimeen, ovat lampun eloonjäämiskerroin (LSF), huoneen pintojen likaantumiskerroin (RSMF) ja valaisimen valovirranalennema (LMF). Kun kaikki nämä tekijät lasketaan yhteen, saadaan huoltokerroin (MF), joka on n. 0,5 - 0,6 riippuen sovelluksesta ja valaisimen tyypistä. Glamoxin valaisimille voidaan pyydettäessä antaa myös elinikä, joka perustuu muuhun kuin arvoon L70.

Valaisinasennuksessa loistelamput täytyy vaihtaa 2-3 kertaa, ennen kuin 50 000 tunnin käyttöikä on saavutettu. Loistelamput menettävät 10-25 % valovirrastaan, ennen kuin ne vaihdetaan uusiin. LED-valonlähteitä ei sen sijaan tarvitse tässä ajassa vaihtaa ollenkaan, mutta ne menettävät 30 % valovirrastaan elinikensä aikana. [8.]

2.5 Valonjako

Säteilykulmalla tarkoitetaan valaisimen valaistusaluetta. Yleisvalaistuksissa käytetään suurisäteilykulmaisia valaisimia ja kohdevalaistuksessa pienisäteilykulmaisia valaisimia. Säteilykulmasta käytetään myös nimityksiä keilan koko, valonjako ja avauskulma. Kuvassa 4 on I-valon 75 W -kupuvalaisimen valaisimen valonjakokäyrä.



Kuva 4. Valaisimen valonjakokäyrä

2.6 Sylinterivalaistusvoimakkuus

Sylinterivalaistusvoimakkuus on keskiarvo tulevasta valosta kuvitteellisen sylinterin pystypinnalle. Käytännössä tämä tarkoittaa keskiarvoa ihmisen päähän osuvasta valosta. Sylinterivalaistusvoimakkuudella on silloin merkitystä, kun työskennellään alueilla, joilla halutaan nähdä ympäröivät pinnat. Hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää luokkatilaa, jossa sylinterivalaistusvoimakkuus on oleellinen. Jotta oppilas voi nähdä taulun pinnat, opettajien, oppilaiden ja muiden henkilöiden kasvot selkeästi.

3 Fortum Suomenojan voimalaitos

3.1 Voimalaitos yleisesti

Suomenojan voimalaitos sijaitsee Espoon Suomenojalla Kaitaan ja Matinkylän välisellä alueella. Laitoksen omistaa Fortum Power & Heat Oy, joka on Fortum Oy:n tytäryhtiö. Power & Heat Oy:n päätavoite on sähköntuotanto ja kaukolämmöntuotanto asiakkaille. Laitos tuottaa kaukolämpöä Espoon, Kauniaisten ja Kirkkonummen kodeille sekä kiinteistöille ja sähköä valtakunnan verkkoon. Laitos tuottaa 359 MW sähköä ja 554 MW kaukolämpöä kivihiilellä ja maakaasulla.



Kuva 5. Suomenojan voimalaitos

Voimalaitos on ollut elinaikanaan useamman omistajan alaisuudessa. Ensimmäisten laitosten valmistuessa laitos oli Espoon Sähkö Oy:n omistuksessa. Laitos siirtyi vuosituhaten alussa Saksalaiselle E.ON-energiayritykselle. Yritys nimesi Espoon Sähkö Oy:n E.ON Finland Oy:ksi. Vuonna 2006 Fortum osti enemmistöosakkuuden E.ON Suomen toiminnoista, ja Suomenojan laitos siirtyi Fortum alaisuuteen. Kauppaan sisältyi myös vanhan Joensuun energian yksiköt.

3.2 Voimalaitoksen rakenne

Voimalaitoksen ensimmäinen laitos So1 valmistui vuonna 1977 silloisen Espoon Sähkö Oy:n alaisuuteen. So1 on kivihiilellä toimiva hiilipölyä polttava kattila, joka tuottaa sähköverkkoon sähköä 102 MVA:n generaattorilla. So1-laitosyksikkö on vastapainevoimalaitos, jolla tuotetaan sähköä sekä kaukolämpöä. Vastapainelaitos poikkeaa lauhdevoimalaitoksesta niin, että turbiinista syntyvä höyry hyödynnetään lämmittämään vettä kaukolämpöä varten. Lauhdevoimalaitoksessa taas syntyvää höyryä jäähdytetään läheisellä vesistöllä ja jäähdytystorneilla.

Vuonna 1989 valmistunut rikinpoistolaitos So8 on kytketty So1-laitoksen perään. Rikinpoistolaitos suodattaa savukaasut sähkösuodattimen avulla, jolloin kaasusta saadaan poistettua suurin osa rikistä ja tämän avulla saadaan vähennettyä hiukkaspäästöjä.

So3-laitos on So1:n läheisyydessä, ja laitos on kivihiilellä toimiva leijupetikattila. Laitosta käytetään kaukolämmöntuotantoon, koska laitoksella ei ole omaa generaattoria.

Voimalaitoksen isoin laitos on So2, joka on valmistunut vuonna 2009, ja rakennuttajana toimi Fortum Oy. So2 on kaasukombilaitos, jossa pakokaasu johdetaan lämmönvaihtimeen, joka hyödyntää pakokaasun lämpöä höyryn tekemiseen. Höyry johdetaan edelleen höyryturbiiniin. Laitos muodostuu kahdesta osasta: So2GT:sta ja So2ST:sta. So2GT on kaasuturbiini ja So2ST höyryturbiini, jotka yhdessä muodostavat kaasukombilaitoksen. Laitoksen yhteydessä on 180 MVA:n generaattori.

So4 on vuonna 2014 rakennettu lämpöpumppulaitos. Laitos on rakennettu yhteistyössä Helsingin seudun ympäristöpalvelujen (HSY) kanssa. HSY:n jätevesi pumpataan talteen lämpöpumpuilla. Pumppulaitoksen suorituskerroin (COP) on noin 3 – 4,5. Laitos kuluttaa sähkötehoa noin 10 MW, eli kaukolämpöä tuotetaan noin 30-45 MW.

So6 on maakaasulla toimiva kaasuturbiinilaitos. Laitos valmistui 1989, ja sen rakennuttajana toimi Espoon Sähkö Oy. So6 pyörittää 47 MVA -generaattoria, jolla saadaan nostettua voimalaitoksen kaukolämpötehoa ja kokonaishyötysuhdetta.

4 Valaistus voimalaitosympäristössä

4.1 Standardin asettamat vaatimukset

Standardissa SFS-EN 12464-1 on määritelty voimalaitoksille omat suositeltavat valaistusvoimakkuuden E_m , häikäisyindeksin UGR, valaistuksen tasaisuuden U_o ja värinotoindeksin R_a rajat eri tiloihin. Taulukosta 1 [6.] näemme eri tilojen suositellut arvot. Saneerauksen tarpeessa olevat tilat ovat lähinnä kattilarakennukset, polttoainekenttä, konehallit ja aputilat.

Taulukko 1. Standardissa määritellyt arvot

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Erityisvaatimukset
5.20.1	Polttoainekenttä	50	–	0,40	20	Turvavärien tulee olla tunnistettavissa
5.20.2	Kattilarakennus	100	28	0,40	40	
5.20.3	Konehallit	200	25	0,40	80	
5.20.4	Aputilat, esim. pumppuhuoneet, lauhdutinhuoneet jne.; jakokeskukset (sisätiloissa)	200	25	0,40	60	
5.20.5	Valvomot	500	16	0,70	80	1. Ohjaustaulut usein pystysuorassa 2. Himmennys saattaa olla tarpeen 3. Näyttöpäätetyö, katso 4.9.

4.2 Yleisesti käytetyt valonlähteet

4.2.1 Led-valonlähde

Led toiselta nimeltään hohtodiodi on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan virtaa. Ledin kehitti General Electricissä Nick Holonyak vuonna 1962. Ledin ensimmäisenä kaupallisena käyttötarkoituksena olivat erilaiset merkivalot. Vuonna 2006 Japanilainen Shuji Nakamura kehitti valkoisen ledin, joka perustui siniseen lediin, jonka pinta oli päällystetty fluoresoivalla loisteaineella. Toinen tapa luoda valkoista valoa on yhdistää erivärisiä ledejä. [9.]

Ledeistä normaalisti puhuttaessa puhutaan valaisimista, koska yleensä ledivalaisimissa on useampi komponentti esim. virtalähde, moduuli ja runko. Markkinoilta löytyy myös

normaaleja ledilamppuja, joilla voidaan korvata vanhat hehkulamput ja energiansäästölamput. Ledilamput on normaalisti suunnattu kuluttajakäyttöön johtuen pienemmästä valontuotosta verrattuna ledivalaisimeen. Loisteputkivalaisimista löytyy lediloisteputki-malli korvaamaan perinteiset 16-58 W T8 -loisteputket. Kuvassa 7 näemme erilaisia ledivalaisimia ja kuvassa 8 erilaisia ledilamppuja.



Kuva 7. Led-valaisimia



Kuva 8. Led-lamppuja

Ledien hyviä puolia on valaisimien pitkä käyttöikä, jopa 70 000 h. Valaisin syttyy lähes välittömästi. Valaisinta on helppo säätää erillisillä himmentimillä kuten DALI:lla, ja ledien tehonkulutus on alhainen.

Ledin huonoja puolia on korkea hinta kilpailijoihin nähden. Moduulien vaihdettavuusongelma on tosin parantumassa. Vaihdettavuutta helpottamaan on perustettu Zhaga-konsortio, joka määrittää standardin, jossa led-valonlähteet olisivat

vaihtokelpoisia valmistajien kesken. Ledivalaisimien tekniikka kehittyy myös koko ajan, mikä voidaan nähdä myös huonona, sillä uusi investointi voikin olla jo vuoden kahden päästä vanhentunut. Tekniikan kehittyminen voidaan tietysti nähdä myös hyvänä puolena, sillä valaisimien lm/W-arvo paranee koko ajan ja tekee valaisimista entistä vähän energiaa käyttäviä. [10.]

Led-valaisin soveltuu voimalaitoksilla lähes jokaiseen tilaan valotehokkuutensa ja pitkän elinikensä takia. Valaisinta valittaessa tulee ottaa huomioon ympäristön vaikutus valaisimeen. Suomenojan voimalaitoksella led-valaisimia ei vielä ole käytössä. Tämän insinööriyön tavoitteena on korvata So3-laitoksen valaisimet ledeillä, mikä mahdollistaisi käyttökokemusten saamisen kyseisellä valaisintyyppillä.

4.2.2 Loistelamppuvalonlähde

Loistelamppu, toiselta nimeltään loisteputki, on matalapaineinen purkauslamppu, joka on täytetty kaasulla esimerkiksi argonilla tai kryptonilla. Varsinainen valoa tuottava aine on elohopea, joka kaasuuntuu sähköpurkauksen seurauksena ja näin ollen luo UV-säteilyä. Loistelamppuvalaisimessa on lampun lisäksi joko kuristin ja sytytin tai elektroninen liitäntälaitte. Loistelamppuja on myös muunlaisia kuin pelkästään putkia, esimerkiksi pienloistelamppuja ja u:n ja ympyrän muotoisia putkia. Kuvissa 9 ja 10 näemme loistelamppuvalaisimen rakenteen sekä erilaisia loistelamppuvalaisimia. [10.]

Voimalaitoksen lähes kaikki prosessitilojen sisävalaistus on toteutettu noin 15-20 vuotta vanhoilla valaisinrungoilla, joissa yleisimmin käytössä on 51 W ECO -loistelamppuja. Kyseiset valaisimet ovat voimalaitoksella jo melko huonossa kunnossa.



Kuva 9. Loisteputkivalaisimen rakenne



Kuva 10. Erilaisia loistelamppuja

4.2.3 Suurpainenatriumlamppu

Suurpainenatriumlamppu on myös purkaussäteilevä valonlähde kuten loistelamppu. Suurpainenatriumin (lyh. SPna) toiminta perustuu siihen, että suurpaineisessa natriumhöyryssä syntyvä purkaus lähettää keltaista valoa. SPna:n hyviä puolia ovat hyvä valotehokkuus, pitkä polttoikä ja halpa hankintahinta. Huonoina puolina taas huono värin- toistokyky. Värin- toistoindeksi on noin 18-25, ja valon väri on oranssi-keltainen.

Valonlähde soveltuu lähinnä voimalaitoksissa lisävalaistukseen, jossa värin- toistolla ei ole merkitystä esim. hiilikentät tai liikumisalueet. Kuvassa 11 näemme SPna- valaisimen, valonlähteen ja miltä valaistus näyttää. [10.] Suomenojan voimalaitoksella valaisintyyppi on yleisin valaisin ulkovalaistuksessa. Lisäksi kyseisiä valaisimia sijaitsee myös prosessitilojen kattilahalleissa, joissa halutaan valaista isoja alueita. Kyseiset valaisimet eivät tiloissa täytä standardin SFS-EN 12464-1 vaatimuksia värin- toistoin- deksin kohdalla, joka kyseisissä tiloissa on 40.



Kuva 11. SPna-valaisin, valonlähde ja esimerkki valaistusratkaisusta

4.2.4 Elohopealamppu

Elohopealamppu on myös suurpaineinen purkauslamppu kuten SPna. Elohopealamppun purkausputkessa on elohopeaa, joka korkeapaineisena höyrynä lähettää sähköpurkauksessa lähinnä UV-säteilyä. Lampun kuvun sisäpinnalla oleva loisteaine muuttaa purkausputken UV-säteilyn näkyväksi valoksi. EU-asetukset ovat 13.4.2015 alkaen kieltäneet elohopeahöyrylamppujen markkinoille tuomisen Euroopassa. Sen seurauksena elohopeavalaisimia ei tulla käyttämään uusissa asennuksissa. Kuvassa 12 näemme elohopealamppun ja valaisimia. [11.]



Kuva 12. Elohopealamppu ja valaisin

Elohopealamppun hyviä puolia ovat lampun ja valaisimien edullinen hankintahinta, pitkäikäisyys ja viileä väri. Huonoja puolia ovat värinatio, valotehokkuus noin 50 lm/W, pitkä syttymisaika sekä valaisimista tuleva ongelmajäte. [10.]

Suomenojalla elohopeavalaisimet on korvattu suurpainenatriumvalaisimilla, mutta valaisimia on vielä käytössä voimalaitoksen naapurissa sijaitsevassa HSY:n vedenpuhdistamolla ulkovalaisimina.

4.2.5 Monimetallilamppu

Monimetallilampuissa on elohopealamppun polttimoa vastaava purkausputki, joka sisältää elohopean lisäksi muiden metallien jodideja. Kaasun sähköpurkauksessa syntyvä valo on väriominaisuuksiltaan elohopeavalonlähdettä huomattavasti parempi. Sen lisäksi lamppu tuottaa paremmin valoa, ja valotehokkuus on myös parempi kuin elohopealampuissa.

Monimetallilampun käyttökohteet ovat laajentuneet, esimerkiksi katuvalaistukseen ja myymälöihin, koska valon värinatio on hyvä. Monimetallilamppu vaatii toimiakseen virranrajoittimen ja sytytinlaitteen. Kuvassa 13 on tyypillinen monimetallilamppu ja valaisin.

Valonlähteen hyviä puolia ovat valotehokkuus, värintoisto, valon väri, ja valonlähteen soveltuvuus hyvin korkeiden tilojen valaistukseen. Pieni valonkappale mahdollistaa tehokkaan valaisinoptiikan, ja valaisimella on myös pitkä elinikä.

Huono puoli on taas lampun korkea hinta. Lampun valon väri saattaa myös ajan kanssa muuttua. Valaisimella on pitkä syttymisaika, kuten kaikilla suurpaineisilla purkauslampuilla. [10.]

Voimalaitoksella monimetallivalaisimia löytyy ulkovalaisimena muutamia kappaleita. Monimetallivalaisimilla on lähinnä korvattu rikkiäisiä suurpainenatrium- tai elohopea-valaisimia, vaikka valaisimen hinta tekee siitä kalliin verrattuna muihin ulkovalaisimiin. Monimetallivalaisinta on lähinnä asennettu sen takia, että sähkötukkuliikkeiltä kyseistä valaisintyyppiä on saatu edullisesti.



Kuva 13. Monimetallilamppu ja valaisin.

5 Suomenojan valaistus

Voimalaitoksen prosessitilojen valaistus koostuu pääosin vanhoista Glamox 1x51W- ja 2x51W Aura T8 eco saver long life -loisteputkia käyttävistä loisteputkivalaisimista sekä tiloista riippuen myös suurpainenatrium- ja elohopeaulkovalaisimista. Kyseisillä ulkova-laisimilla lisätään korkeiden kattilahallien valaistusvoimakkuutta.



Kuva 14. Voimalaitoksen hiilisiilon valaistus

Valaistuksen saneeraus tulee tarpeeseen, koska osa valaisimista on alkuperäisiä 70- ja 80-luvulla rakennetuissa kivihiilellä toimivissa laitoksissa. Uudemmissa laitoksissa, esim. So₂-kaasukombilaitoksella, käytetään myös uudemman tyyppisiä loistelamppu-valaisimia, ja niiden vaihtaminen ei tule vielä kokonaiskustannusten kannalta kannattavaksi. Lisäksi kaasuvoimalaitoksen ympäristö ei kuormita valaisimia pölyllä ja kuumuudella samalla tavalla kuten kivihiilellä käyvissä laitoksissa.

Kivihiililaitoksilla olevien vaativien olosuhteiden takia nykyisten valaisimien kunto ja valotehokkuus eivät enää vastaa alkuperäistä.

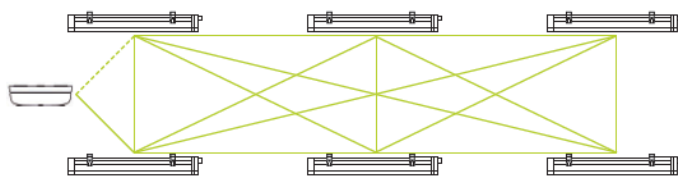
Ympäristön olosuhteet aiheuttavat esimerkiksi loisteputkivalaisimissa putken liitinpäiden kulumisen ja valaisimien suojamuovin mustaksi pinttymiseen. Tämä aiheuttaa

myös valaisimien kunnossapidon kannalta suuria kustannuksia, sillä osa valaisimista sijaitsee hankalissa paikoissa, joihin pääseminen vaatii telineiden rakentamista.

Uutta valaisinratkaisua valittaessa ympäristön seikat tulee ottaa erityisesti huomioon, jotta turhilta kustannuksilta välttyttäisiin tulevaisuudessa. Uusien valaisimien tulisi vaatia mahdollisimman vähän huoltoa.

Valaisimien polttoaika asettaa myös omat vaatimuksensa, koska prosessitilojen valaisimien tulee olla päällä 24 tuntia vuorokaudessa, jotta tiloissa voidaan liikkua turvallisesti ilman tapaturmavaaraa. Tämän johdosta loistelampuilla on huomattavasti lyhyempi vaihtoväli kuin esimerkiksi toimistoympäristössä.

Polttoikää voidaan pidentää uusissa valaisimissa esimerkiksi himmennyksellä ja läsnäolotunnistuksella. Himmennyksen ohjaus voidaan toteuttaa joko langattomasti tai asentamalla erillinen ohjauskaapeli antureiden ja valaisimien välille. Jälkimmäinen vaihtoehto on tosin suljettu pois, koska uuden ohjauskaapelin asentaminen lisäisi kustannuksia huomattavasti.



Kuva 15. Esimerkki langattomasta ohjauksesta

Kuvassa 15 on esimerkki valaistuksen langattomasta ohjauksesta, jossa jokainen valaisin kommunikoi keskenään langattomasti antureiden kanssa. Valaisimien toiminta voidaan esimerkiksi ohjelmoida tietokoneella tai valaisinvalmistajan tarjoamalla kaukosäätimellä.

Tässä työssä ei varsinaisesti käsitellä suoraan So1-laitosta ja muita vanhempia laitoksia, mutta So3-laitoksen ja hiilitunneliin otettavaa uutta ratkaisua voidaan käyttää apuna, kun laitoksen valaisimien uudistaminen tulee ajankohtaiseksi. Kyseisten laitosten tilat ovat vaatimukseltaan lähes identtisiä.

Koska tulevaisuuden valaisimien hintoja ja valotehokkuuden parantumista on vaikea arvioida, saattaa So1-laitokselle asennettava valaisin vaihtua. Koska So3-laitokseen ja hiilitunnelissa käyttöön tulevasta valaisimesta saattaa löytyä edullisempi ja parempi ratkaisu tulevaisuudessa.

6 So3-laitoksen ja hiilitunnelin valaistuksen nykytila

6.1 So3-laitoksen nykytila

So3-laitoksen valaistus koostuu pääosin loistelamppuvalaisimista sekä suurpainenatriumvalaisimista. Suurpainenatriumvalaisimia käsitellään ainoastaan energian kulutuksessa ja virran laskennassa. Muuten valaisimia ei nykytilan kartoituksessa tulla käsittelemään, koska kyseisille valaisimilla ei ole tarvetta saneeraukselle.

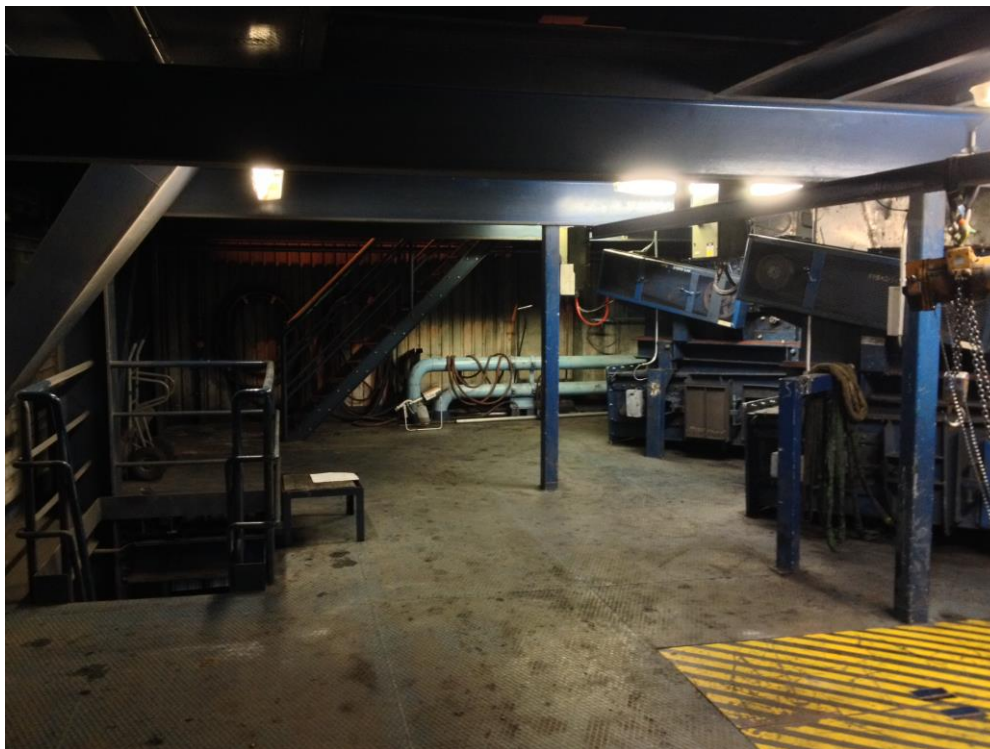
So3-laitoksessa on 100 kpl Glamox 2x51 W T8 -loistelamppuvalaisinta, jotka käyttävät Aura T8 eco saver long life -loistelamppua (ks. kuva 16). Valaisimet toimivat magneettisella sytyttimellä. Laitoksessa on loisteputkivalaisimien lisäksi myös kuvassa 16 näkyviä suurpainenatriumvalaisimia 17 kpl, jotka ovat merkiltään I-Valo 250 W 6237 V2. Valaistuksen ohjaus kattilahallissa on toteutettu painonapein, kuten myös laitoksen aputiloissa.



Kuva 16. So3:n suurpainenatrium- ja loistelamppuvalaisin.

6.2 So3-laitoksen valaistusmittaukset ja mallinnus

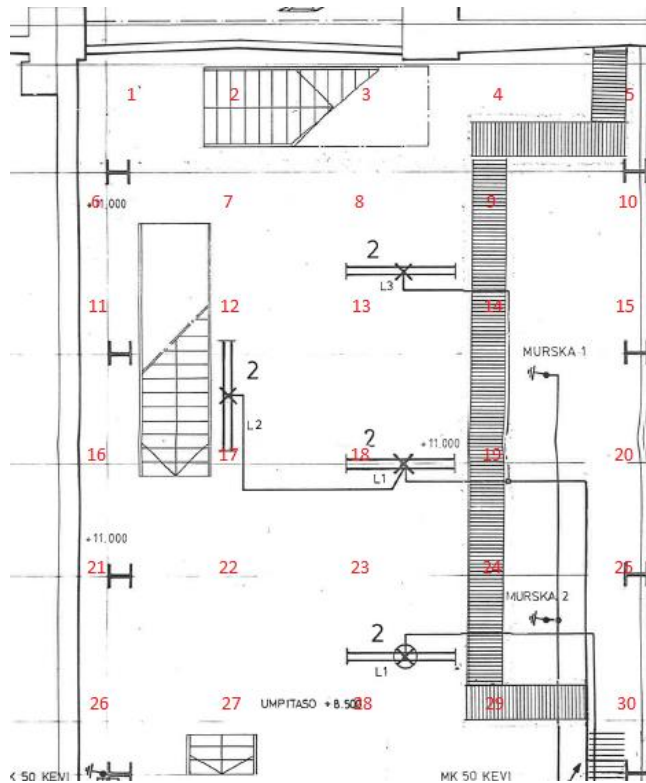
So3-laitoksen monimuotoisuuden, koon sekä eri tasojen määrän takia tiloista on todella työlästä tehdä valaistuslaskenta Dialux-ohjelmistolla. Tämä vaatisi tehokkaan tietokoneen, jotta mallintaminen onnistuisi sulavasti. Myös käytännön mittauksien suorittaminen on työlästä samojen seikkojen takia. Tämän takia referenssikohteeksi valittiin tila, jossa vanhan valaistuksen ja suunniteltavan uuden valaistuksen eroja pystyy parhaiten vertailemaan ja näkemään, kuinka paljon uusilla valaisimilla tilassa valaistusvoimakkuus paranee verrattuna vanhaan. Tämänlainen tila löytyi So3-laitoksen hiilenvälikuljetintilasta (ks. kuva 17), jossa on pelkästään loistelamppuvalaisimia.



Kuva 17. Välikuljetintila

Standardeissa tila luokitellaan kattilarakennukseksi tai aputilaksi [6. Taulukko 1], jolloin standardin SFS-EN 12464-1 edellyttämä valaistusvoimakkuus on 100 lx ja 200 lx sekä värintoistoindeksi 40 ja 60.

Valaistusvoimakkuusmittaukset toteutettiin välikuljetintilaan kuvan 18 mukaisen mittauskoordinaatiston perusteella. Mittapistet olivat huoneen keskikorkeudella, eli 1,5m:n korkeudessa, joka on myös tilan arvioitu työskentelykorkeus. Standardissa ei löytynyt vastaavaa mittauskorkeutta kyseiselle tilalle.



Kuva 18. Mittauspisteet

Taulukko 2. Välikuljettimen mittaustulokset

Mittauspiste	valov.(lx)	Mittauspiste	valov.(lx)	Mittauspiste	valov. (lx)
1	72	11	49	21	35
2	26	12	43	22	39
3	75	13	147	23	85
4	68	14	136	24	73
5	59	15	136	25	45
6	10	16	113	26	6
7	34	17	100	27	23
8	196	18	270	28	230
9	240	19	363	29	530
10	33	20	136	30	110

Keskiarvo 116,1 lx

Taulukosta 2 näemme tilan mittaukset kuvan 18 mittauspisteiden mukaan. Tilan keskiarvoksi saatiin 116,1 lx, joka täyttää kattilahallin 100 lx:n vaatimukset mutta ei aputiloihin vaadittavaa 200 lx:n arvoa. Tulokset mitattiin kuvassa 19 olevalla Cem DT-1301 -luksimittarilla.

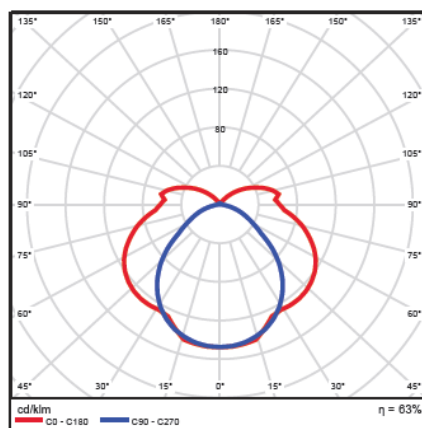


Kuva 19. Cem DT-1301 -luksimittari

Värintoistoindeksi on 80 tämänhetkisillä Aura eco saver T8 long life -loisteputkilla, jotka lamppuvalmistaja on ilmoittanut.

Dialux evo -valaistuslaskentaohjelmistossa valaisimena käytettiin nykyistä valaisinta vastaavaa valaisinta, joka ulkonäöltään ja valonjaoltaan muistutti nykyistä valaistusta kuvassa 20.

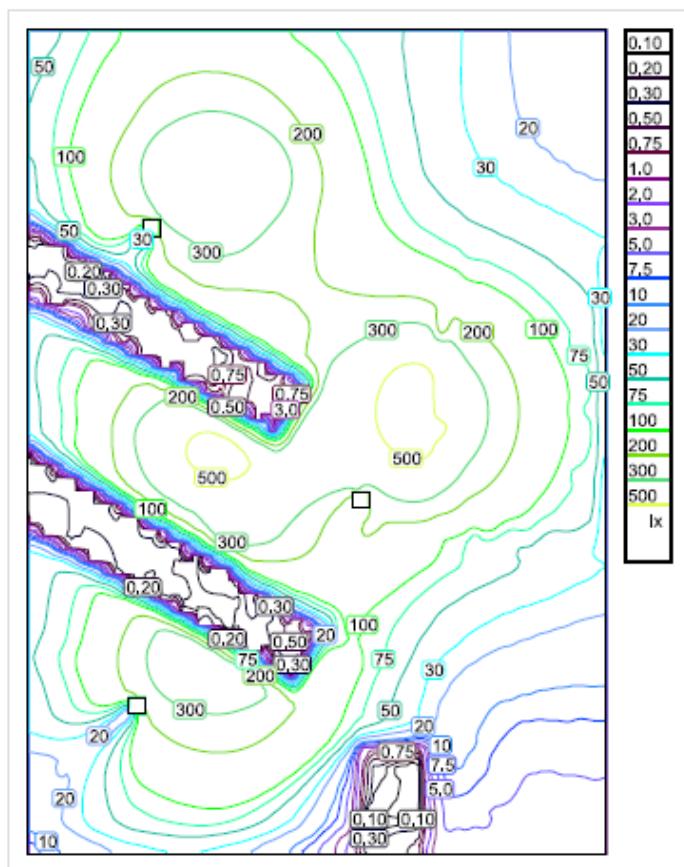
- Glamox luxo lighting i40 258
- 2x58 W T8
- värilämpötila: 4000 K
- valovirta: 10400 lm
- valotehokkuus: 62.3 lm/W
- värintoistoindeksi: Ra >80.



Kuva 20. Glamox luxo lighting i40 258 -valaisin ja valonjakokäyrä

Tilan keskiarvoksi saatiin 128 lx. Tuloksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon todellisen valaistuksen likaisuus ja kunto. Kuvassa 21 näemme Dialux-ohjelmistolla muodostuneen isoluksikartan.

Tilassa valaistus jakaantuu tasaisesti työskentelyalueille eli tilan kahdelle välikuljettimen moottorille, mutta kuvassa näkyvät ylä- ja alanurkat eivät valaistu tasaisesti. Ohjelmistossa valaistuksen tasaisuutta kyseisissä nurkissa ei voi verrata täysin todellisuuden valaistukseen, sillä reunoissa oleviin paikkoihin tulee myös valoa ylemmiltä tasoilta. Liitteessä 1 on tilan Dialux-ohjelmiston tarkemmat laskentatiedot.



Mittakaava: 1 : 75

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 128 lx, Min.: 0,06 lx, Maks.: 617 lx, Min./keskim.: 0,000, Min./maks.: 0,000,

Kuva 21. Dialux-valaistusvoimakkuus nykyisestä välikuljetintilasta.

6.3 Hiilitunnelin nykytila

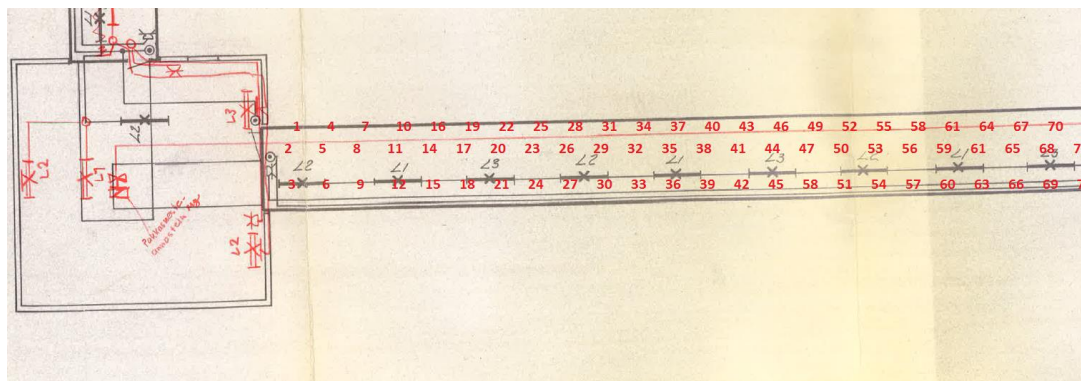
Hiilitunnelin valaistus koostuu pääosin loisteputkivalaisimista, joita on yhteensä 61 kpl, joista 46 kpl on 1x58 W T8 -loisteputkisia Glamox GSYL 1/65 W -valaisimia (kuva 22). Murskain- ja kääntötasoilta löytyy lisäksi 15 kpl 2x51 W Glamox mix 258 ja sekalaisia 70-luvun Glamoxin valaisimia. Loisteputkien lisäksi tunnelissa on 4 kpl I-Valon 250 W -suurpainenatriumvalaisinta. Valaistuksen ohjaus tunnelissa on toteutettu kytkimillä sekä painonapeilla. Ohjaus on sijoitettu tunnelissa olevien väliovien sekä pääovien läheisyyteen.



Kuva 22. Hiilitunnelin valaisimet

6.4 Hiilitunnelin mittaus ja mallinnus

Standardeissa tila luokitellaan polttoainekentäksi [6. Taulukko 1], jossa valaistusvoimakkuudeksi vaaditaan 50 lx sekä värintoistoindeksiksi 20. Kuvassa 23 näemme valaistusvoimakkuuden referenssimittausalueeksi valitun 25 m:n pituinen osan tunnelista.



Kuva 23. Hiilitunnelin mittapisteet

Mittauspisteet taulukossa 3 on mitattu tilan keskikorkeudelta, joka on 1,2 m. Se on myös työskentelytaso, jossa esimerkiksi korjataan hiilenkuljettimen osia. Standardissa ei ollut tarkkaa määritelmää mittapisteiden korkeudesta.

Taulukko 3. Tunnelin mittaustulokset

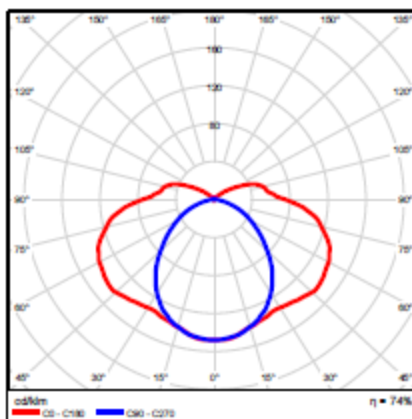
mittaus	lx	mittaus	lx	mittaus	lx	mittaus	lx
1	2	21	1	41	1	61	0,9
2	2,5	22	120	42	9	62	43
3	1	23	220	43	2	63	11
4	160	24	105	44	1	64	6,5
5	340	25	0,5	45	97	65	350
6	5	26	5	46	98	66	550
7	1,5	27	1	47	71	67	320
8	4,5	28	9	48	1	68	2
9	1	29	2	49	3	69	10
10	44	30	1	50	6	70	11
11	14	31	97	51	0,8	71	0,4
12	2	32	98	52	0,7	72	0,6
13	48	33	71	53	0,5		
14	40	34	1	54	37		
15	6	35	3	55	10		
16	2	36	6	56	3		
17	2,5	37	0,8	57	13		
18	0,5	38	0,7	58	17		
19	90	39	0,5	59	21		
20	30	40	5	60	10,7		

Keskiarvo 45,2 lx

Taulukosta näemme tilan mittaukset myös mittauspisteiden perusteella. Tilan keskiarvo on 45,2 lx, joka jää alle standardin 50 lx vaatimuksen. Valaisimet käyttävät samaa Auran T8-loisteputkea kuin välikuljetintilassa olevat valaisimet. Värintoistoindeksi on 80, joka täyttää vaaditun 20 raja-arvon.

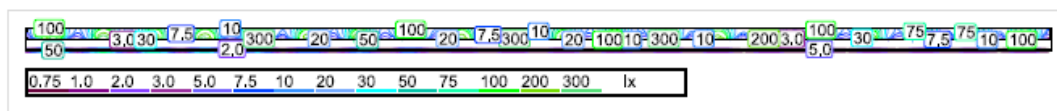
Dialux evo -valaistuslaskentaohjelmistolla hiilitunnelissa valaisimena käytettiin nykyisen valaisimen uudempaa mallia vastaavasta valaisimesta, joka ulkonäöltään ja valonjaoltaan muistutti myös nykyistä valaisinta kuvassa 24.

- Glamox luxo lighting GPV2 158 PC
- 1x58 W T8
- väriämpötila: 4000 K
- valovirta: 5200 lm
- valotehokkuus: 53.3 lm/W
- värintoistoindeksi: Ra >80.



Kuva 24. Vastaava valaisin ja valonjakokäyrä

Dialux evo -valaistuslaskentaohjelmistolla tilan valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi saatiin 61 lx. Tuloksissa tulee ottaa huomioon todellisen valaistuksen likaisuus ja kunto verrattuna dialuxin tulokseen. Kuvassa 25 näemme Dialux-ohjelmistolla muodostuneen isoluksijakauman. Tilassa valaistuksen tasaisuudella U_0 ei ole suurta painoarvoa, koska tilassa ei pääsääntöisesti työskennellä. Liitteessä 2 ovat tarkemmat laskentatiedot tilasta.



Mittakaava: 1 : 750

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

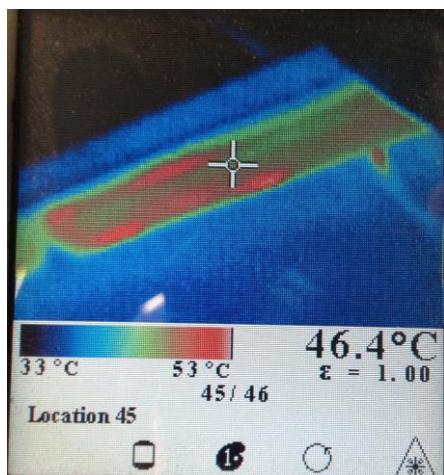
Keskiarvo (todellinen): 61 lx, Min.: 0.00 lx, Maks.: 451 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./ maks.: 0.000,

Kuva 25. Dialux-valaistusvoimakkuus nykyisestä hiilitunnelin tilasta.

6.5 Energian kulutus ja huolto

Laitoksen tilat aiheuttavat valaisimille vaativat olosuhteet kuumuudesta ja hiilipölystä johtuen. Kuumuus on omiaan aiheuttamaan valaisimen liittimien kulumista, joka taas aiheuttaa putkia vaihdettaessa osien irtoamisen ja hajoamisen. Seurauksena yleensä on koko valaisimen vaihtaminen uuteen.

So3-laitoksen kattilahallin ylimmällä tasolla valaisimien lämpötila nousee lähelle 50 astetta johtuen vierellä olevista leijupetikattiloista, joiden pinta on lähes 100-asteinen. Kuvassa 26 näemme korkeimman saadun lämpötilan valaisimelta. Korkea lämpötila tulee olemaan myös haasteellinen uusilla valaisimilla.



Kuva 26. Lämpökamera kuvaa So3:n valaisimesta

Pöly aiheuttaa lähinnä valaisimien heijastaville pinnoille peitettä, joka taas vähentää valaisimen valotehokkuutta. Valaisimet tulisi puhdistaa melko usein, mutta suuren määrän ja sijaintien johdosta operaatio on työläs, ja valaisimet jäävät yleensä huoltamatta.

Kyseiset olosuhteet ovat pääsyy, miksi vanhat valaisimet halutaan uusia So3-laitoksella sekä hiilitunnelissa. Myös komponenttien vaihtaminen ja valaisimien huolto kuumissa ja korkeissa olosuhteissa aiheuttavat asentajalle työtaturmavaaran putoamisen ja palovammojen saamisen vuoksi. Jotta työtaturma vaarat vähenevät, on valaisimien tarkoitus kestää pidempään. Näin ollen huoltovälit harvenevat.

Nykyisen valaistuksen yhden valaisimen karkeat huoltokustannukset keskimäärin vuodessa ovat 40 €. Huoltokustannukset on määritelty valaisimen valonlähteen eliniän, tarvikkeiden kustannushinnan sekä työnkustannusten perusteella.

Ruotsin energiaviranomaisten laskentamallia apuna käyttäen 100 loisteputkinvalaisimen huoltokustannukset 10 vuoden ajanjaksolla ovat noin 6700 € ja hiilitunnelin 61 loisteputkinvalaisimen kustannukset noin 4100 €.

6.5.1 So3-laitoksen energialaskelmat

So3-laitoksen laskemalla saatu kaikkien valaisimien nykyinen verkosta ottama teho on 15,65 kW. Loistelamppuvalaisimien verkosta ottama teho on 11,4 kW ja suurpainenatrium valaisimien 4,25 kW. Tämä on saatu kaavalla 1.

$$P_{tot} = (P_n + P_{häv}) * N \quad (1)$$

P_n on yhden valaisimen teho, joka on loistelampuilla 2x51 W ja suurpainenatriumvalaisimilla 250 W. $P_{häv}$ on kuristimesta johtuva häviö, joka on noin 12 W loisteputkillä. N on valaisimien lukumäärä.

Valaistuksen energiaksi on saatu molempien valaisimien kanssa 137,1 MWh. Loisteputkien energiaksi 99,86 MWh ja suurpainenatriumeille 37,14 MWh. Tämä on saatu kaavalla 2.

$$E = P_{tot} * t \quad (2)$$

Jossa P_{tot} on valaisimien kokonaisteho ja t on valaisimien päälläoloaika, joka on 8760 tuntia joka on yksi vuosi. Tämä tarkoittaa sitä, että valaisin on päällä 24 tuntia vuorokaudessa.

Kaikkien valaisimien vuoden aikainen kustannus on noin 10968 € . Loistelamppujen kustannus on 7989 € ja suurpainenatriumien 2979 €. Tämä on laskettu Uudenmaan keskimääräisellä 0,08 €/kWh sähköhinnalla, jossa on käytetty kaavaa 3.

$$\text{€} = E * 0,08\text{€/kWh} \quad (3)$$

6.5.2 Hiilitunnelin energialaskelmat

Hiilitunnelin tehon ja energian laskemiseen pätevät samat kaavat kuin So3:ssa. Kaikkien valaisimien verkosta ottama teho on 5,93 kW, loisteputkien 4,93 kW ja suurpainenatriumien 1 kW.

Energiaksi hiilitunnelissa saadaan 51,95 MWh kaikkien valaisimien osalta. Loisteputkien osuus on 43,2 MWh ja suurpainenatriumien 8,75 MWh

Sähköenergian hinnaksi tulee 4155 € vuodessa kaikilta valaisimilta. Loisteputkien osuus tästä on 3454 € ja suurpainenatriumien 701 €.

6.5.3 Valaisimien virta

Mittaamalla sekä laskemalla valaisimien teoreettinen virta valaisimen kilven arvoista voidaan virtoja vertailemalla arvioida nykyisien valaisimien tehon kulutusta. Mittauksen mallikappaleeksi valittiin So3-laitoksesta sekä hiilenkuljetintunnelista iäkkäimmän näköisimmät valaisimet.

So3-laitoksessa sekä hiilitunnelissa käytetyissä valaisimissa osassa on loistehonkompensointi ja osassa taas ei. Tämä johtuu lähinnä siitä että osa valaisimista on eri mallisia tai niitä on jälkikäteen korjattu, ja esimerkiksi loistehonkompensointi kondensaattorit

on saatettu kokonaan poistaa valaisimista. Virran laskemisen helpottamiseksi oletetaan, että kaikissa valaisimissa on loistehonkompensointi. Joten tehollisarvona $\cos \rho$ käytetään yleistä 0,9 arvoa [12.]. Kaavalla 4 saadaan laskettua valaisimien teoreettinen verkosta ottama virta.

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \rho} \quad (4)$$

So3-laitoksen 2x51 W valaisimet joihin lisätään vielä noin 10 W kuristinhäviöt laskettuna ottavat virtaa 1,08 A ja pihtimittarilla mitattuna 1,04 A. Hiilitunnelissa 1x58 W valaisimet joihin lisätään isotehoisen lampun kuristinhäviöt, jotka ovat noin 12 W ottavat verkosta laskettuna virtaa 0,34 A ja mitattuna 0,3 A. [13.]

Malli mittauskappaleista voimme päätellä, että So3:n valaisimien tehon kulutuksessa ei ole juurikaan eroa kilpiarvoihin verrattuna, koska virran ero lasketun ja mitatun välillä on vain 0,03 A. Hiilitunnelissa valaisimen tehon kulutuksessa ei myöskään ole suuria eroja, koska virran ero lasketun ja mitatun välillä on vain 0,04 A

Pienistä virran eroavaisuuksista voimme vielä päätellä, että valaisimia ollaan todennäköisesti korjattu elinkaarensa aikana ja alkuperäisiä komponentteja vaihdettu. Suomenojan voimalaitoksella on yleistä, että valaisimista on hajonnut kuristin, joka on korvattu uudella vastaavalla kuristimella ja tämä todennäköisesti voi vaikuttaa valaisimen ottamaan virtaan.

Valaisimien virta mitattiin kuvassa 27 käytetyllä Kyoritsu 2012R -yleismittarin pihtimittarilla.



Kuva 27. Kyoritsun yleismittari

7 Valaistuksen saneeraus

Voimalaitoksen So3-laitokselle oli jo ennen insinööriyön aiheen saantia jo olemassa oleva urakointitarjous Valtavalolta. Siinä laitokselle oli tarjottu Valtavalon valmistamia G3+ led -valoputkia.

Valtavalon tarjouksen suurimpana ongelmana oli se, että Valtavalo ei kyennyt toimittamaan riittävän hyvää valaisinrunkoa. Valtavalon tarjoama runko ei täyttänyt voimalaitoksen sähköosaston asettamia vaatimuksia esimerkiksi kaapelien läpivientiliittimissä. Vaihtoehtoista runkoa yritettiin etsiä myös tukkuliikkeiltä, mutta heiltä ei löytynyt led-valoputkelle sopivia valaisinrunkoja, joista kuristimet ja sytytinlaitteet on jo valmiiksi purettu pois.

Myös laitoksen vanhemmat sähköasentajat näkivät led-valoputken huonona vaihtoehtona, koska valonlähde soveltuu ainoastaan väliaikaiseksi ratkaisuksi, kun halutaan parantaa valaisimen elinikää ilman suuria saneerauksia valaisimille.

Lisäksi tarjouksen laskelmissa oli käytetty erikoista 125 000 tunnin L70-arvoa, joka ei täsmännyt valaisinta myyvän henkilön lupaamaan 7 vuoden elinikään, joka on 61320 tuntia.

Korvaavaa vaihtoehtoa tiloihin lähdettiin selvittämään, koska haluttiin käytännöllisempi ja tulevaisuuden kannalta parempi vaihtoehto jo olemassa olevalle urakointitarjoukselle. Vaihtoehtoja oli alkuun useampi kuin tässä vertailussa käytetyt neljä eri valaisinta.

Vaihtoehdot rajautuivat jo olemassa olevista muista valaisintarjouksista sekä muutamasta muusta vaihtoehdosta siten, että niistä valittiin Dialux evo -ohjelmistosta saatujen tulosten perusteella parhaimmat keskimääräisen valaistuvoimakkuuden omaavat valaisimet. Lisäksi myös valaisimien hinnalla oli suuri merkitys.

Uutta valaistusta suunniteltaessa ei ole juuri mahdollisuuksia vähentää valaistuksen määrää tai suunnitella uusille valaisimille eri sijainteja, jotta voitaisiin mahdollisesti vähentää energiankulutusta sekä parantaa valaistusvoimakkuutta ja valaistuksen tasaisuutta. Tämä johtuu lähinnä siitä, että uusien kaapelointien vetäminen ja sähkökeskuk-

sien rakentaminen tulisi investointina maksamaan enemmän kuin valaisimien vaihtaminen ja tekisi koko saneerauksesta kannattamattoman.

Hiilitunnelin valaistukselle ei ollut urakointitarjousta, mutta kyseisessä tilassa oli suuri tarve uusille valaisimille, koska nykyiset valaisimet olivat 70/80-luvulta ja huonokuntoisia. Niinpä So3:een valittua valaisinvaihtoehtoa tultaisiin käyttää myös hiilitunnelissa, kun valaistuksen uusiminen tulee tarpeeseen.

7.1 Valaisinvaihtoehdot

7.1.1 Vaihtoehto 1

Ensimmäisenä vaihtoehtona on vaihtaa vanhat valaisimet uusiin Glamox mirz 54 258 pc refl, Aura T8 eco saver long life -loisteputkia käyttäviin valaisimiin.

- valaisimen teho: 2x51 W
- valovirta: 6441 Lm
- värielämpötila: 4000 K
- valotehokkuus: 63 lm/W
- suora valaistus
- värintoistoindeksi: Ra >80
- valonlähteen elinikä: 36 000 tuntia
- yhden valaisimen hinta: 110 €
- lämpötilakesto: -30 °C...+50 °C.



Kuva 28. Aura:n -loisteputki ja Glamox mirz 54 258 pc refl -valaisin.

7.1.2 Vaihtoehto 2

Toisena vaihtoehtona on vaihtaa vanhat valaisimet led-valonlähdeä käyttäviin Glamox mirz 67-1500 led 6500 led-valaisimiin.

- valaisimen teho: 61 W
- värilämpötila: 6500 K
- valovirta: 6145 lm
- valotehokkuus: 101 lm/W
- suora valaistus
- värintoistoindeksi: Ra >80
- valonlähteen elinikä: 50 000 tuntia
- yhden valaisimen hinta: 405 €
- lämpötilankesto: -30 °C - +45 °C.



Kuva 29. Glamox mirz 67-1500 led 6500 led-valaisin

7.1.3 Vaihtoehdot 3 & 4

Kolmantena ja neljäntenä vaihtoehtona oli led-moduulia käyttävä valonlähde Philipsiltä WT460C LED64S/840 PSU WB ja langattomalla DALI-ohjauksella varustettu Philips WTC460X LED64S/840 WB ACW TW3 -valaisin. Molemmat valaisimet ovat spesifikaatioiden osalta samanlaisia, ainoa poikkeavuus valaisimissa on se että, WTC460X on mahdollisuus daliin joko langattomana tai johtojen avulla.

- valaisimen teho: 51,5 W
- värilämpötila: 4000 K
- valovirta: 6400 lm
- valotehokkuus: 124 lm/W
- suora valaistus
- värintoistoindeksi: Ra >80

- valonlähteen elinikä 70000 tuntia, Dali-ohjauksella elinikää voidaan pidentää lähes kaksinkertaisesti.
- yhden valaisimen hinta 170 € ja dalin sisältävän valaisimen 240 €
- lämpötilankesto: -20 °C...+45 °C (Valmistaja ilmoitti tuotteen esittelyssä että valaisin kestää 50 °C lämpötilan, mutta yli +45 °C kasvaa mahdollisuus vikaantumiseen merkittävästi).



Kuva 30. Philips Pacific WTC460 -valaisin

7.1.4 Vaihtoehto 5

Viidentenä vaihtoehtona oli kahta Valtavalon G3+ -led-loisteputkea käyttävä M-light ardumax t8 -valaisin.

- valaisimen teho: 2x24 W
- värielämpötila: 4000 K
- valovirta: 6380 lm
- valotehokkuus: 133 lm/W
- suora valaistus
- värintoistoindeksi: RA >80
- valonlähteen elinikä: 7 vuotta eli 61320 tuntia
- yhden valaisimen hinta: 205 €
- lämpötilankesto: -30 °C...+50 °C.



Kuva 31. Valtavalon G3+ led-loisteputki ja M-light ardumax -valaisinrunko

7.2 Valaistusvaihtoehtojen vertailu

Valaistuksen vertailu on jaettu kahteen taulukkoon. Taulukossa 4 verrataan valaisimia suoraan valmistajien ilmoittamien tietojen perusteella. Dialuxin valaistuskalkulaattoreferenssinä on käytetty hiilitunnelin mallia, jossa on verrattu eri vaihtoehtoja keskenään.

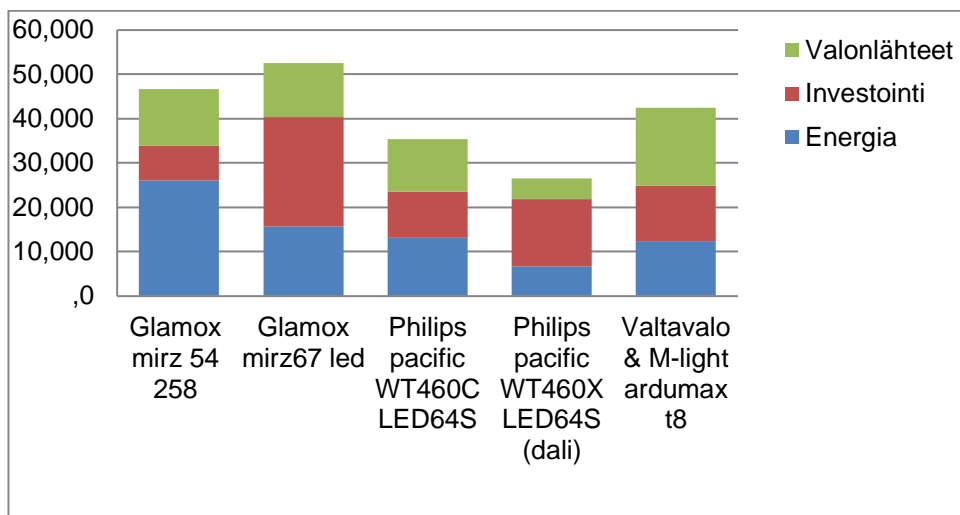
Taulukossa 5 on käytetty Ruotsin energiaviranomaisten pohjaa määrittämään valaisinvaihtoehtojen kokonaiskustannukset ja elinkaarikustannukset So3-laitoksen 100 uudella valaisimella 10 vuoden ajanjaksolla. Investointikustannuksissa ei ole otettu huomioon urakointikustannuksia. Kustannuksina on huomioitu ainoastaan valaisimien sekä valaisimien tarvikkeiden hankintakustannukset. Vertailussa on merkitty vihreällä värillä osa-alueensa parhain valaisin. Liitteestä 3 löytyvät elinkaarilaskelmissa käytetyt arvot.

Taulukko 4. Valmistajien ilmoittamat tiedot

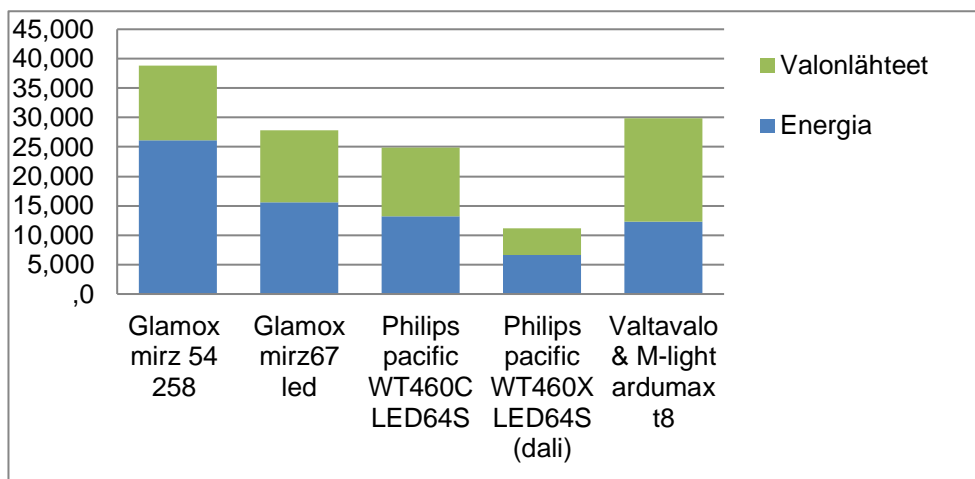
Valaisintyyppi	Kpl. Hinta	Teho	Valovirta	lm/W	Elinikä	Lämpötila	Dialux
Glamox mirz 54 258	110 €	2x51 W	6447 lm	63	36000 h	-30°C...+50°C	122 lx
Glamox mirz 67 led	405 €	61 W	6145 lm	101	50000 h	-30°C - +45°C	103 lx
Philips Pacific WT460C LED64S	170 €	51,5 W	6400 lm	124	70000 h	-20°C...+45°C	162 lx
Philips Pacific WT460X LED64S (dali)	240 €	51,5 W	6400 lm	124	70000 h	-20°C...+45°C	162 lx
Valtavalo & M-light ardumax t8	205 €	2x24W	6380 lm	133	61320 h	-30°C...+50°C	-

Taulukko 5. Elinkaarilaskelman pohjalta saadut arvot

Valaisintyyppi	Investointi	Energia	Valonlähteet	Kokonaiskustannukset
Glamox mirz 54 258	12 800 €	42 774 €	42 774 €	76 384 €
Glamox mirz 67 led	40 500 €	25 580 €	25 580 €	86 201 €
Philips Pacific WT460C LED64S	17 000 €	21 597 €	21 597 €	57 865 €
Philips Pacific WT460X LED64S (dali)	25 200 €	15 118 €	15 118 €	48 274 €
Valtavalo & M-light ardumax t8	20 500 €	20 129 €	20 129 €	69 538 €



Kuva 32. 10 vuoden elinkaarikustannukset



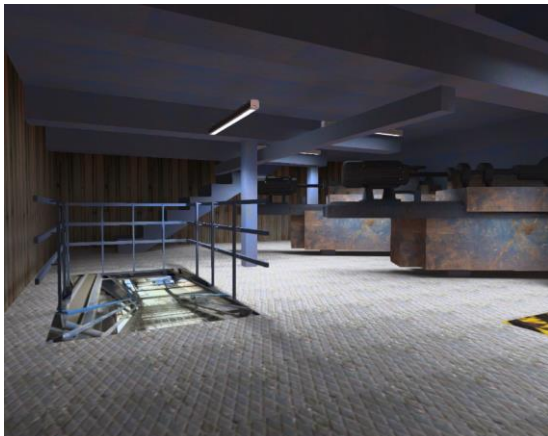
Kuva 33. 10 vuoden käyttökustannukset

10 vuoden ajanjaksolla nähdään kuvista 32 ja 33, että Philipsin Pacific WT460C ja WT460X ovat vertailussa parhaiten menestyvimät.

Philipsin Pacific WTC460 -valaisimia tullaan käyttämään saneerauksessa, koska ne olivat vertailussa elinkaarikustannusten perusteella parhaimmat ja lisäksi täyttivät muut Fortumin asettamat vaatimukset. Valaisimen asennus ja huolto oli myös vertailukoh-teista parhain, sillä valaisimen pystyi asentamaan esimerkiksi ilman valaisinmoduulia. Tämän lisäksi kaapelit on mahdollista kytkeä irrotettaviin kytkentäliittimiin erikseen, joka helpottaa valaisimen huoltoa sekä asentamista.

7.3 So3 Dialux -saneeraus

Saneerauksen Dialux mallintamisessa käytettiin samaa 3d-rakennelmaa kuin valais-
tuksen nykytilan selvittämisessä (kuva 34 ja kuva 35).

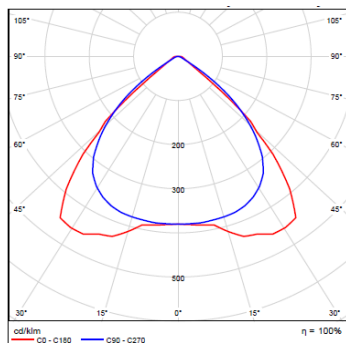


Kuva 34. So3:n välikuljetintilan 3d-malli



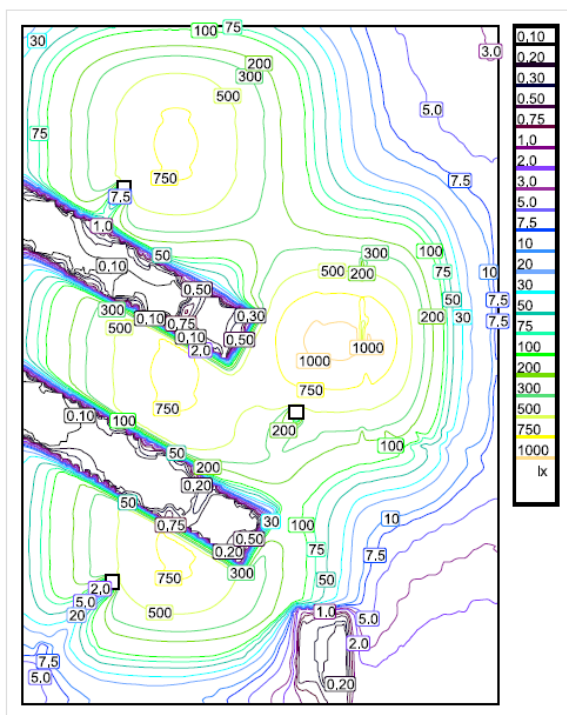
Kuva 35. So3:n välikuljetintilan 3d-malli ylhäältä

Philipsin Pacific WT460C ja WT460X -valaisimien valonjaoksi valittiin valmistajalta Wi-
de beam -valaisin eli laajan valonjaon keilalla oleva, jotta tila saataisiin valaistua mah-
dollisimman hyvin niin, että valaisimien sijainteja ei tarvitse muuttaa kuva 36.



Kuva 36. Philips valaisimen valonjakokäyrä

Kyseisillä valaisimilla Dialux-ohjelmalla tilan keskiarvoksi saatiin 203 lx. Tämä täyttää standardissa asetetun kattilahallin 100 lx arvon kaksinkertaisesti. Tila on varsinaisesti aputila tai konehuone, jossa vaatimus on jo 200 lx, jota nykyinen valaistus ei täyttänyt.



Mittakaava: 1 : 75

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 203 lx, Min.: 0.02 lx, Maks.: 1063 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./maks.: 0.000,

Kuva 37. Välikuljetintilan valonjako saneerauksen jälkeen

Kuvassa 37 näemme Dialux-ohjelmistolla muodostuneen isoluxkäyrästön. Valaistuksen tasaisuus hiilenvälikuljettimen työskentelyalueella on tasainen. Tilan ylä- ja alanurkassa olevilla alueilla ei valaistusvoimakkuus ole yhtä suuri kuin työskentelyalueilla, mutta nurkkien todelliset arvot ovat korkeammat, koska tilaan tulee lisävaloa ylemmältä tasolta. Liitteessä 4 ovat laajemmat laskentatiedot tilasta.

7.4 Hiilitunnelin Dialux-saneeraus

Tunnelin Dialux-mallintamisessa käytettiin samaa 3d-rakennelmaa kuin valaistuksen nykytilan selvittämisessä (kuva 38 ja kuva 39).

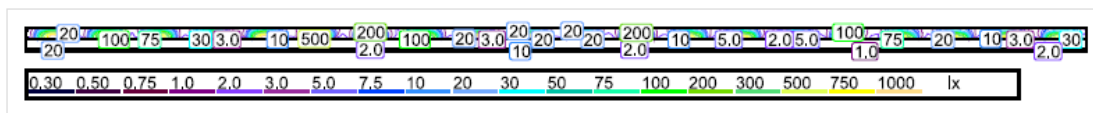


Kuva 38. Hiilitunnelin 3d-malli



Kuva 39. Hiilitunnelin 3d-malli ylhäältä

Dialux-ohjelmalla saatiin tilan valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi uusilla valaisimilla 134 lx. Tämä täyttää standardissa asetetun hiilikentillä vaaditun 50 lx:n rajan. Tavoitteena oli, että tilassa valaistus paranee niin, että siellä on turvallista liikkua. Kuvassa 40 näemme Dialux-ohjelmistolla muodostuneen valonjakokartan. Liitteessä 5 ovat tarkemmat tiedot tilasta.



Mittakaava: 1 : 750

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 134 lx, Min.: 0.00 lx, Maks.: 1740 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./maks.: 0.000,

Kuva 40. Hiilitunnelin valonjako saneerauksen jälkeen

7.5 Valaistuksen ohjaus

Philips Pacific led -valaisimien ohjaukseksi mietittiin Pacific led green parking -järjestelmää. Järjestelmää käytetään normaalisti pysäköintihalleissa, mutta se soveltuu myös hyvin So3-laitokseen sekä hiilitunneliin. Liitteessä 6 on valmistajan esite järjestelmän toiminnasta.

Ohjauksen pääkomponentteina toimivat kuvassa 41 esitetyt langattomat liiketunnistinturit, jotka voidaan sijoittaa joko kattoon tai seinälle. Antureissa ollaan otettu myös huomioon ympäristön asettamat rasitukset. Koteloina käytetään Philipsin omia IP65-suojakoteloita (kuva 42).



Kuva 41. Langattomat anturit

Kuva 42. Antureiden suojakotelot.

Ohjauksen parametrit ja asetukset Philipsin järjestelmässä tehdään valmistajan omalla ohjelmointikaukosäätimellä, jolla voidaan määritellä esimerkiksi valaisimien ryhmät ja niiden aikaansaama valaistusvoimakkuus (kuva 43).



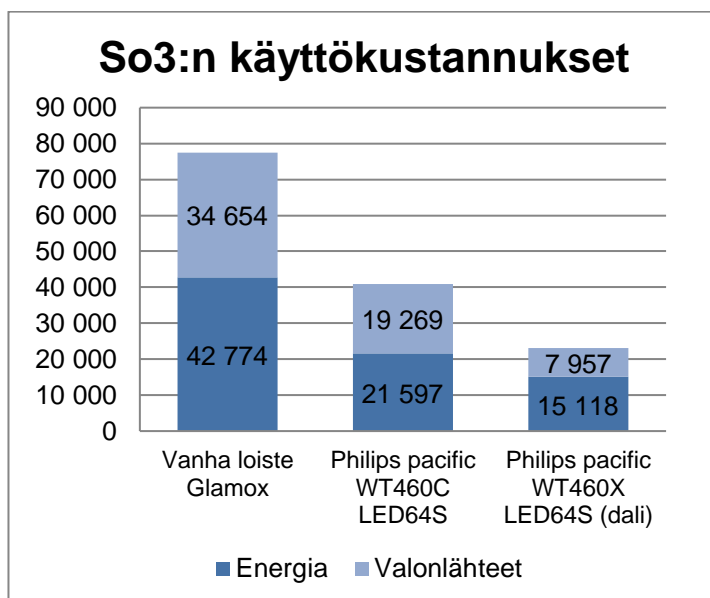
Kuva 43. Kaukosäädin

Valaistuksen ohjauksen komponenttien sijoittelu on nähtävissä liitteessä 7. Liitteessä on määritelty komponenttien sijainti sekä ryhmät ja myös se, mitä anturit ohjaavat ja mihin himmennystasoon anturit ohjaavat valaisimet.

8 Tulosten vertailu

8.1 So3

Uusien Philipsin valaisimien kanssa tilojen ulkoasu muuttuu valoisammaksi, ja erityisesti hiilitunnelissa olevat katvealueet vähenevät huomattavasti. Valaistuksessa tulee energian ja virrankulutuksessa suuria säästöjä, ja myös valonlähteiden vaihtaminen vähenee huomattavasti.



Kuva 44. So3-laitoksen vanhan ja nykyisen valaistuksen käyttökustannuksien vertailu

So3:n lopputuloksen vertailu tehtiin myös 10 vuoden ajanjaksolla kuten valaistustarjoustensa kanssa. Tulosten vertailussa käytettiin molempia Philipsin valaisimia, jotta voidaan nähdä säästöt paremmin valaisimilla, joissa on digitaalinen valaisinohjausjärjestelmä, ja valaisimien, joissa ohjausjärjestelmää ei ole.

Taulukko 6. So3-laitoksen energiavertailu

Valaisintyyppi	Energia	Energiakustannus
Nykyinen	89.4 MWh	42 774 €
Philips Pacific WT460C	45,1 MWh	21 597 €
Philips Pacific WT460X dali	31,6 MWh	15 118 €
Säästö WT460C	50 %	21 177 € (50,5 %)
Säästö WT460X dali	65 %	27 656 € (64,7 %)

Taulukko 7. So3-laitoksen valonlähteiden kustannus

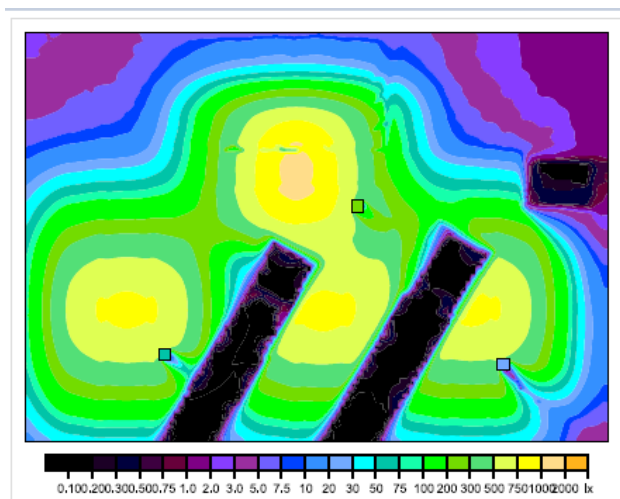
Valaisintyyppi	Valonlähdekustannus
Nykyinen	34 654 €
Philips Pacific WT460C	19 269 €
Philips Pacific WT460X dali	7 957 €
Säästö WT460C	15 385 € (55,6 %)
Säästö WT460X dali	26 697 € (77 %)

Taulukoista 6 ja 7 näemme, että 10 vuoden ajanjaksolla uusilla valaisimilla säästö on merkittävä. Taulukossa 7 ei ole huomioitu vaihtotyön kustannuksia, vaan ainoastaan valonlähteiden aiheuttamat kustannukset. Philipsin perusmallilla säästöä vanhoihin valaisimiin tulee noin 53 % eli 36600 €, joka tekee vuodessa 3660 €. Digitaalisella valaisinohjausjärjestelmällä varustetussa mallissa säästö on 71 % eli 54400 €, joka on vuodessa 5440 €. Tuloksista pääteltynä ohjausjärjestelmän sisälläpitävä valaisin on kannattavampi ratkaisu kuin malli, jossa kyseistä ominaisuutta ei ole.

Taulukko 8. So3-laitoksen valaistuslaskennalliset erot

Valaisintyyppi	Valaistusvoimakkuus	Sylinteriv.	Ugr
Nykyinen	128 lx	95 lx	28
Philips Pacific WT460	203 lx	80 lx	28
Vertailutulos	159 %	-16 %	0 %

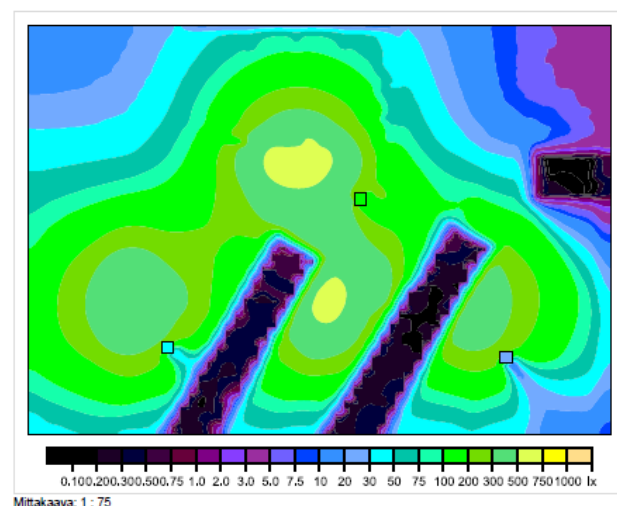
Taulukosta 8 näemme Dialuxilla saatujen tulosten eron. Tuloksista pääteltynä tilan kokonaisvalaistusvoimakkuus paranee lähes puolella, ja tila täyttäisi uusilla valaisimilla aputiloihin sekä konetiloihin vaaditun 200 lx:n arvon. Kuvasta 45 näemme tilan valaistuksen valonjaon väärävärικartalla.



Mittakaava: 1 : 75

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 203 lx, Min.: 0.02 lx, Maks.: 1083 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./ maks.: 0.000,



Mittakaava: 1 : 75

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 128 lx, Min.: 0.06 lx, Maks.: 617 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./ maks.: 0.000,

Kuva 45. So3:n välikuljettimen väärävärivalaistusvoimakkuus

Tilan valaistuksen tasaisuuden U_o :n pystymme määrittelemään myös kuvan 45 avulla, kun kuvassa olevan välikuljettimen työskentelyalueen lähialueen valaistusvoimakkuutta verrataan työskentelyalueeseen. Taulukosta 9 näemme tilan valaistuksen tasaisuuden.

Taulukko 9. So3-laitoksen valaistuksen tasaisuus Uo

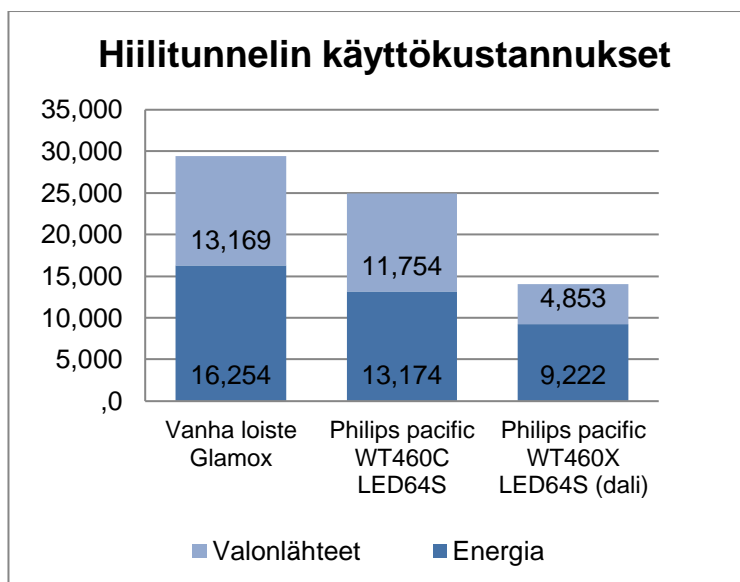
Valaisintyyppi	Lähialue	Työalue	Suhde
Philips Pacific WT460X dali	200 lx	500 lx	0,4
Nykyinen	100 lx	300 lx	0,33
	200,00 %	166,67 %	121,21 %

Uudella valaistuksella tilan valaistuksen tasaisuus paranee, ja tila täyttää uusilla valaisimilla standardissa SFS-EN 12464-1 asetetut vaatimukset tilan valaistuksen tasaisuudesta, joka on 0.4. Vanhoilla valaisimilla vaatimukset eivät täyty.

Sylinterivalaistusvoimakkuudessa tulos ei parane, mutta arvo täyttää edelleen standardien arvon. Lisäksi häikäisyarvo pysyy molemmissa samana, joka täyttää kattilahalleissa olevan standardeissa olevan arvon 28. Apu- sekä konetiloissa oleva arvo 25 ei täyty.

8.2 Hiilitunneli

Hiilitunnelin lopputulosta käyttökustannuksia verrattaessa käytettiin samoja lähtökohtia kuin So3-laitoksessa.



Kuva 46. Hiilitunnelin vanhan ja nykyisen valaistuksen käyttökustannuksien vertailu

Taulukko 10. Hiilitunnelin energia

Valaisintyyppi	Energia	Energiakustannus
Nykyinen	34 MWh	16 254 €
Philips Pacific WT460C	27,5 MWh	13 174 €
Philips Pacific WT460X dali	19,3 MWh	9 222 €
Säästö WT460C	24 %	3 080 €
Säästö WT460X dali	76 %	7 032 €

Taulukko 11. Hiilitunnelin valonlähteiden kustannus

Valaisintyyppi	Valonlähdekustannus
Nykyinen	13 169 €
Philips Pacific WT460C	11 754 €
Philips Pacific WT460X dali	4 853 €
Säästö WT460C	1 415 € (12%)
Säästö WT460X dali	8 316 € (63%)

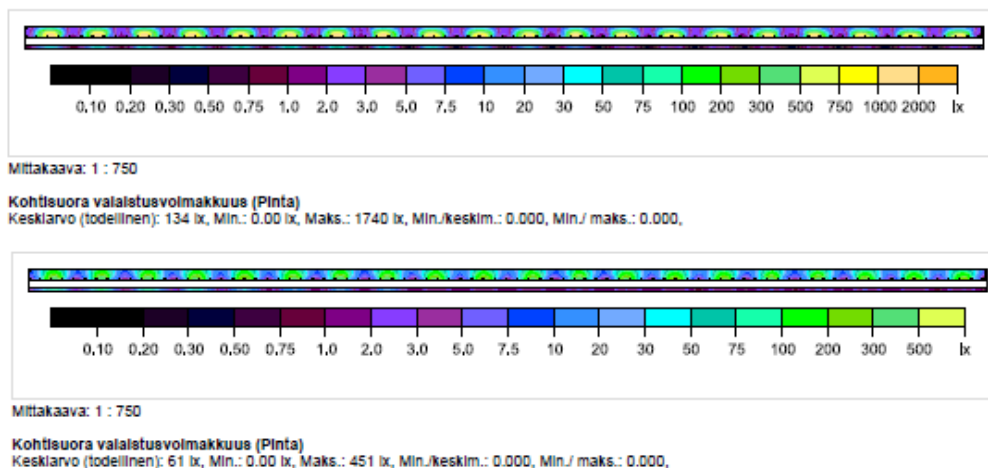
Taulukoista 10 ja 11 näemme, että 10 vuoden ajanjaksolla ilman Dali-ohjausta säästöä saadaan 18 % eli 4500 €, joka tekee vuodessa 450 €. Ja Dali-ohjatuilla säästöä tulee 70 % eli 15400 €, joka taas on vuodessa 1540 €.

Taulukko 12. Hiilitunnelin valaistuslaskennalliset erot

Valaisintyyppi	Valaistusvoimakkuus
Nykyinen	61 lx
Philips Pacific WT460X (dali)	134 lx
Vertailutulos	220 %

Taulukosta 12 näemme Dialux:lla saatujen tulosten eron, ja tuloksista pääteltynä tilan kokonaisvalaistusvoimakkuus paranee yli 2,2-kertaisesti, joten hiilitunnelissa päästiin parempaan valaistusvoimakkuuteen kuin alkuperäisillä valaisimilla.

Dialuxin antamaa vääräveillä toteutettua valaistusvoimakkuuskarttaa kuva 47 vertailemalla huomataan, että nykyistä vastaavalla valaisimella on laajempi valonjakoalue ja tasaisempi valaistusvoimakkuus. Nykyisen valaistuksen tuloksessa tulee tosin huomioida se, että dialuxin käyttämä valaisin on 2000-luvun vastine 70-luvun valaisimelle, joten valaistuslaskennassa käytetyt tulokset nykyisen valaistuksen kohdalla ole täysin vertailukelpoisia vaan suuntaa antavia.



Kuva 47. Tunnelin valonjaon vertailu laskennallisesti

8.3 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan selvittäminen kokonaisinvestointikustannuksille on tärkeää, jotta voidaan todeta, millä ajanjaksolla uusi valaistus maksaa investoinnin takaisin käyttökustannuksista johtuvien säästöjen ansiosta. Takaisinmaksuajan pystymme laskemaan kaavalla (6) [14.] Kaavassa i tarkoittaa laskentakorkokantaa, joka on 3 %, H on investointikustannukset ja S vuodessa saadut säästöt.

$$n = \frac{-\ln\left(\frac{1}{i} - \frac{H}{S}\right) - \ln(i)}{\ln(1+i)} \quad (6)$$

So3-laitoksen investointikustannukset ovat WT460C-mallissa 17000 € ja WT460X-mallissa 25200 €. Investointikustannuksiin lisätään vielä 8000 € urakointiin varattu rahasumma, jotta voidaan laskea kokonaisinvestointikustannukset. Säästöinä käytetään arvoja, jotka on laskettu kohdassa 9.1 (s.43). Ne ovat yhden vuoden aikana 5440 € ja 3660 €.

Takaisinmaksuajaksi saati näillä lukuarvoilla WT460C-mallissa 7,76 vuotta ja WT460X-mallissa 6,84 vuotta.

Hiilitunnelissa takaisinmaksijat ovat käytännössä samat, koska hiilitunnelissa käytettyjen valaisimien lukumäärä on vain alhaisempi, ja urakointikustannuksien kustannukset ovat suhteutettuna pienemmät valaisimien lukumäärään.

9 Yhteenveto

9.1 So3-laitoksessa käyttöön otettu valaistus

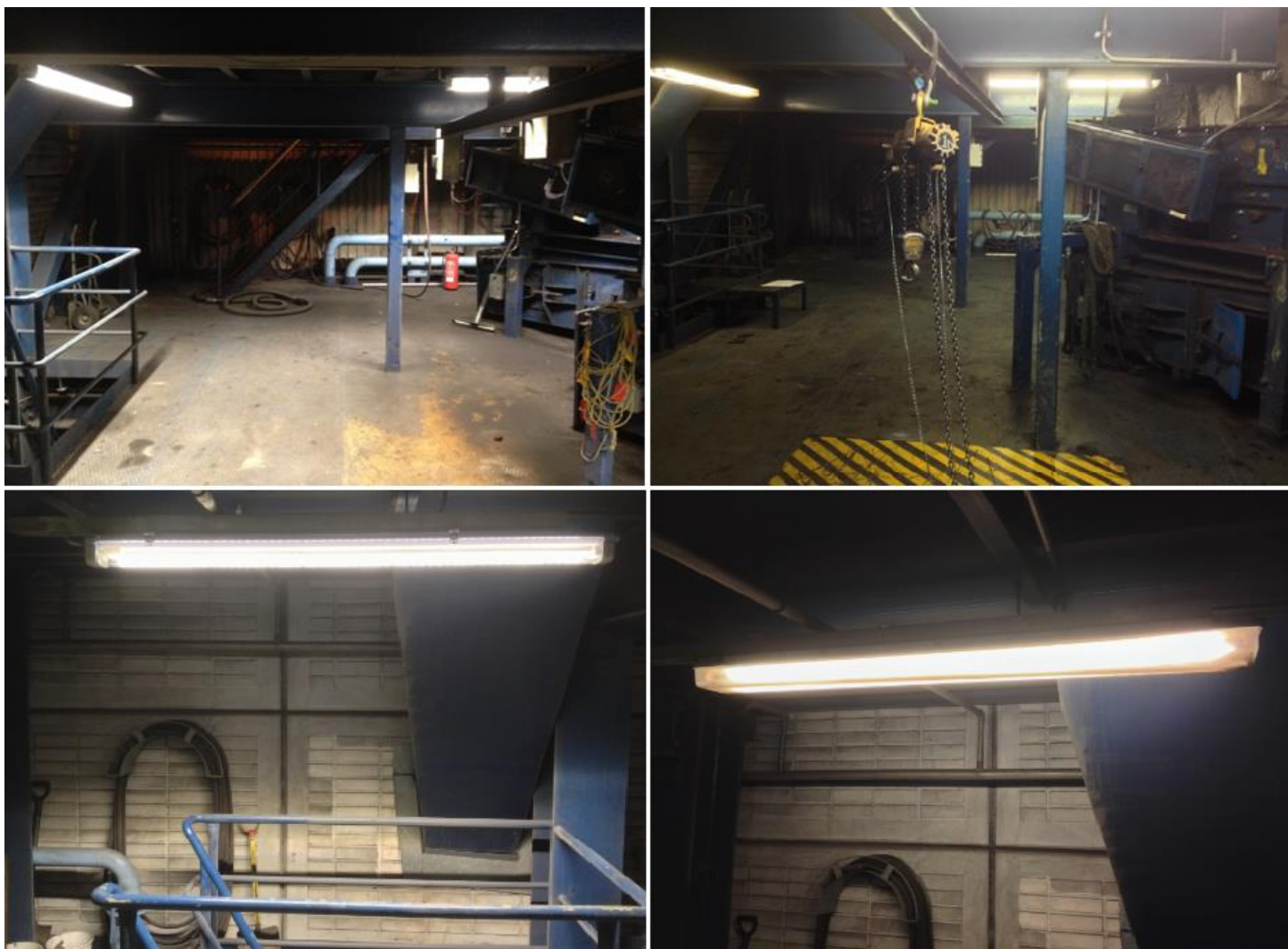
So3-laitoksen valaistus toteutettiin loppujen lopuksi suunnitelmassa valitulla ja vertailussa parhaiten menestyneellä Philipsin WT460C LED64S/840 PSU WB -valaisimella. Valaistuksen asennuksen toteutti Kainuun seudulta kotoisin oleva Paikallis-Sähkö. Valaisimia asentaneilta sähköasentajia haastatteleamalla saatiin myös selville, että valaisimet olivat helppoja asentaa valaisimesta helposti irrotettavan kytkentäpäätyjen ansiosta (kuva 48).



Kuva 48. Kytkentäliitin

9.1.1 Visuaalinen lopputulos vertailukohteessa

Visuaalista lopputulosta verrattiin keskenään ennen saneerausta otettuihin valokuviin ja saneerauksen jälkeen otettuihin valokuvaan, jotta voidaan verrata silmämääräisesti vertailukohteena olevan välikuljetintilan valaistuksen paranemista. Kuvia verrattaessa tulee ottaa huomioon myös kamerasta johtuva valotus.

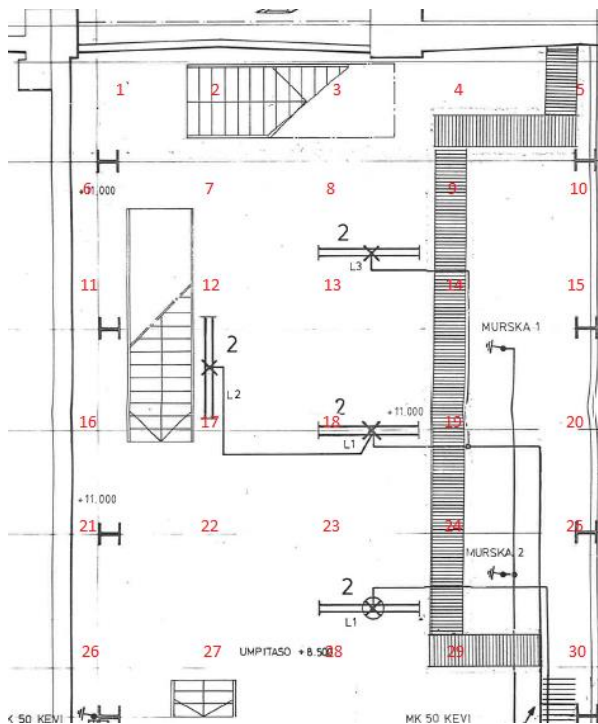


Kuva 49. Valaistuksen vertailu

Kuvan 49 vasemman puoleisissa kuvissa näemme uuden Philipsin valaistuksen ja oikealla vanhan valaistuksen. Kuvien perusteella valaistus tila huomattavasti valoisammalta ja kirkkaammalta.

9.1.2 Mitattu lopputulos vertailukohteessa

Jotta lopputulosta pystytään vertaamaan numeraalisesti, tulee myös lopullisesta valaistuksesta tehdä kohdan 6.2 mukainen valaistuksen mittaus samoilla mittapisteillä ja mitauskorkeudella (ks. kuva 50).



Kuva 50. Mittapisteet

Taulukko 13. Saneerauksen mittaustulokset

Mittauspiste	voimakkuus (lx)	Mittauspiste	voimakkuus (lx)	Mittauspiste	voimakkuus (lx)
1	11	11	440	21	19
2	151	12	60	22	15
3	239	13	495	23	197
4	100	14	820	24	550
5	13	15	266	25	490
6	5	16	843	26	2
7	40	17	71	27	85
8	276	18	20	28	715
9	620	19	13	29	1230
10	530	20	10	30	270

Keskiarvo 286.5 lx

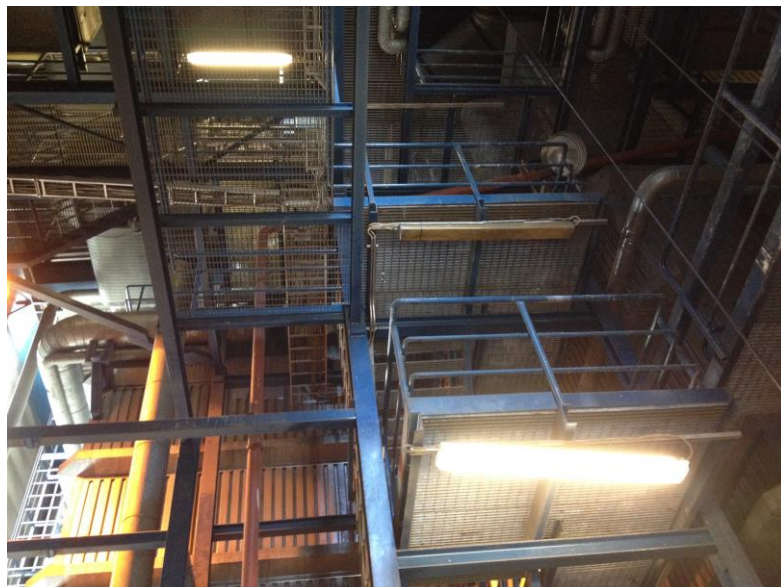
Saneerauksen jälkeisessä mittaustuloksessa päästiin tilassa keskiarvoon 286,5 lx. (ks. Taulukko 13). Mittaustulokset eivät ole 100-prosenttisesti identtiset, sillä mittauksia on lähes mahdotonta tehdä samalla tarkkuudella. Taulukosta 14 näemme, että tilassa valaistusvoimakkuus paranee lähes 2,5-kertaisesti.

Taulukko 14. Valaistusvoimakkuuden parantuminen

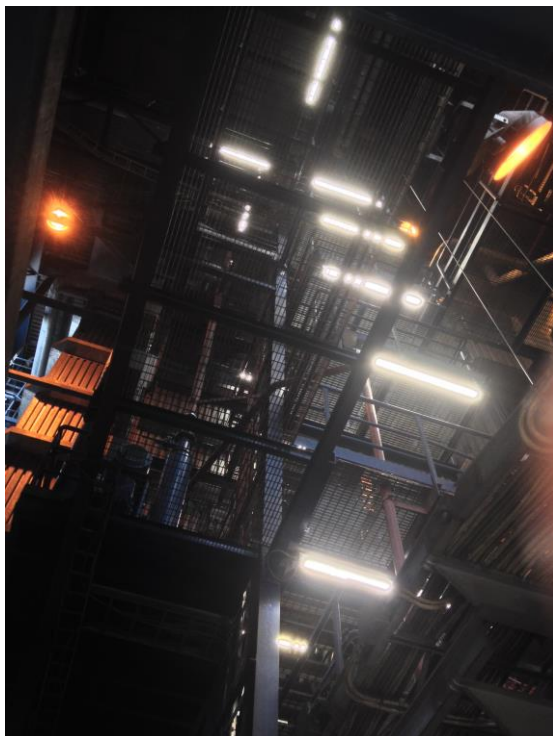
Valaisintyyppi	Valaistusvoimakkuus
Philips WT460C	286.5 lx
Vanha	116.1 lx
Parannus	246 %

9.1.3 Visuaalinen lopputulos muissa tiloissa

Valaistuksen parantumista verrattiin myös So3-laitoksen kattilahallissa, jossa silmämääräisesti verrattiin tilassa olevan rapputasojen valaistusta.



Kuva 51. Tasot vanhoilla valaisimilla



Kuva 52. Tasot uusilla Philips-valaisimilla

Rapputasojen valaistus parani huomattavasti aikaisempaan, kun verrataan kuvia 51 ja 52. Vanhoista valaisimista osa oli rikkiäisiä ja todella likaisia. Tämä johti siihen, että osassa tasojen paikoista valaistuksen taso oli todella heikko. Uusilla valaisimilla nämä katvealueet vähenivät huomattavasti. Tasoilla liikkuminen uusilla valaisimilla on huomattavasti turvallisempaa ja turvallisuuden lisäksi tasojen visuaalinen ilme parantui myös.

9.1.4 Todellinen takaisinmaksuaika So3-laitoksen valaistukselle

On myös hyvä laskea käyttöönotetun valaistuksen todellinen takaisinmaksuaika, jota voidaan verrata aikaisempaan teoreettiseen takaisinmaksuaikaan.

Todellisen takaisinmaksuajan laskennassa käytettiin myös samaa 3 %:n korkoa. So3:n kokonaisinvestointikustannus on 21864 €. Tämä pitää sisällään tukkuliikkeen 100 kpl valaisimen hinnan, joka on 15411 €, sekä Paikallis-Sähkö yrityksen 6453 € urakointihinnan.

Takaisinmaksuajaksi näillä lukuarvoilla saatiin 6,68 vuotta.

Taulukosta 15 voimme todeta sen, että lopullisessa asennuskustannuksissa säästettiin alkuperäisistä kustannuksista 3136 € ja takaisinmaksuaika lyheni 1,08 vuodella.

Taulukko 15. Takaisinmaksuajat

	Kustannukset	Takaisinmaksuaika
Teoreettinen	25 000 €	7.76 vuotta
Todellinen	21 864 €	6.68 vuotta
Ero	3 136 €	1,08 vuotta
	12,54 %	13,92 %

9.2 Lopputulos

Uudessa valaistussuunnitelmassa pääsimme tavoitteisiin sekä So3:n että hiilitunnelin tilossa. Tiloihin saatiin nykyinen ja energiatehokas valaistusratkaisu, joka investointikustannusten perusteella on erittäin hyvä investointi nykyisen valaistuksen päivitykseen. Molemmissa tiloissa päästään sekä energia että valonlähdekustannuksissa 10 vuoden ajanjaksolla yli 50 %:n säästöihin. Lisäksi takaisinmaksuaika So3-laitoksen valaistuksessa 6,68 vuotta.

Valaistusteknillisesti uusi valaistus ei kaikissa tiloissa tule parantamaan valaistusta merkittävästi esim. hiilitunnelissa, mutta valaisimen huollettavuuden ja pitkän eliniän takia valaistusteknilliset vaatimukset jäävät toissijaisiksi.

So3-laitoksen saneerauksessa toteutettu valaistus osoittautui hyväksi, ja valaistusvoimakkuus parani myös laitoksella sekä silmämääräisesti että mitattuna. Kyseisen toteutuksen voi So3:ssa saatujen kokemusten perusteella myös toteuttaa hiilitunnelissa sekä myös So1-laitoksella.

Haluan kiittää hyvästä ja haastavasta päättötyöaiheesta Fortum Suomenojan sähköosaston henkilökuntaa ja erityisesti työnjohtaja Iiro Koskelaa, sähköasentaja Ali Simulaa sekä sähkömestari Timo Saloa.

Lähteet

1. Kallasjoki, Tapio. 2013. Valaistustekniikan perusteet Powerpoint - esitelmä. Valoakatemia / Metropolia Ammattikorkeakoulu. Luettu 15.7.2015.
2. Suomen valoteknillinen seura ry. 2008. Valaistushankintojen energiatehokkuus. PDF. Luettu 15.7.2015.
http://www.valosto.com/tiedostot/SVS_Valaistushankintojen_energiatehokkuus_V4.pdf.
3. Osram. Valon laatu. Verkkodokumentti. Luettu 20.1.2016.
http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/loistelamput/ammattitietoa/valon-laatu/index.jsp.
4. Ensto. Valaistustekniikka. Värintoisto. Verkkodokumentti. Luettu 10.7.2015.
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398056227/1228463236219.html>.
5. Wikipedia. Värilämpötila. Verkkodokumentti. Luettu 15.7.2015.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/V%C3%A4ril%C3%A4mp%C3%B6tila>.
6. Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2010, standardi SFS-12464 part1. Valo ja valaistus, työkohteiden valaistus. Luettu 14.7.2015.
7. Ensto. Valaistustekniikka. Häikäisy. Verkkodokumentti. Luettu 15.7.2015.
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228462209986/1228462257834/1228462342838.html>.
8. Glamox. Ledien elinikä. Verkkodokumentti. Luettu 16.7.2015.
<http://glamox.com/fi/ledien-elinika>.

9. Wikipedia. Led. Verkkodokumentti. Luettu 17.7.2015.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/LED>.
10. Ensto. valonlähteet. Verkkodokumentti. Luettu 17.7.2015.
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1228387438606/1228396156294.html>.
11. Motiva. Elohopealamput poistuvat markkinoilta 2015, mitä tilalle katuvalaistukseen. PDF. Verkkodokumentti. Luettu 17.7.2015.
http://www.motiva.fi/files/9499/Elohopealamput_poistuvat_markkinoilta_2015_Mita_tilalle_katuvalaistukseen.pdf.
12. Virtuaali AMK. Kompensointitavat. Verkkodokumentti. Luettu 9.3.2016.
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134045922435/1134046524532/1134047263593/1134047404815.html>
13. Ylimannila, Jouko. Led-valonlähteen asennusvaihtoehdot. Sivu 23. Insinööriyö. Luettu 9.3.2016.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/36399/Ylimannila_Jouko.pdf?sequence=1
14. Investoinnin takaisinmaksuaika. Powerpoint esitelmä. Metropolia Ammattikorkeakoulu Verkkodokumentti. Luettu 25.11.2015.
http://users.metropolia.fi/~mikalem/investointilaskenta/6.%20Investoinnit_Takaisinmaksuaika_260913.pdf.

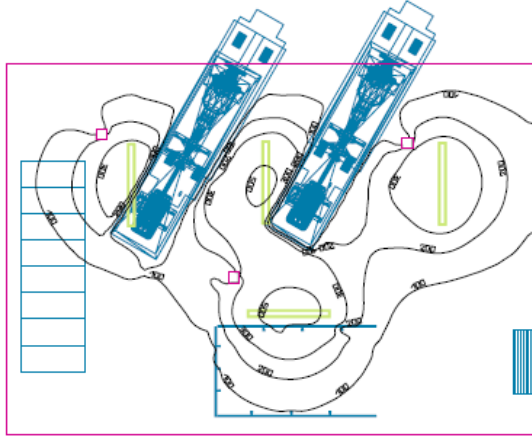
SO3 välikujjetin

16.6.2015

DIALux

SO3 / Rakennus 1 / SO3 seula / Välikujjetimen huoltotaso / Tilan yhteenveto

Välikujjetimen huoltotaso



Tilan korkeus: 2.400 m, Käyttötason korkeus: 0.800 m, Reuna-alue: 0.000 m
Heijastussuhteet: Katto 12.3%, Seinät 14.1%, Lattia 22.8%, Alenemakerroin: standardin EN12464 mukaan

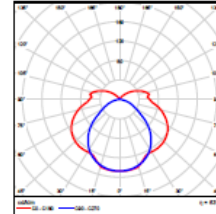
Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keskiarvo (ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./maks.
1 Välikujjetimen huoltotaso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx]	128 (100)	0.06	617	0.000	0.000

Numer Kappalemäärä

0

1	4	Glamox Luxo Lighting i40 258 PC - 2x58W T8 58 W Käyttötehoaste: 62.93% Lampun valovirta: 10400 lm Valaisimien valovirta: 6545 lm Teho: 105.0 W Valoteho: 62.3 lm/W
---	---	---



Lamppujen kokonaisvalovirta: 41600 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 26180 lm, Kokonaisteho: 420.0 W, Valoteho: 62.3 lm/W

Ominaisliitäntäteho: 5.71 W/m² = 4.45 W/m²/100 lx (Pohjapinta-ala 73.51 m²)

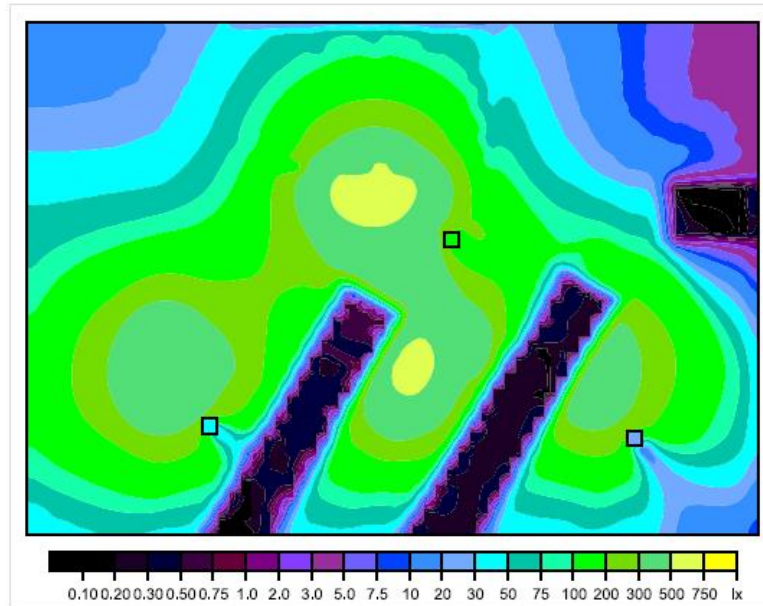
S03 välikuljetin

16.6.2015

DIALux

S03 / Rakennus 1 / S03 seula / Laskettava pinta 10 / Väärivärit / Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuva)

Laskettava pinta 10



Mittakaava: 1 : 75

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)
Keskiarvo (todellinen): 129 lx, Min.: 0.06 lx, Maks.: 618 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./ maks.: 0.000,

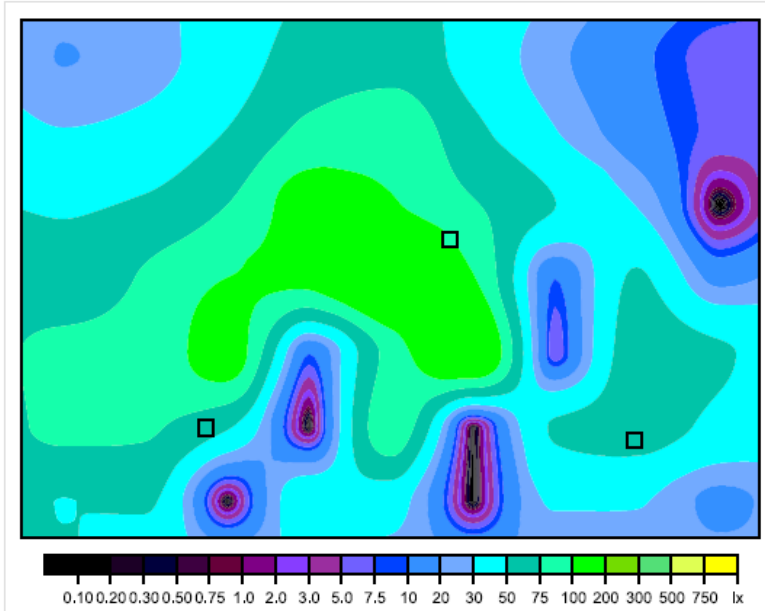
SO3 välikuljetin

16.6.2015

DIALux

SO3 / Rakennus 1 / SO3 seula / Laskettava pinta 10 / Väärävärit / Sylinterivalaistusvoimakkuus

Laskettava pinta 10



Mittakaava: 1 : 75

Sylinterivalaistusvoimakkuus (Rasteri)

Keskiarvo (todellinen): 52 lx, Min.: 0.00 lx, Maks.: 146 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./ maks.: 0.000,

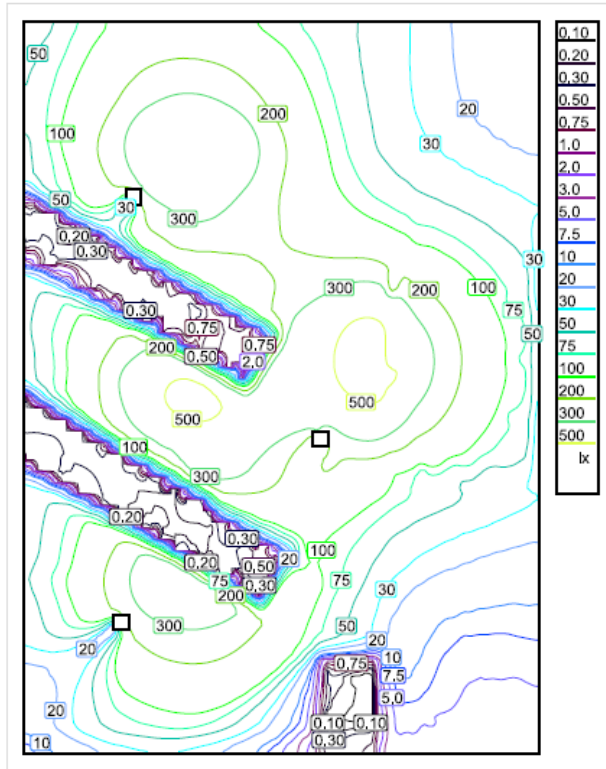
SO3 välikuljetin

16.6.2015

DIALux

SO3 / Rakennus 1 / SO3 seula / Välikuljetimen huoltotaso / Välikuljetimen huoltotaso / Isolux-käyrät / Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutune)

Välikuljetimen huoltotaso



Mittakaava: 1 : 75

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 128 lx, Min.: 0.06 lx, Maks.: 617 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./ maks.: 0.000,

SO3 välikuljetin

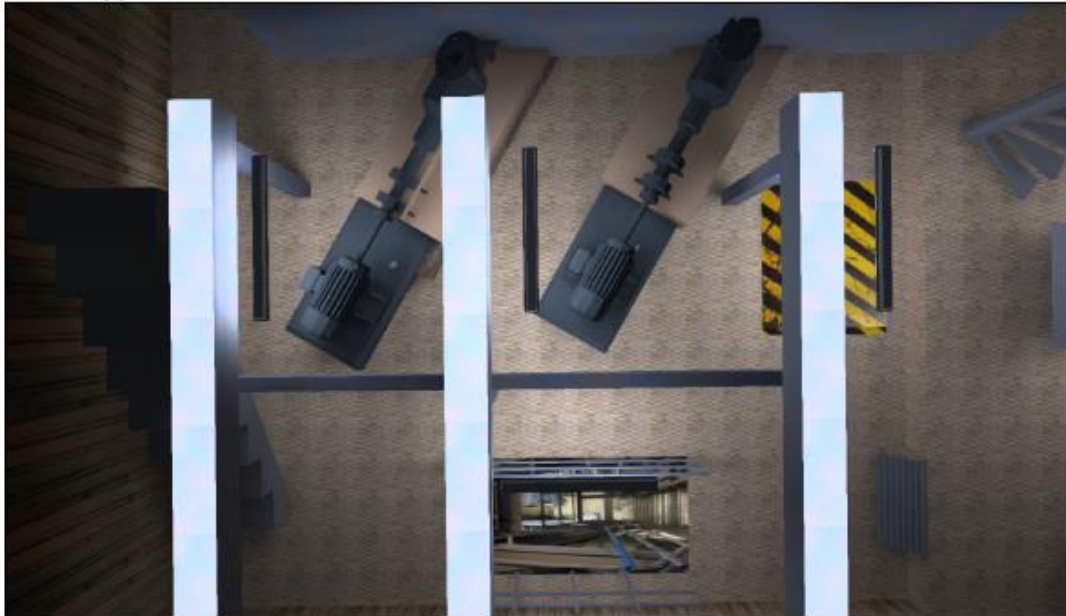
16.6.2015

DIALux

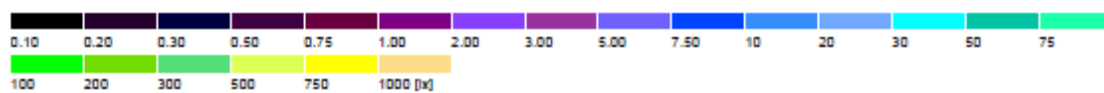
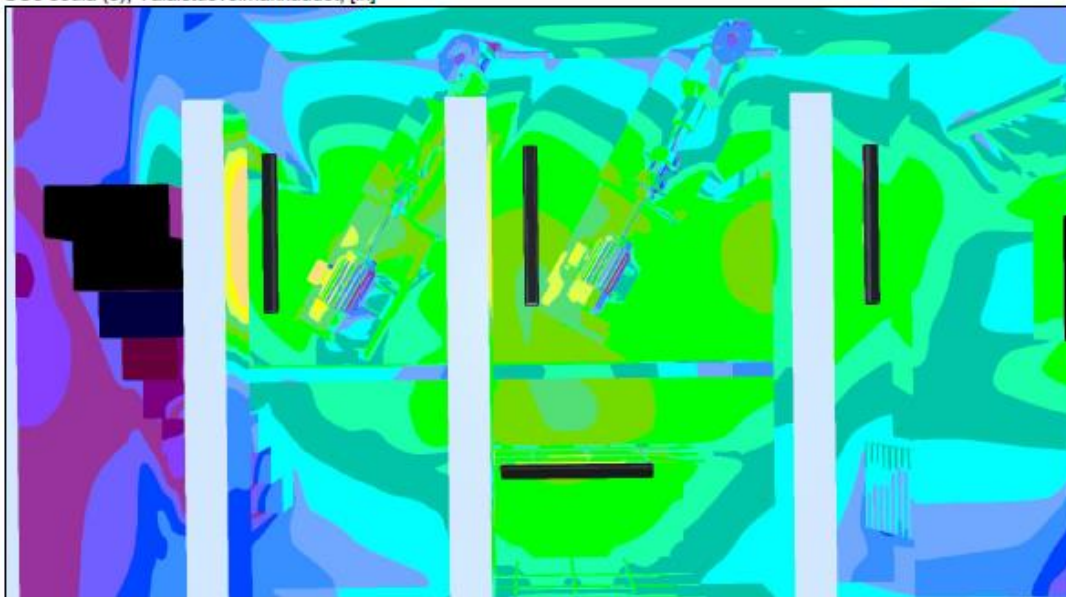
SO3 / Rakennus 1 / SO3 seula / Välikuljetimen huoltotaso / NäkymäB

Välikuljetimen huoltotaso

SO3 seula (2)



SO3 seula (3), Valaistusvoimakkuudet, [lx]



Hiilikuljetin tunnelin valaistuksen nykytila 4.6.2015

Suomenojan voimalaitoksen hiilikuljetin / Rakennus 1 / Kerros 1 / Tila 1 / Tilan fyteen veto

DIALux

Tila 1



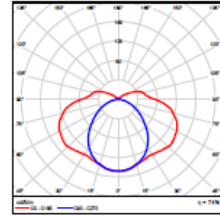
Tilan korkeus: 2.200 m, Käyttötason korkeus: 0.800 m, Reuna-alue: 0.000 m
 Heijastussuhteet: Katto 19.5%, Seinät 18.0%, Lattia 1.3%, Alenemakerroin: 0.80

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keskiarvo (ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./maks.
1 Käyttötaso 1	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx]	61 (50)	0.00	451	0.000	0.000

Numer Kappalemäärä

Numer	Kappalemäärä	
1	20	Glamox Luxo Lighting GPV2 158 PC - 1x58W T8 58 W Käyttötehoaste: 74.43% Lampun valovirta: 5200 lm Valaisimien valovirta: 3870 lm Teho: 73.0 W Valoteho: 53.0 lm/W



Lamppujen kokonaisvalovirta: 104000 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 77400 lm, Kokonaisteho: 1460.0 W, Valoteho: 53.0 lm/W

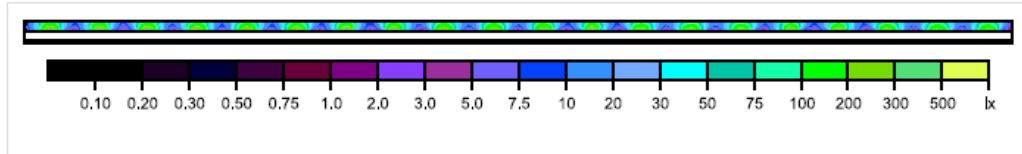
Ominaisliitântäteho: $3.69 \text{ W/m}^2 = 6.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala 395.49 m²)

Hiihikujetin tunnelin valaistuksen nykytila 4.6.2015

Suomenojan voimalaitoksen hiihikujetin / Rakennus 1 / Kerros 1 / Tila 1 / Käyttötaso 1 / Väärävärilt / Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuvaa)

DIALux

Käyttötaso 1

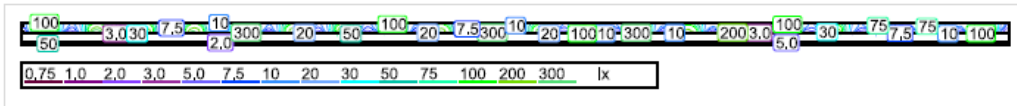


Mittakaava: 1 : 750

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 61 lx, Min.: 0.00 lx, Maks.: 451 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./ maks.: 0.000,

Käyttötaso 1



Mittakaava: 1 : 750

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

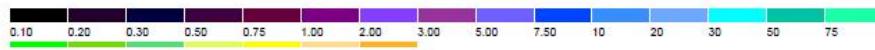
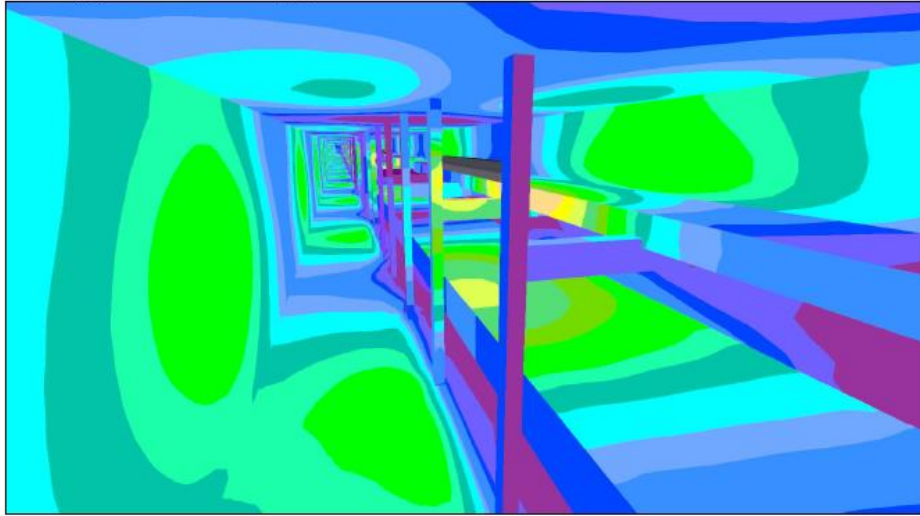
Keskiarvo (todellinen): 61 lx, Min.: 0.00 lx, Maks.: 451 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./ maks.: 0.000,

Hiihdekuljetin tunnelin valaistuksen nykytila 4.6.2015

Suomenojan voimalaitoksen hiihdekuljetin / Rakennus 1 / Kerros 1 / Tilä 1 / Näkömät

DIALux

Kerros 1 (7), Valaistusvoimakkuudet, [lx]



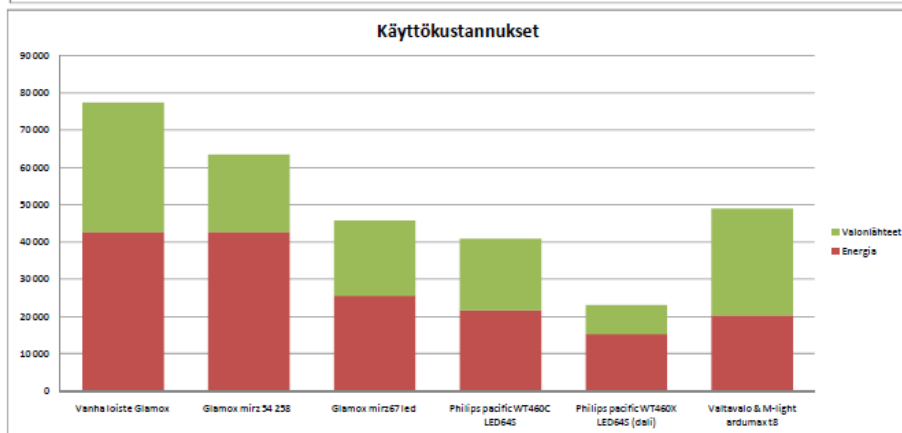
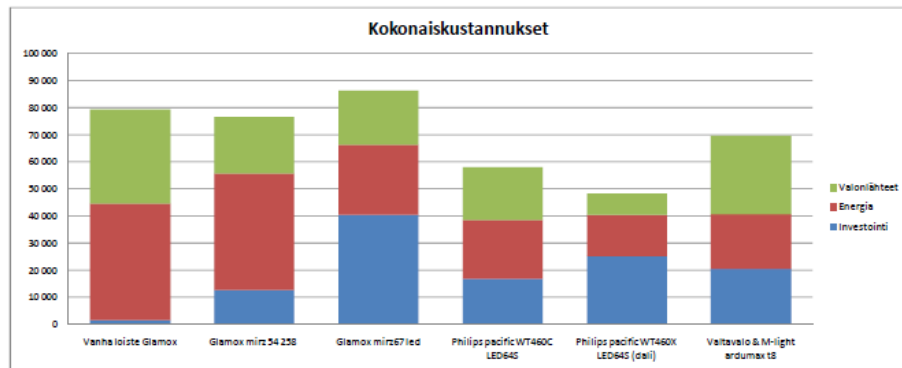
Kerros 1 (2)



VALAISTUSKUSTANNUSTEN VERTAILULASKELMA
(Perustuu Ruostin energiatietojärjestelmän laskentamalliin)

Muokattu 1.12.2005 Tapio Kallajoki

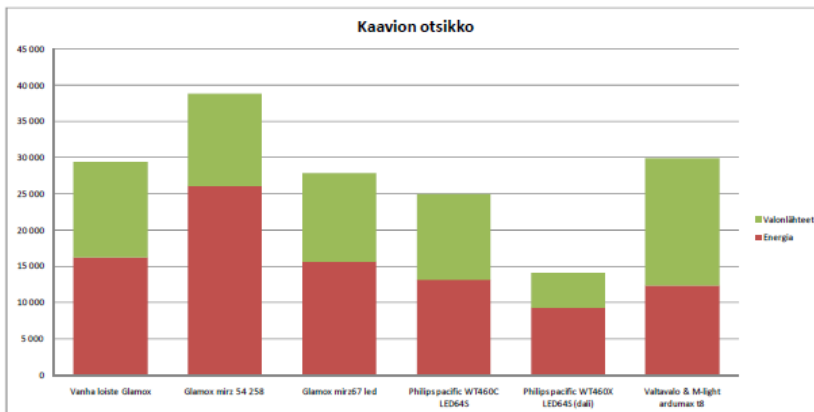
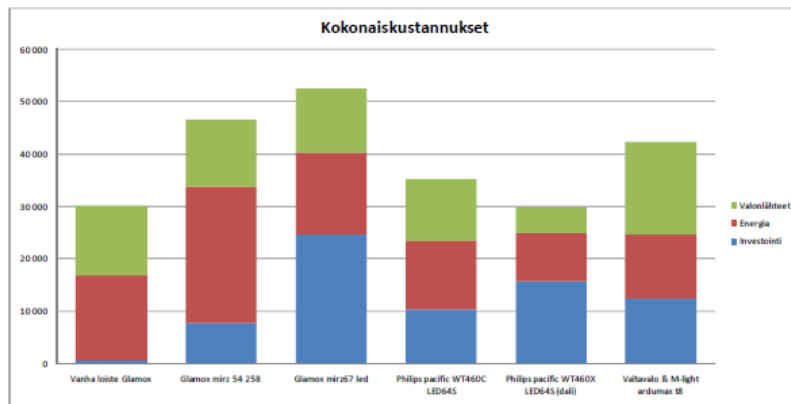
PROJEKTI: PÄIVÄMÄÄRÄ/LAATJA: PROJEKTIN NUMERO:	So3 laitoksen välikuljetintila 9.6.2015 1		Niko Stolt				
Edellytykset							
Laskenta-aika	vuotta	10					
Vuomien todellinen kooko (radatona)		0.03					
Vuomien energian hinnansuhteus inflatiosuhteeseen (radatona)		0.02					
Vuomien valonlähitteiden hinnansuhteus inflatiosuhteeseen (radatona)		0.02					
Vuomien huoltokustannusten hinnansuhteus inflatiosuhteeseen (radatona)		0.00					
INVESTOINTIKUSTANNUKSET							
Valaisimet							
Valaisintyyppi		Vanha loiste Glaxox	Glaxox mirz 54 258	Glaxox mirz67 led	Philips pacific WT460C LED	Philips pacific WT460C LED	Valtavalo & M-light ardumax t8
Valaisinta							
Takanaipi asennuste (esim. laippuputtippi, teho, ...)		Aura T8 eco sarve long life 2x31w	Aura T8 eco sarve long life 2x31w	Led 1x21w	Led 1x21,5w	Led 1x21,5w	Led 2x24w
Laskennoita	laji	100	100	100	100	100	100
Työkölköhuuta	eur/laji	0	110	405	170	240	205
Valaisinkustannus	eur	0	11 000	40 500	17 000	24 000	20 500
Lamput							
Teho /lamppu mukaan lukien liitännäisvälineet	W	31	31	61	51,5	51,5	24
Laskennoita /vakuus	laji	2	2	1	1	1	2
Työkölköhuuta	eur/laji	0	0	0	0	0	0
Lamppukustannus	eur	1500	1500	0	0	0	0
Aeremus							
Ilmavirtaus ja mikroilmasto/valaisin	eur	0	0	0	0	0	0
Valaisimen ohjain	eur	0	0	0	0	1200	0
Muut kustannukset	eur	0	0	0	0	0	0
Aeremuskustannukset	eur	0	0	0	0	1 200	0
INVESTOINTIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	eur	1 500	12 500	40 500	17 000	25 200	20 500
KÄYTTÖKUSTANNUKSET							
Enesgäivätkustannukset							
Aeremus teho mukaan lukien liitännäisvälineet	W	10 200	10 200	6 100	5 150	5 150	4 800
Käivätköhuuta	h/v	3 750	3 750	2 750	2 750	2 750	2 750
Käivätköhuuta	laji	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Enesgäivätköhuuta / vuosi	laji/vuosi	89,35	89,35	53,44	45,11	45,11	42,05
Sähköenergian hinta	eur/kWh	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Enesgäivätköhuuta / vuosi	eur/vuosi	4 465	4 465	2 672	2 256	2 256	2 102
Laskennoita 1	eur/vuosi	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57	9,57
Enesgäivätköhuuta / vuosi	eur	42 774	42 774	25 580	21 597	21 597	20 129
Valonlähitteiden kustannukset - mukaan lukien vaihto							
Valonlähite yksikkö	h	36 000	70 000	50 000	70 000	90 000	61 320
Vaihtoväline	vuosi	4	5	6	5	10	7
Valonlähite / laji	eur	18	18	50	50	50	37
Laskennoita 2	eur	6,42	3,89	4,62	3,89	3,89	3,93
Valonlähitteiden kustannusten nykyarvo	eur	34 654	29 819	20 121	19 249	7 487	28 909
Huoltokustannukset							
Huoltokustannus valaisinta kohden	eur/laji	0	0	0	0	0	0
Käivätköhuuta ennen huoltoa	h	36 000	70 000	50 000	70 000	70 000	61 320
Huolto	vuosi	6	6	6	6	6	7
Laskennoita 3	eur	1,67	0,79	0,84	0,79	0,79	0,81
Huoltokustannusten nykyarvo	eur	0	0	0	0	0	0
KÄYTTÖKUSTANNUKSET YHTEENSÄ							
	eur	77 428	63 584	45 701	40 865	23 974	49 038
KOKONAISKUSTANNUS (NYKYARVO)	eur	79 228	76 384	86 201	57 865	48 274	69 538



VALAISTUSKUSTANNUSTEN VERTAILULASKELMA
(Perustuu Ruostin energiainventoinnin laskentamalliin)

Muokattu 1.12.2005 Tapio Kalliojoki

PROJEKTI: Hiihtunneli		Niko Stolt					
PÄIVÄMÄÄRÄ/LAATTA: 9.9.2015							
PROJEKTIN NUMERO: 1							
Edellytykset							
Laskenta-aika	vuotta	10					
Vuotuinen todellinen korko (indexoria)		0.05					
Vuotuinen energian hinta- ja investointien inflaation lisäksi (indexoria)		0.02					
Vuotuinen valonlaitteiden hinta- ja investointien inflaation lisäksi (indexoria)		0.02					
Vuotuinen huolto- ja korjauksien hinta- ja investointien inflaation lisäksi (*)		0.00					
INVESTOINTIKUSTANNUKSET							
Valaisimet							
Valaisintyyppi	Vanha loiste Glaxox	Glaxox mirr 54 258	Glaxox mirr r57 led	Philips pacific WT460C LED	Philips pacific WT4	Valtavalo & M-light arduxmax 68	
Valmistaja							
Valonlähde (esim. lampuntyyppi, teho, ...)	Asun T8 eco osire long life 2x51w	Asun T8 eco osire long life 2x51w	Led led1w	Led led1.5w	Led led1.5w	Led 2x2w	
Laskemista	laji	61	61	61	61	61	61
Yhikökohtainen	eur /laji	110	405	170	240	205	
Valaisimien määrä	eur	0	6 710	24 705	10 370	14 640	12 505
Lampot							
Teho /lampun osittain laskettuna kiertäen	W	51	51	61	51.5	24	
Laskemista	laji	1	2	1	1	2	
Yhikökohtainen	eur /laji	9	0	0	0	0	
Lampujen määrä	eur	604	1095	0	0	0	
Asemat							
Materiaali- ja työvoimakustukset /valaisu	eur	0	0	0	0	0	
Valaisimien ohjaimet	eur	0	0	0	0	1200	
Muut investoinnit	eur	0	0	0	0	0	
Asemakustannukset	eur	0	0	0	0	1 200	
INVESTOINTIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	eur	604	7 805	24 705	10 370	15 840	12 505
KÄYTTÖKUSTANNUKSET							
	Vanha loiste	Glaxox loiste	Glaxox led	Philips led	Philips led (laji)	Valtavalo & Arduxmax	
Energia							
Asemien teho osittain laskettuna kiertäen	W	3 876	4 223	3 721	3 142	3 142	2 828
Käyttöaika	h/v	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760
Käyttöenergia	kWh/v	1 000	1 000	1 000	1 000	6 700	1 000
Energian hinta / kWh	€/kWh	33.95	34.50	32.60	27.53	19.26	25.65
Energian hinta / vuosi	eur/vuosi	33 950	34 500	32 600	27 530	128 772	25 650
Energian hinta / vuosi	eur/vuosi	1 698	2 723	1 430	1 376	963	1 282
Laskentamäärä	eur	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57
Energian hinta / vuosi	eur	36 284	26 992	35 664	35 174	9 222	12 279
Valonlähdekustannukset - mukaan lukien vaihto	h	36 000	70 000	30 000	70 000	90 000	61 320
Valonlähde	vuosi	4	5	6	6	10	7
Valonlähde	eur	18	18	30	30	30	37
Valonlähde	eur	4.42	3.15	4.01	3.65	1.59	3.93
Valonlähdekustannusten osuus	eur	13 169	12 694	12 374	11 754	4 653	17 635
Huolto- ja korjauskustannukset							
Huolto- ja korjauskustannukset	eur /laji	0	0	0	0	0	0
Käyttöaika	h	36 000	70 000	30 000	70 000	90 000	61 320
Huolto- ja korjaus	vuosi	4	5	6	6	10	7
Laskentamäärä	eur	1.67	0.79	0.84	0.79	0.79	0.81
Huolto- ja korjauskustannusten osuus	eur	0	0	0	0	0	0
KÄYTTÖKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	eur	39 433	38 706	27 878	34 928	14 975	28 913
KOKONAISKUSTANNUS (NYKYARVO)	eur	30 107	46 594	52 583	35 296	29 915	42 418

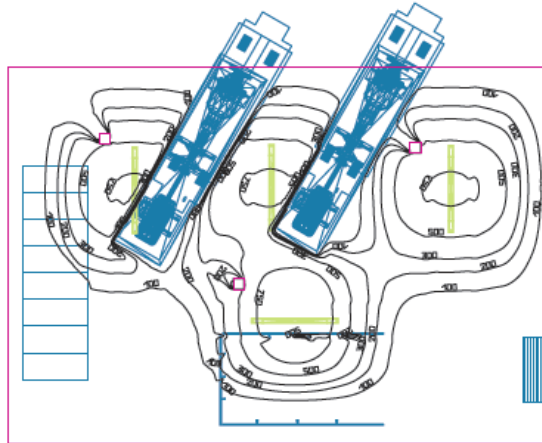


SO3 laitoksen välikujjetintila uusilla valaisimilla 16.6.2015

SO3 / Rakennus 1 / SO3 seula / Välikujjettimen huoltotaso / Tilan yhteenveto

DIALux

Välikujjettimen huoltotaso



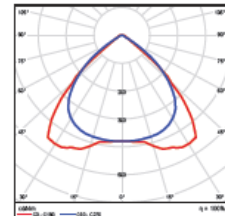
Tilan korkeus: 2.400 m, Käyttötason korkeus: 0.800 m, Reuna-alue: 0.000 m
 Heijastussuhteet: Katto 12.3%, Seinät 14.1%, Lattia 22.8%, Alenemakerroin: standardin EN12464 mukaan

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keskiarvo (ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 Välikujjettimen huoltotaso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx]	203 (100)	0.02	1063	0.000	0.000

Numero Kappale määrä

Numero	Kappale määrä	Valaisin
1	4	Philips Lighting WT460C L1600 1xLED64S/840 WB Käyttötehoaste: 100% Lampun valovirta: 6400 lm Valaisimien valovirta: 6400 lm Teho: 51.5 W Valoteho: 124.3 lm/W



Lamppujen kokonaisvalovirta: 25600 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 25600 lm, Kokonaisteho: 206.0 W, Valoteho: 124.3 lm/W

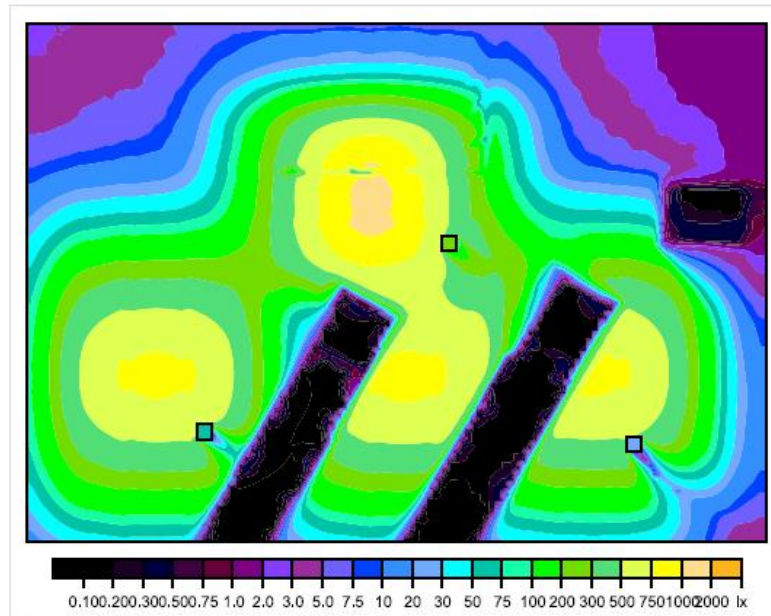
Ominaisliitäntäteho: $2.80 \text{ W/m}^2 = 1.38 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala 73.51 m²)

SO3 laitoksen välilikujetintila uusilla valaisimilla 16.6.2015

SO3 / Rakennus 1 / SO3 seula / Laskettava pinta 10 / Väärivärit / Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuv)

DIALux

Laskettava pinta 10



Mittakaava: 1 : 75

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

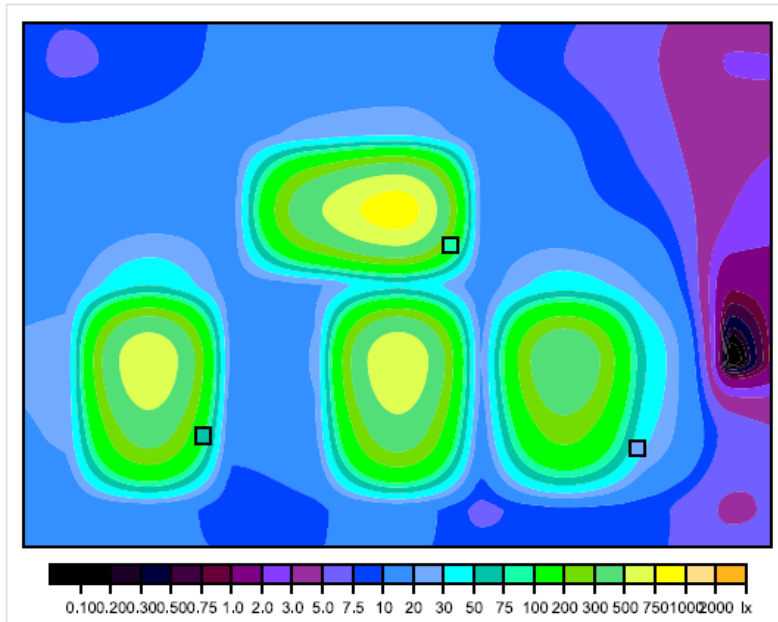
Keskiarvo (todellinen): 203 lx, Min.: 0.02 lx, Maks.: 1063 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./ maks.: 0.000,

S03 laitoksen välikuljetintila uusilla valaisimilla 16.6.2015

S03 / Rakennus 1 / S03 seula / Laskettava pinta 10 / Väärivärit / Syinterivalaistusvoimakkuus

DIALux

Laskettava pinta 10



Mittakaava: 1 : 75

Syinterivalaistusvoimakkuus (Rasteri)

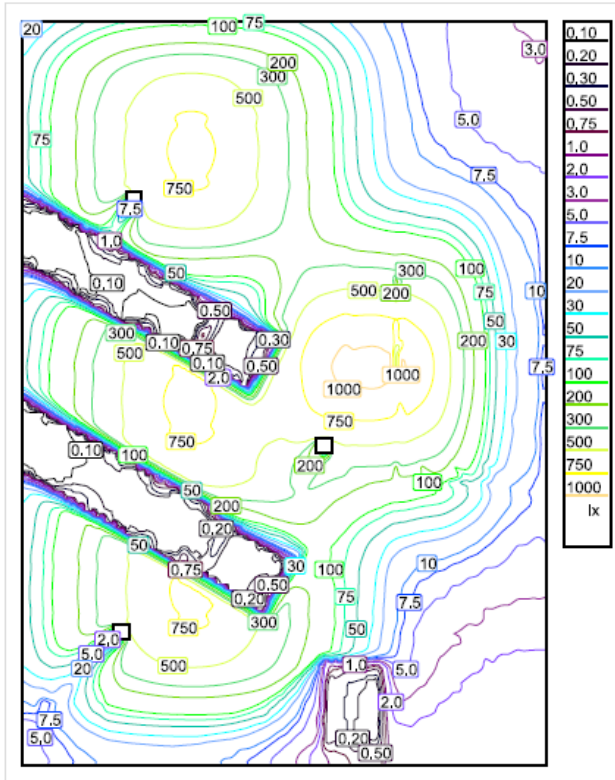
Keskiarvo (todellinen): 80 lx, Min.: 0.00 lx, Maks.: 892 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./maks.: 0.000,
Korkeuspoikkeama: 1.000 m

S03 laitoksen välikuljetintila uusilla valaisimilla 16.6.2015

S03 / Rakennus 1 / S03 seula / Välikuljetintien huoltotaso / Välikuljetintien huoltotaso / Isolux-käyrät / Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuva)

DIALux

Välikuljetintien huoltotaso



Mittakaava: 1 : 75

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

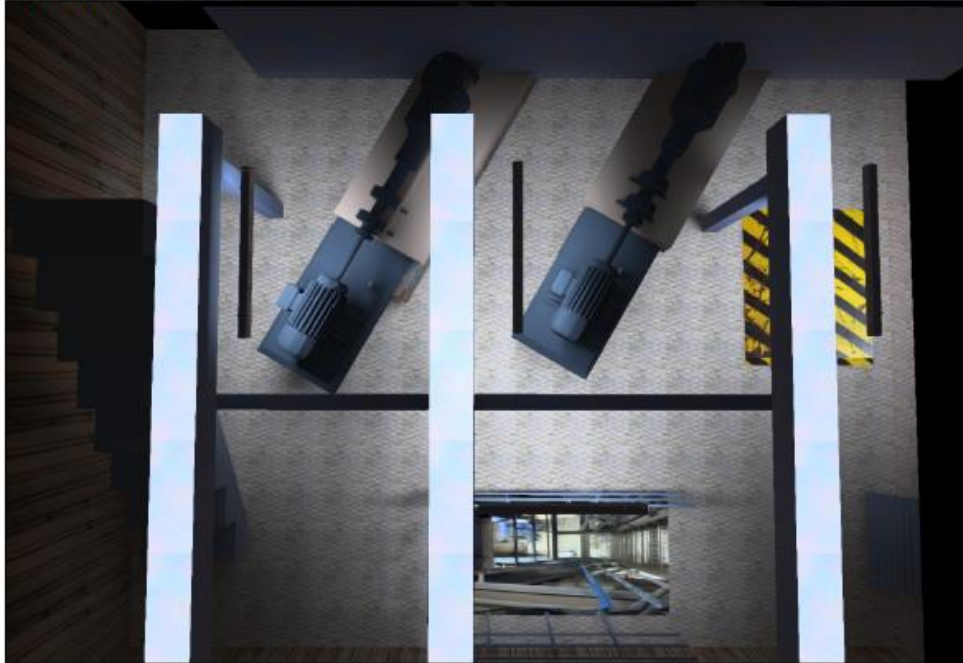
Keskiarvo (todellinen): 203 lx, Min.: 0.02 lx, Maks.: 1063 lx, Min./keskim.: 0.000, Min./ maks.: 0.000,

SOS laitoksen välikuljetintila uusilla valaisimilla 16.6.2015

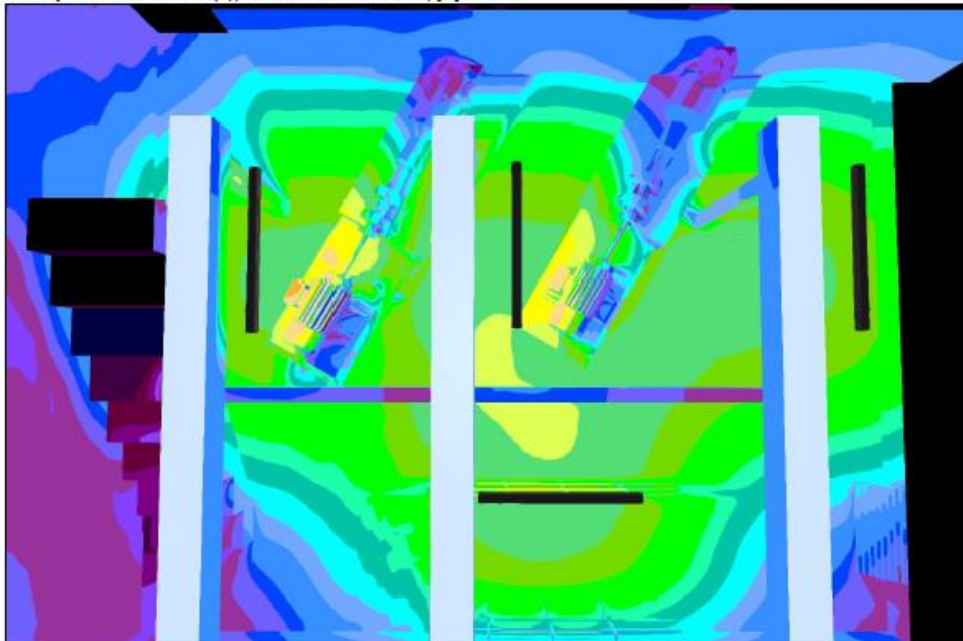
DIALux

SOS / Rakennus 1 / SOS seula / Välikuljetimen huoltotaso / Näkymät

Välikuljetimen huoltotaso (2)



Välikuljetimen huoltotaso (3), Valaistusvoimakkuudet, [lx]



Hiilikuljetin tunnelin valaistus uusilla valaisimilla 4.6.2015

Suomenojan voimalaitoksen hiilikuljetin / Rakennus 1 / Kerros 1 / Tila 1 / Tilan yhteenveto

DIALux

Tila 1



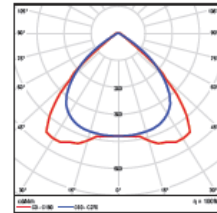
Tilan korkeus: 2.200 m, Käyttötason korkeus: 0.800 m, Reuna-alue: 0.000 m
 Heijastussuhteet: Katto 19.5%, Seinät 18.0%, Lattia 1.3%, Alenemakerroin: 0.80

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keskiarvo (ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 Käyttötaso 1	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx]	134 (50)	0.00	1740	0.000	0.000

Numer
o

Numer	Kappale määrä	
1	20	Philips Lighting WT460C L1600 1xLED64S/840 WB Käyttötehoaste: 100% Lampun valovirta: 6400 lm Valaisimien valovirta: 6400 lm Teho: 51.5 W Valoteho: 124.3 lm/W



Lamppujen kokonaisvalovirta: 128000 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 128000 lm, Kokonaisteho: 1030.0 W, Valoteh: 124.3 lm/W

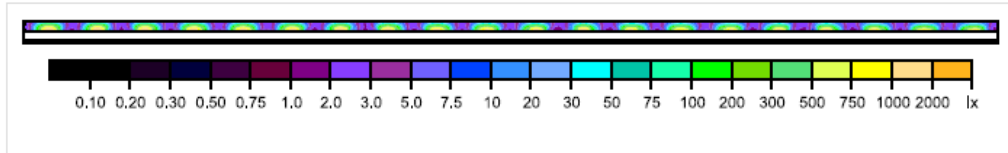
Ominaisliittäntäteho: 2.60 W/m² = 1.94 W/m²/100 lx (Pohjapinta-ala 395.49 m²)

Hiihdekuljetin tunnelin valaistus uusilla valaisimilla 4.6.2015

Suomenojan voimalaitoksen hiihdekuljetin / Rakennus 1 / Kerros 1 / Tila 1 / Käyttötaso 1 / Väsrävärilt / Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuvaa)

DIALux

Käyttötaso 1

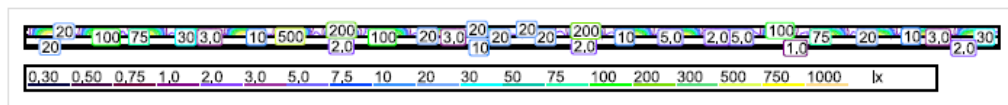


Mittakaava: 1 : 750

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 134 lx, Min.: 0,00 lx, Maks.: 1740 lx, Min./keskim.: 0,000, Min./ maks.: 0,000,

Käyttötaso 1



Mittakaava: 1 : 750

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

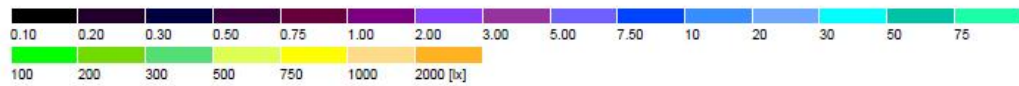
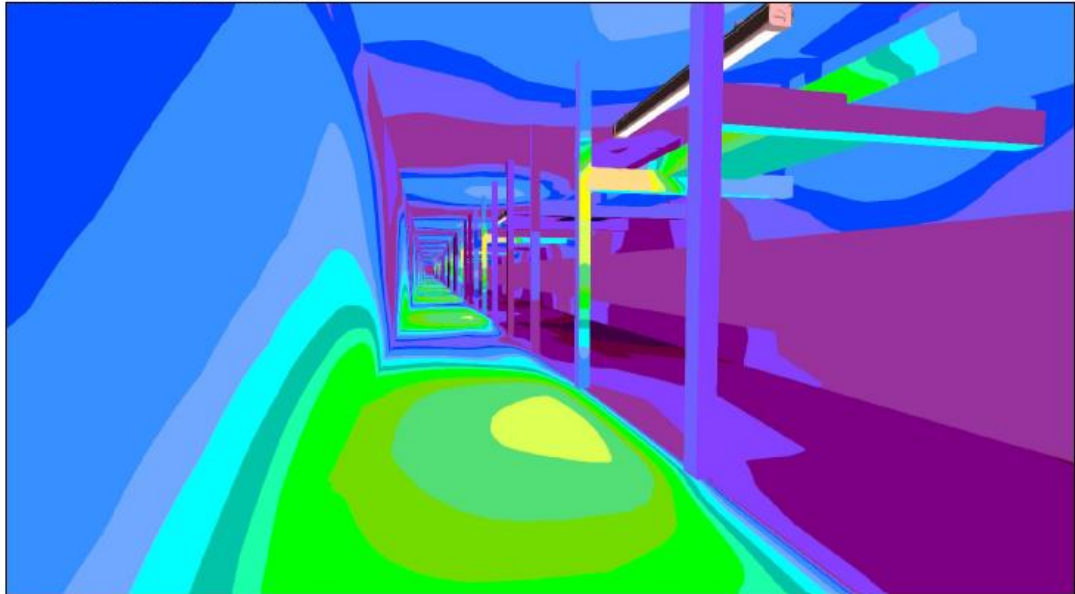
Keskiarvo (todellinen): 134 lx, Min.: 0,00 lx, Maks.: 1740 lx, Min./keskim.: 0,000, Min./ maks.: 0,000,

Hiihtokuljetin tunnelin valaistus uusilla valaisimilla 4.6.2015

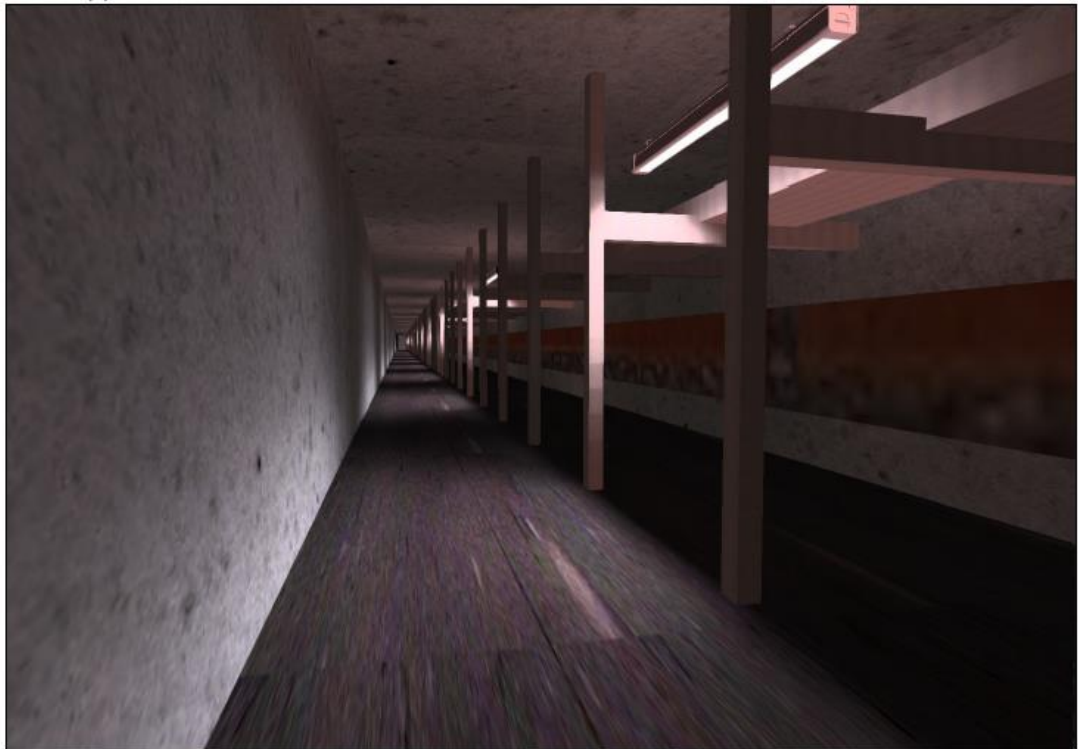
Suomenojan voimalaitoksen hiihtokuljetin / Rakennus 1 / Kerros 1 / Tila 1 / Näkymät

DIALux

Kerros 1 (3), Valaistusvoimakkuudet, [lx]



Kerros 1 (2)





Säästä hallitsemalla
valaistustasi



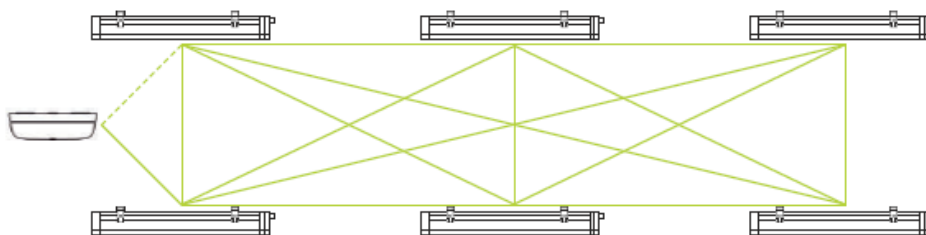
Kuinka **Pacific Green Parking**-järjestelmä toimii?

Anturi antaa liikehavainnosta signaalin lähimmille valaisimille, ja ne kirkastuvat täyteen tehoon. Ryhmään ohjelmoidut valaisimet muodostavat reitittävän langattoman verkon (Mesh), jossa signaali välittyy saumattomasti eteenpäin kaikille ryhmän valaisimille. Ryhmän valaisimet kirkastuvat liikehavainnosta 100 %:n valotasolle alle 1 sekunnissa! Käyttäjän määrittelemän viiveen (ei liikettä) jälkeen valaisimet himmenevät minimitasolle.

Järjestelmän suunnittelu yksinkertaistettuna

1. Määrittele Pacific LED Green Parking -valaisimien tyyppi, määrä ja sijoittelu.
2. Sijoita anturit valaisinsuunnitelmaan siten, että liikehavainto sytyttää valot juuri ennen kuin tullaan (anturin ohjaamalle) alueelle. Nyrkkiäntönä voidaan käyttää yhtä anturia 8–16 valaisinta kohden. Ryhmän laitteiden lukumäärä on max. 50 kpl (valaisimet+anturit). Normaalitytilanteissa 4–6 anturia ryhmässä takaa riittävän peittoalueen. Ryhmässä voi siis olla useita antureita, mutta valaisimet ja anturit eivät voi kuulua useaan ryhmään. Antureiden ei tarvitse kattaa koko aluetta, mutta on tärkeää huolehtia liiketunnistuksesta sisäänkäyntien ja poistumisreittien kohdalla.
3. Valaisimet kytketään jatkuvaan jännitesyöttöön ja ohjausryhmät määritellään käyttöönoton yhteydessä kauko-ohjaimella. Tarkista sopiva johdonsuoja-automaatin tyyppi ja ryhmäkoko valaisimen asennusohjeesta.

Tarkemmat suunnittelu- ja käyttöönotto-ohjeet saat myynnistämme.



Niko Stolt

Liite 7. Valaistuksen ohjaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Sähkötekniikka
Insinöörityö
8.3.2016

Sisällys




1	So3-laitoksen ohjaus	1
1.1	Ohjaus	2
2	Hiilitunnelin ohjaus	3
2.1	Ohjaus	4
3	Asennuksen ongelmat	5

1 So3-laitoksen ohjaus



Kuva 1. So3-laitoksen 0-tason valaistusanturit ja ohjausryhmät

Taulukko 1. So3-laitoksen 0-tason merkkien selitykset

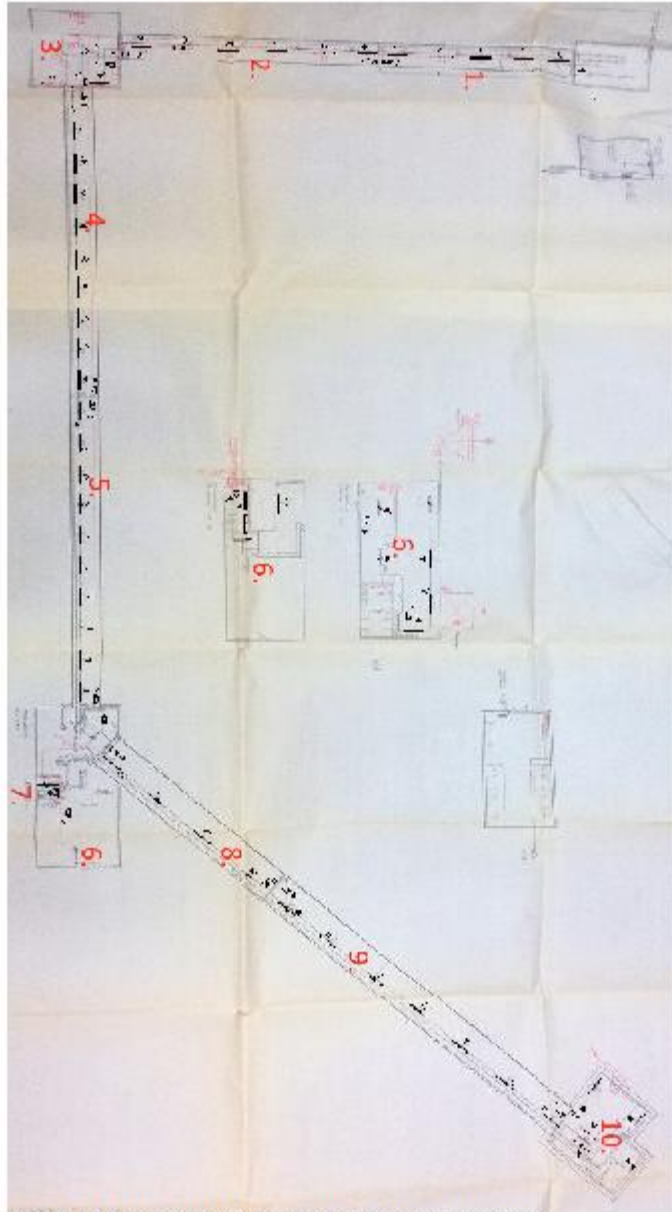
Merkki	Lukumäärä	Selitys
	11	Philipsin langaton anturi
	2	Ohjausryhmä
	24	Valaisin Philips Pacific WTC460X LED64S/840 WB ACW

1.1 Ohjaus

So3-laitoksen ohjaus toteutetaan kuvan 1 mukaisella esimerkkiasettelulla. Kuvassa tilat on jaettu omiksi ryhmikseen ja ryhmä 1 on varsinainen kattilahallin alatason ja ryhmä 2 lämmönjakuhuone.




Valaistusryhmät 1 ja 2 asetellaan palamaan 60 % valaisinteholla kun tilassa ei ole liikettä. Kun tilaan tulee henkilö, anturit nostavat valaisimien tehon 100 %:iin. Valaisinyhmät tulee ohjelmoida niin, että tiloissa olevat kytkimet ohittavat anturit. Tämä sen takia, että jos anturiin tulee jotakin vikaa, valaisimet on mahdollista saada takaisin 100 % tehoon välittömästi. Muissa So3-laitoksen tiloissa ohjaus voidaan toteuttaa samalla tavalla, ja lisäksi asettelemalla anturit tilan oviaukkoihin ja rappustasoihin. Jos taso on pitkä, voi tasolle asentaa myös anturin keskikohdille, mikä laajentaa liiketunnistamisen keilaa.

2 Hiilitunnelin ohjaus



Kuva 2. Hiilitunnelin valaistusanturit ja ohjausryhmät

Taulukko 2. Hiilitunnelin

Merkki	Lukumäärä	Selitys
	21	Philipsin langaton anturi
	10	Ohjausryhmä
	61	Valaisin Philips Pacific WTC460X LED64S/840 WB ACW

2.1 Ohjaus

Hiilitunnelin ohjaus toteutetaan kuvan 2 mukaisella esimerkkiasettelulla. Kuvassa on havaittavissa valaisinryhmien sijainnit, ja mitkä valaisimet niihin kuuluvat.

Tunnelin valaisimet voidaan asettaa 0 %iin, kun tiloissa ei ole liikettä. Kun anturit havaitsevat liikkeen valaisimet valaisevat 100% tehokkuudella. Kuten So3-laitoksessa, valaisinryhmät tulee asetella niin, että peruskytkimet ohittavat valaistuksen ohjauksen antureilta.

Anturit tulisi hiilitunnelissa sijoitella siten, että kaikki mahdolliset tuloaukot ovat anturien havaitsemisetasyydellä.

3 Asennuksen ongelmat

Philipsin tehtaat eivät suostuneet muuttamaan Philips Pacific WTC460X LED64S/840 WB ACW -valaisimia niin, että digitaalisia liittimiä oltaisiin vaihdettu kahden ylimääräisen vaiheen läpivientiä varten. Toisena vaihtoehtona olisi ollut kahden lisäliittimen tekeminen tehtaalla, mutta tämä ei myöskään onnistunut. Kuvassa 3 näemme perus WTC460 valaisimen kytkentäliittimen. Erona WTC460X-valaisimeen, on se että 3- ja 2-vaiheen tilalla on digitaaliset liittimet.



Kuva 3. Valaisimen kytkentäliitin

Ongelma voidaan ratkaista asentamalla ylimääräiset liittimet valaisinrungon sisälle (kuva 4) ja viemällä ne valaisimet läpi toisessa päässä olevalle liittimelle. Liittiminä voidaan käyttää tilalle asennettavaa seitsemänpaikkaista sokeriitintä tai asentamalla valaisimen sisälle ylimääräiset WAGO-liittimet (kuva 5).

6 (6)



Kuva 4. Valaisimen sisällä olevat komponentit



Kuva 5. WAGO-liitin