



TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttö ja vertailu DIALuxiin

Juha Honkanen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2013
Talotekniikka
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

HONKANEN, JUHA:

Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttö ja vertailu DIALuxiin
Opinnäytetyö 95 sivua, joista liitteitä 31 sivua
Joulukuu 2013

Valaistuslaskentaohjelmien käyttö on ollut viime aikoina merkittävässä kasvussa niin kouluissa kuin työelämässäkin. Näiltä ohjelmilta vaaditaan jatkuvasti entistä enemmän ominaisuuksia, joilla voidaan laskea ja määritellä valaistuksen eri osa-alueita. Tämän työn tarkoitus oli luoda katsaus Euroopassa käytettyyn Relux-valaistuslaskentaohjelmaan, tehdä sille peruskäyttöön soveltuvat käyttöohjeet sekä verrata Reluxin ominaisuuksia toiseen vastaavaan ohjelmaan, DIALuxiin.

Työssä käsitellään aluksi valoon liittyviä suureita ja valaistussuunnittelun perusteita hyvän valaistuksen ohjenuoraksi. Seuraava osa käsittelee yleisesti Reluxia ja valaistuslaskentaohjelmien käyttötarkoitusta. Kolmannessa osassa tarkastellaan Reluxin ominaisuuksia ja vertaillaan niitä DIALuxin. Liitteenä on yksityiskohtainen peruskäyttöohje Reluxia varten.

Tuloksissa päädyttiin siihen, että molemmat ohjelmat ovat keskenään hyvin samankaltaisia ja paremman ohjelman valitseminen tapahtuu ennen kaikkea käyttäjän oman mieltymyksen pohjalta. Reluxissa grafiikka on parempi ja päivänvalo- ja sädeseuranta antavat ohjelmalle lisäarvoa. DIALux taas on helpommin lähestyttävä aloittelijalle, koska ohjelmasta on suomenkielinen versio ja siinä on opas-toiminto, joka ohjaa käyttäjää vaihe vaiheelta projektin valmiiksi saattamisessa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Building Services

HONKANEN JUHA:

Relux Lighting Calculation Program in Use and Compared to DIALux

Bachelor's thesis 95 pages, appendices 31 pages
December 2013

The use of lighting calculation programs has been greatly increasing in modern times both at schools and in working life. These programs need more and more of different features that can measure the various areas of lighting. The first objective of this thesis was to provide an overview of Relux lighting calculation program that is commonly used in Europe, and to make a user manual for the basic use of this program. Secondly, this work compares the properties of Relux to the corresponding program, DIALux.

The work begins with variables related to light and the basics of lighting planning to give a good guideline for lighting design. The next section deals with the company ownership and the way of thinking at Relux, as well as the use of lighting calculation programs. Thirdly, the thesis takes a look at the features of Relux and compares them to those of DIALux. A detailed basic manual for Relux is enclosed.

The results led to the conclusion that these two programs are very similar to each other, and choosing the better program is greatly on the user's own preferences. Relux has better graphics and the daylight monitoring gives it added marketing value. DIALux again is more approachable for beginners because it has a Finnish language pack and a guide that helps you to finish your project.

Key words: Relux, DIALux, light calculation program, light, lighting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	VALAISTUSSUUNNITTELUN PERUSTEET	9
2.1	Valosuureet	9
2.1.1	Lumen	9
2.1.2	Kandela	10
2.1.3	Luksi.....	11
2.1.4	Luminanssi	11
2.2	Standardi SFS-EN 12464-1-2011	12
2.2.1	Alueiden käsitteet.....	12
2.2.2	Pintojen heijastuskertoimet ja valaistusvoimakkuus.....	14
2.2.3	Luminanssijakauma.....	14
2.2.4	Valaistuksen alenema- ja huoltokerroin.....	15
2.2.5	Häikäisy.....	16
2.2.6	Sisätilan valaiseminen.....	17
2.2.7	Keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus	17
2.2.8	Muodonanto	17
2.2.9	Suunnattu valaistus	18
2.2.10	Värivaikutelma.....	18
2.2.11	Värintoisto.....	19
2.2.12	Energiatehokkuusvaatimukset.....	20
2.2.13	Päivänvalon lisäedut.....	20
2.2.14	Valon vaihtelevuus.....	21
2.2.15	Todentaminen.....	21
3	RELUX.....	22
3.1	Relux yrityksenä	22
3.1.1	Ajatusmaailma.....	22
3.1.2	Historia.....	22
3.1.3	Omistajuus	23
3.2	Relux-valaistuslaskentaohjelma.....	23
3.2.1	Kuvaus ohjelman toiminnasta	23
4	RELUXIN JA DIALUXIN OMINAISUUKSIEN VERTAILU JA KÄYTTÖ VALAISTUSSUUNNITTELUSSA.....	25
4.1	Kohteen tiedot.....	26
4.2	Suunnittelun aloitus	27
4.3	Projektin kulku.....	30
4.4	Käytettävyys	30
4.5	Rakenteiden ja objektien luonti	31

4.6 Pintamateriaalit	34
4.7 Valaisimien valinta ja sijoitus	35
4.8 Huoltokerroin ja energialaskenta	38
4.9 Päivänvalo.....	42
4.10 Laskentapinnat	47
4.10.1 Työalueiden asettaminen.....	48
4.10.2 Sylinterivalaistusvoimakkuus ja muodonanto.....	50
4.10.3 Laskentarasteri	51
4.11 UGR-häikäisyindeksi.....	51
4.12 Ohjelmien ulkonäkö.....	54
4.13 Laskentatulokset ja tuloksien vertailu.....	55
4.13.1 Toimistotilan tulokset	57
4.14 Ohjelman laskentatuloksien raportointi	58
4.15 Tulosten tallennus ja raportointi	59
5 POHDINTA.....	61
LÄHTEET.....	63
LIITTEET	64
Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 1 (6)	64
Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 2 (6)	65
Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 3 (6)	66
Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 4 (6)	67
Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 5 (6)	68
Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 6 (6)	69
Liite 2. Alenemakertoimet.....	70
Liite 3. Valaisinvalmistajat 1 (3).....	71
Liite 3. Valaisinvalmistajat 2 (3).....	72
Liite 3. Valaisinvalmistajat 3 (3).....	73
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 1 (12)	74
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 2 (12)	75
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 3 (12)	76
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 4 (12)	77
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 5 (12)	78
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 6 (12)	79
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 7 (12)	80
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 8 (12)	81
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 9 (12)	82
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 10 (12)	83
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 11 (12)	84
Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 12 (12)	85

Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 1 (10)	86
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 2 (10)	87
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 3 (10)	88
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 4 (10)	89
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 5 (10)	90
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 6 (10)	91
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 7 (10)	92
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 8 (10)	93
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 9 (10)	94
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 10 (10)	95

LYHENTEET JA TERMIT

AG	Aktiengesellschaft, suom. osakeyhtiö
CHF	Sveitsin frangi (1 CHF = n. 0.81€, pvm 9.10.2013)
Φ	Valovirta lumen [lm], ilmaisee valonlähteen tuottaman kokonaisvalomäärän
I	Valovoima kandela [cd], ilmaisee, kuinka paljon valoa säteilee valonlähteestä tiettyyn suuntaan
E	Valaistusvoimakkuus luksit [lx], kuvaa tietylle pinnalle saapuvan valovirran määrän
L	Luminanssi kandela neliömetrille [cd/m ²], kuvaa kohteen pinnan valotiheyttä eli pintakirkkautta
U_o	Valaistusvoimakkuuden tasaisuus [E_{min}/E_m], kuvaa määritetyn pinnan valaistusvoimakkuuden minimiarvon suhdetta keskiarvoon
MF	Maintenance factor, suom. huoltokerroin
CIE	International Commission on Illumination, suom. kansainvälinen valaistuskomissio
UGR	Unified Glare Rating, suom. kiusahäikäisyindeksi
T_{CP}	Ekvivalentinen värilämpötila
K	Kelvin
R_a	Värintoistoindeksi (0-100 %), ilmaisee valonlähteen kykyä toistaa tiettyjä värejä
E_m	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus
E_z	Keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus
E_h	Keskimääräinen horisontaalinen valaistusvoimakkuus
E_v	Keskimääräinen vertikaalinen valaistusvoimakkuus
E_{min}	Pienin laskentapinnalla oleva valaistusvoimakkuus
E_{max}	Suurin laskentapinnalla oleva valaistusvoimakkuus

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on Relux-valaistuslaskentaohjelma, jolla voidaan simuloida, suunnitella ja laskea kohteeseen tulevaa valaistusta. Relux on ilmainen tietokoneohjelma, jonka on luonut sveitsiläinen Relux Informatik AG osakeyhtiö vuonna 1998. Myöhemmin ohjelmaan on tullut monia lisäosia, joista jotkin vaativat maksullisen lisenssin, joten tämä työ rajataan ilmaisiin versioihin sekä pelkästään sisävalaistukseen. Ohjelmasta on tehty versioita monelle kielelle, mutta ohjelmaa ei vielä ole saatavilla suomenkielisenä. Tässä työssä käytettiin vertailukohteena Tampereen ammattikorkeakoulun käyttämää DIALuxia, joka on vastaava suomenkielinen ohjelma. Tämä työ tehtiin opinnäytetyön ohjaajan toivomuksesta Tampereen ammattikorkeakoululle.

Työn tavoitteena on tutustua Reluxiin ja etsiä ohjelmasta sekä hyviä että huonoja puolia ja vertailla sitä DIALuxiin. Reluxia lähdettiin vertaamaan DIALuxiin, koska molemmat on suunniteltu mallintamaan yksittäisiä tiloja kerrallaan. DIALux on myös Suomessa yleisesti käytetty ohjelma ja sen oletettiin olevan eniten Reluxin kaltainen. Suomessa käyttöön on hiljalleen tulossa myös DIALux evo-ohjelma, joka on DIALuxista edelleen kehitetty versio. Vertailuun DIALux evo olisi ollut liian kehittynyt, koska se on suunniteltu kokonaisten kiinteistöjen mallintamiseen. Opinnäytetyöhön kuului myös ohjelmaan perehdyttävät käyttöohjeet (liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje).

Tämän työn perusteella nähdään, onko Reluxista DIALuxille haastajaksi ja kumpaa ohjelmaa Tampereen ammattikorkeakoulussa olisi jatkossa parempi käyttää. Tavoite saavutetaan mallintamalla molemmilla ohjelmilla, Reluxilla ja DIALuxilla, yksikerroksinen omakotitalo sekä toimistotila ja tutustumalla ohjelmien työkaluihin.

Opiskeluajana opitut termit ja valaistussuunnittelu DIALuxilla helpottavat tämän työn tekemistä ja antavat mahdollisuuden arvioida Relux-ohjelman luotettavuuden ja tarkkuuden. Tärkeimmät lähteet tässä työssä olivat Relux Informatik AG osakeyhtiön omat kotisivut, josta sai tietoja Relux osakeyhtiön historiasta ja ajattelutavasta sekä Eurooppalainen valaistusstandardi SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. 10.10.2010

2 VALAISTUSSUUNNITTELUN PERUSTEET

Jotta näköä vaativat tehtävät pystyttäisiin suorittamaan tehokkaasti ja tarkasti, tarvitaan riittävä ja tarkoituksenmukainen valaistus. Toiminnan tyyppi ja kesto vaikuttavat vaadittavaan näkyvyyteen ja näkömukavuuteen erilaisilla työpaikoilla. (SFS-EN 12464-1-2011)






Helpottamaan hyvän valaistuksen suunnittelua ja ymmärtämään valaistuksen eri aihealueita, on hyvä perehtyä Suomessa vaadittaviin valaistusstandardeihin ja käytössä oleviin valosuureisiin. Standardit asettavat vaatimuksia valaistuksen laadulliselle tasolle ja ne vaaditaan kaikkiin julkisiin ulko- ja sisätiloihin ja Suomessa valaistussuunnittelua julkisissa tiloissa ja työkohteissa ohjaa sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1-2011. Yksityisasunnoissa ja tiloissa nämä standardit eivät ole vaadittuja, mutta auttavat hyvän valaistuksen suunnittelussa.

2.1 Valosuureet

Tässä luvussa luodaan pieni katsaus valosuureisiin ja termeihin, jotka on tunnettava valaistusta suunniteltaessa sekä tämän työn ja standardien ymmärtämisessä.

2.1.1 Lumen

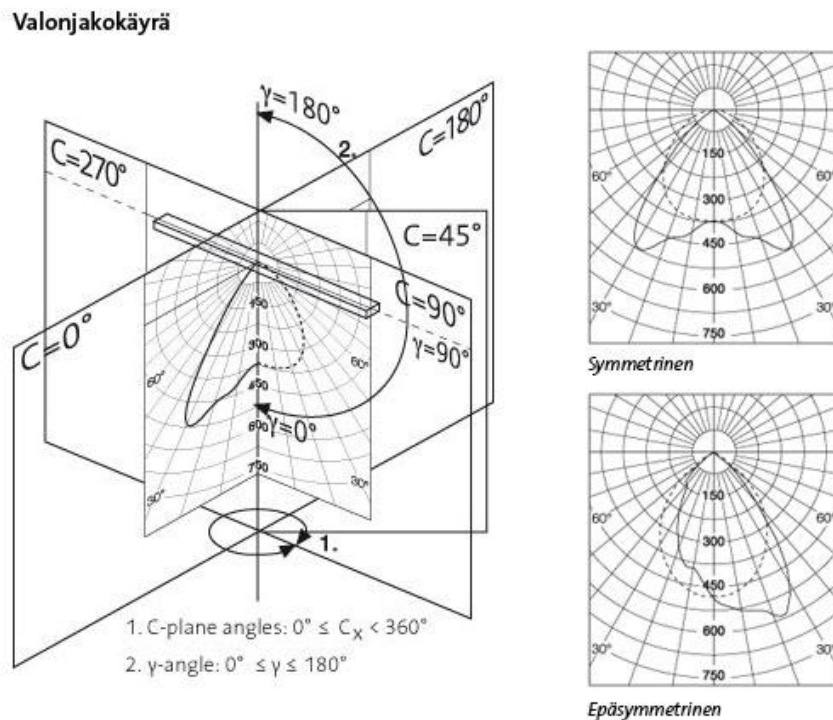
Lumen on valovirran mittayksikkö. Valovirran symboli on Φ ja yksikkö lumen [lm]. Se kertoo lampusta lähtevän näkyvän valon määrän painotettuna ihmissilmän spektriherkkyydellä. Lamppuvalmistajat ilmoittavat tuoteluetteloissa ja lamppupakkauksissa valonlähteiden valovirrat (kuvio 1), joita hyödynnetään suunnittelussa. (Halonen & Lehtovaara 1992)

Nimike	Snro	EAN-koodi	W	lm		 d max. [mm]	 l max. [mm]		 No.
VIALOX® NAV®-E (Standard) E27/E40									
NAV-E 50/E	48 355 52	4050300 015750	50	3500	E27	71	156	24	1
NAV-E 70/E	48 355 54	4050300 015767	70	5600	E27	71	156	24	1
NAV-E 100	48 355 11	4008321 087300	100	8500	E40	76	183	12	2

Kuvio 1. Osramin tuoteluettelo, jossa näkyy lampun teho ja valovirta (Osram tuoteluettelo 2009-2010)

2.1.2 Kandela

Kandela on valovoiman mittayksikkö. Valovoiman symboli on I ja yksikkö on kandela [cd]. Sillä ilmoitetaan, kuinka monta lumenia steradiaania kohden lamppu lähettää. (steradiaani on SI-järjestelmän mukainen avaruuskulman suuruuden mittayksikkö. Täysi avaruuskulma on 4π). Käytännössä se kertoo kuinka kirkas valo on jonnekin suuntaan, mutta ei kerro valon kokonaismäärästä mitään. Laserpointterikin on perin kirkas, mutta ei sillä huonetta valaise. Yksi kandela vastaa suunnilleen tavallisen kynttilän valon voimakkuutta tai kirkkautta. Valaisimissa ja lamputissa ilmaistaan usein valonjakokäyrä graafisesti, mistä näkee valon suuntautumisen (kuvio 2). (Halonen & Lehtovaara 1992, Wikipedia steradiaani 2013, Hitusähkö 2013, Lamputtieto 2013)



Kuvio 2. Valonjakokäyrä havainnollistaa valaisimen valonjakoa. (Fagerhult Oy)

2.1.3 Luksi

Luksi on valaistusvoimakkuuden mittayksikkö, joka kertoo pinnalle saapuvan valontiheyttä, lumenia per neliometri. Valaistusvoimakkuuden symboli on E ja yksikkö on luksi [lx]. Luksi on yleisin valaistussuunnittelussa käytetty yksikkö. Yksi luksi on valaistusvoimakkuus, jonka yhden lumenin valovirta antaa tasaisesti jakautuessaan yhden neliometrin alalle ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$). Valaistusvoimakkuus riippuu muun muassa lampun valovirrasta, valaisimen optisista ominaisuuksista, pintojen värityksestä ja etäisyydestä valaistavasta pinnasta. (Halonen & Lehtovaara 1992, Lampputieto 2013)

2.1.4 Luminanssi

Luminanssi on kohteen pintakirkkauden mittayksikkö, joka on ainoa nähtävissä oleva valosuure. Luminanssin symboli on L ja yksikkönä kandela per neliometri [cd/m^2]. Luminanssi syntyy pinnan valaistusvoimakkuuden ja heijastumissuhteen yhteisvaikutuksesta, mitä suurempi valaistusvoimakkuus ja kohteen heijastuskerroin sitä kirkkaammalta pinta näyttää. Luminanssierot eli pintakirkkauden erot tekevät kohteesta, joko hyvin tai huonosti näkyvän, tätä kutsutaan kontrastiksi (kuva 1). Häikäisyä taas tunnetaan liian korkeasta luminanssierosta tai sen nopeasta muuttumisesta. (Halonen & Lehtovaara 1992)



LUMINANSSIKONTRASTI
LUMINANSSIKONTRASTI

Kuva 1. Mitä suurempi on kohteen ja taustan välinen luminanssikontrasti sitä paremmin kohde näkyy.

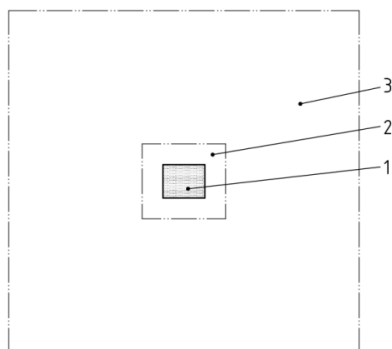
2.2 Standardi SFS-EN 12464-1-2011

Tässä työssä on käytetty lähteenä standardia SFS-EN 12464-1-2011 "Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus". Tämä eurooppalainen standardi määrittelee sisätyötilojen valaistusvaatimukset lähtien normaalinäkökykyisten henkilöiden näkömukavuuden ja näkötehokkuuden tarpeista. Standardissa käsitellään kaikkia yleisimpiä näkötehtäviä. Standardi määrittelee valaistusratkaisujen määrälliset ja laadulliset vaatimukset useimmille sisätyöpaikoille ja niihin liittyville alueille. Lisäksi annetaan suosituksia hyvistä valaistuskäytännöistä. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.1 Alueiden käsitteet

Valaistussuunnittelua tehtäessä työalue, jossa työskennellään, tulisi määrittää ja dokumentoida. Alue on pyrittävä saaman valaistukseltaan tasaiseksi taulukkoarvoja noudattaen. Jos aluetta ei tunneta riittävän hyvin, suunnittelijan on määritettävä valaistusvoimakkuus tasaiseksi koko tilaan. ($U_0 \geq 0,40$). Tasaisuus U_0 määritetään E_{\min}/E_m . Missä E_{\min} on valaistusvoimakkuuden minimi ja E_m on valaistusvoimakkuuden keskiarvo. Alueiden käsitteet on kuvattu kuviossa 3. (SFS-EN 12464-1-2011)

- Työalue on alue, jonka sisällä näkötehtävä suoritetaan (esim. työpöytä)
- Lähiympäristö on vähintään 0,5 m leveä vyöhyke näkökentässä työalueen ympärillä
- Tausta-alue on lähiympäristön viereinen alue, vähintään 3 m leveä välitöntä lähiympäristöä ympäröivä alue tilan asettamissa rajoissa



Kuvio 3. Työalueen määrittäminen, jossa numero 1 on työalue, numero 2 on lähiympäristö ja numero 3 on tausta-alue (SFS-EN 12464-1-2011)

Valaistusvoimakkuudella ja sen jakaumalla työalueella ja sitä ympäröivällä alueella on suuri merkitys sille, kuinka nopeasti, turvallisesti ja miellyttävästi henkilö hahmottaa näkötehtävän. Taulukossa 1 esitetyt arvot ovat valaistusvoimakkuuden ylläpitoarvoja työalueella. Kunkin työtehtävän keskimääräinen valaistusvoimakkuus ei saa alittaa taulukossa 1 annettua arvoa riippumatta valaistusjärjestelmän iästä ja kunnosta. Arvot koskevat tavanomaisia näköolosuhteita ja niissä on otettu huomioon seuraavat tekijät:

- psykologiset ja fysiologiset tekijät kuten näkömukavuus ja hyvinvointi
 - näkötehtävälle asetettavat vaatimukset kuten näköergonomia, käytännön kokemus, vaikutus toiminnan turvallisuuteen ja taloudellisuus.
- (SFS-EN 12464-1-2011)

Riippuen standardin asettamasta vaatimuksesta taulukko 1 näyttää vaadittavan lähiympäristön valaistuksen verrattuna työalueeseen. Tausta-alueen valaistusvoimakkuus on 1/3 suhteessa lähiympäristöön. (SFS-EN 12464-1-2011)

Taulukko 1. Työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuuksien suhde. Tausta-alueen valaistusvoimakkuus on 1/3 välittömästä lähiympäristöstä. (SFS-EN 12464-1-2011)

Työalueen valaistusvoimakkuus E_{task} lx	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
150	E_{task}
100	E_{task}
≤ 50	E_{task}

Jotta ihmissilmä havaitsee valaistuserot, suositellut valaistusvoimakkuuksien tasot (lukseina) ovat standardin EN 12665 mukaan: (SFS-EN 12464-1-2011)

20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1 500 – 2 000 – 3 000 – 5 000

Hyvässä valaistuksessa on oleellista, että vaaditun valaistusvoimakkuuden ja turvallisuuden lisäksi myös seuraavat ehdot täyttyvät:

- näkömukavuus, jolloin työntekijä kokee valaistuksen vaikuttavan positiivisesti hyvinvointiinsa; tämä johtaa epäsuorasti myös parempaan tuottavuuteen ja työn laatuun
- näkötehokkuus, jolloin työntekijät pystyvät suoriutumaan näkötehtävästään myös vaativissa olosuhteissa ja pitempien jaksojen aikana. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.2 Pintojen heijastuskertoimet ja valaistusvoimakkuus

Suunnitteluohjelmilla voi pinnoille asettaa heijastuskertoimet, joilla yritetään mallintaa oikeassa kohteessa olevia pintoja. Pintojen heijastuskertoimeen vaikuttaa pinnan koostumus sekä erilaiset maalit ja värit. Tärkeimmille hajaheijastaville sisäpinnoille suositellaan seuraavia heijastuskertoimia: (SFS-EN 12464-1-2011)

- katto 0,7...0,9
- seinät 0,5...0,8
- lattia 0,2...0,4.

Kaikissa suljetuissa tiloissa tärkeimpien pintojen ylläpidettyjen valaistusvoimakkuuksien tulee olla: (SFS-EN 12464-1-2011)

- seinillä $E_m > 50$ lx, ja $U_o \geq 0,10$ ja
- katossa $E_m > 30$ lx, ja $U_o \geq 0,10$.

jossa E_m on valaistusvoimakkuus ja U_o on valaistusvoimakkuuden tasaisuus

2.2.3 Luminanssijakauma

Luminanssi on ainoa ihmissilmälle näkyvä yksikkö, joka kuvaa kappaleiden pintakirkkautta. Luminanssijakauma näkökentässä määrää silmien sopeutumistason, joka vaikuttaa kohteen näkyvyyteen. (SFS-EN 12464-1-2011)

Tasapainoinen sopeutumisluminanssi on tarpeen parantamaan näöntarkkuutta, kontrastiherkkyttä (pienen suhteellisten luminanssierojen havaitseminen) ja näköaistin

toimintojen tehokkuutta (kuten pupillien kokomuutos, silmien liikkeet jne.). (SFS-EN 12464-1-2011)

Näkökentän luminanssijakauma vaikuttaa myös näkömukavuuteen. Seuraavia tulee välttää esitetyistä syistä:

- liian suuret luminanssit, jotka saattavat aiheuttaa häikäisyä
- liian suuret luminanssikontrastit, jotka aiheuttavat näköväsytystä silmien jatkuvan sopeutumistason muuttamistarpeen
- liian pienet luminanssit ja liian alhaiset luminanssikontrastit, jotka tekevät työympäristöstä tylsän ja yksitoikkoisen, eli kohteessa on vähän tai ei lainkaan varjoja.

(SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.4 Valaistuksen alenema- ja huoltokerroin

Valaistus tulee suunnitella käyttäen alenemakerrointa (MF, Maintenance Factor), joka vastaa valittuja valaistuslaitteita, tilan ympäristötekijöitä ja määriteltyä huoltosuunnitelmaa. Valaistuksen alenemakertoimella voidaan arvioida valovirran heikkeneminen sekä lamppujen, valaisimien ja tilan likaantumisen vaikutus lamppujen huoltovälin ajalle. Alenemakertoimen määritelmät on esitetty kansainvälisen valaistuskomission CIE 97:2005 (Guide on the Maintenance of Indoor Electric Lighting Systems) -julkaisussa, josta käy ilmi valaisinhuollon ja suunnittelun väliset suhteet ja tarvittavat arvot alenemakerrointa arvioitaessa. Julkaisussa on määritetty valaistusasennuksen kunnan suositeltava tarkastusväli, joka on jaettu neljään likaisuusluokkaan; likaiseen, normaaliin, puhtaaseen ja erittäin puhtaaseen. Likaisiin tiloihin luetaan teollisuusrakennukset, jossa valaisimet tulee tarkistaa vuoden välein. Normaaleita tiloja ovat esimerkiksi liiketilat, ravintolat ja varastot, joiden tarkastusväli on kaksi vuotta. Puhtaita tiloja ovat toimistot ja koulut ja erittäin puhtaita sairaaloiden tutkimus- ja hoitotilat sekä tietokonekeskukset, joiden tarkastusväli on kolme vuotta. Päivänvalolaskelmissa tulisi liian kerääntymisestä aiheutuva lasien läpäisykerroimen alenema ottaa huomioon. (Varsila 2012, 33. SFS-EN 12464-1-2011. Vinnikainen Petri, thesis)

Taulukossa 2 on valaisimien suositeltava puhdistusväli riippuen tilan likaisuudesta. Liitteessä 2. "Alenemakertoimet" on esitetty tyypillisiä suuntaa antavia alenemakertoimen arvoja keskikokoisessa huonetilassa puhtausluokka huomioon ottaen.

Taulukko 2. Valaisimien suositeltava puhdistusväli riippuen tilan likaisuudesta, EP on erittäin puhdas tila, P on puhdas tila, N on normaali tila ja L on likainen tila (CIE 97:2005; Varsila 2012, 33, muokattu, Vinnikainen Petri, thesis)

Puhdistusväli	Ympäristö	3 vuotta			2 vuotta			1 vuosi		
		EP/ P	N	L	EP/ P	N	L	EP/ P	N	L
A. Perusrunko		x				x				x
B. Ylhäältä avoin		x				x				x
C. Ylhäältä suljettu		x			(x)				x	
D. Ylhäältä ja edestä suljettu IP2X		x			(x)				x	
E. Pölytiivis IP5X		x	x				x			
F. Epäsuora valaistus, ylhäältä suljettu					x			(x)	x	
G. Ilmastointivalaisin (esimerkiksi integroitu ilmastointipalkkiin)		x	x				x			

2.2.5 Häikäisy

Häikäisy on tunne, jonka aiheuttavat näkökentässä olevat kirkkaat kohteet kuten valaistut pinnat, valaisinten osat, ikkunat ja/tai kattoikkunat. Häikäisyä tulee rajoittaa virheiden, väsymyksen ja tapaturmien välttämiseksi. Häikäisy voidaan kokea joko kiusahäikäisyä tai estohäikäisyä. Kirkkaat valonlähteet saattavat aiheuttaa häikäisyä ja heikentää kohteiden näkyvyyttä. (SFS-EN 12464-1-2011)

Harsoheijastumista ja heijastushäikäisyä voidaan estää tai minimoida esimerkiksi seuraavilla keinoilla: valaisimien, ikkunoiden ja kattoikkunoiden ja työpisteiden keskinäinen sijoittelu, pintakäsittely (mattapinnat ja vaaleat värit), valaisimien, ikkunoiden ja kattoikkunoiden luminanssin rajoittaminen. (SFS-EN 12464-1-2011)

Sisätilojen valaisimien suoraan aiheuttama kiusahäikäisy tulee määrittää käyttäen CIE:n UGR-menetelmää (Unified Glare Rating). Kaikki UGR-indeksin määrittämisessä käytetyt lähtötiedot tai oletusarvot on esitettävä valaistussuunnitelma-asiakirjoissa.

Valaistusasennuksen UGR-arvot eivät saa ylittää standardin asettamia arvoja. UGR:n suositeltavat raja-arvot muodostavat sarjan, jonka portaat osoittavat havaittavan muutoksen häikäisyssä. UGR sarja on: 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.6 Sisätilan valaiseminen

Työkohteiden valaistuksen lisäksi myös oleskelutilat, kuten käytävät, aulat ja odotushuoneet tulisi valaista. Tämä valo on tarpeen korostamaan kohteita ja tekstuuria ja parantamaan tilassa toimivien ihmisten viihtyvyyttä. Tilan valaisussa käytetään kolmea eri määritelmää, johon pitää kiinnittää huomiota kaikkien tilojen valaistusta suunniteltaessa. Ilmaisulla "keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus", "muodonanto" ja "suunnattu valaistus" kuvataan valaistusolosuhteita. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.7 Keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus

Tila, jossa ihmiset liikkuvat tai työskentelevät, on valaistava hyvän visuaalisen viestinnän ja kohteiden tunnistamisen vuoksi. Tämä täytetään tuottamalla tilaan sopiva keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuus E_z . Ylläpidettävän keskimääräisen sylinterivalaistusvoimakkuuden on oltava toiminta- ja sisätiloissa vähintään 50 lx ja tasaisuuden $U_0 \geq 0,10$ vaakatasossa määrätyllä korkeudella lattiasta, esimerkiksi istuvalle henkilölle 1,2 m korkeudella ja seisovalle henkilölle 1,6 m korkeudella lattian yläpuolella. Tiloissa, joissa visuaalinen kommunikointi on erityisen tärkeää, kuten toimistoissa ja koulutustiloissa, tulee jatkuvan keskimääräisen sylinterivalaistusvoimakkuuden olla vähintään 150 lx tasaisuuden ollessa vähintään 0,10. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.8 Muodonanto

Tilan yleisvaikutelma paranee, kun sen rakenteelliset yksityiskohdat sekä siinä olevat ihmiset ja esineet valaistaan niin, että muoto ja tekstuuri tulevat selkeästi ja

miellyttävästi esille. Valaistus ei saa olla liian suunnattua, jolloin muodostuu teräviä varjoja. Valaistus ei myöskään saa olla liian hajanainen, koska tällöin muodonanto katoaa kokonaan, mikä johtaa erittäin yksitoikkoiseen luminanssiympäristöön. Suunnatusta useammasta kuin yhdestä lähteestä tulevasta valosta aiheutuvia moninkertaisia varjoja tulisi välttää, koska se aiheuttaa sekavan visuaalisen vaikutelman. Muodonannon arvo saadaan laskettua sylinterin ja vaakatason välisestä valaistusvoimakkuuden suhteesta. Tasaisesti sijoitetuille valaisimille ja kattoikkunoille sylinterin ja vaakatason valaistusvoimakkuuden välisen suhde tulisi olla välillä 0,3 ja 0,6. Tämä arvo on osoitus hyvästä muodonannosta. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.9 Suunnattu valaistus

Tietystä suunnasta tuleva valaistus saattaa tuoda esiin yksityiskohtia näkötehtävästä parantaen näkyvyyttä ja helpottaen tehtävän suoritusta. Tahatonta harsoheijastumista ja heijastushäikäisyä tulisi välttää. Näkötehtävää häiritseviä jyrkkiä varjoja tulisi myös välttää, mutta jotkut varjot auttavat lisäämään kohteen näkyvyyttä. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.10 Värivaikutelma

Lähes valkoista valoa tuottavan lampun tai ulkoa tulevan päivänvalon väriominaisuuksia luonnehtii kaksi tekijää: valon itsensä tuottama värivaikutelma ja toisena valon kyky toistaa värejä, mikä vaikuttaa valaistuihin kohteisiin ja henkilöihin saatavaan värivaikutelmaan. Näitä kahta tekijää tulee tarkastella erillisinä. (SFS-EN 12464-1-2011)

Lampun värivaikutelma tarkoittaa sen säteilevän valon näkyvää väriä (värilaatu). Sen määrittää lampun ekvivalenttinen väriämpötila (T_{CP}) yksikkönä kelvin [K]. Päivänvalon värivaikutelma vaihtelee päivän mittaan ja vuoden ajoista riippuen. Värivaikutelmaa voidaan kuvata myös taulukon 4 mukaisesti. Kylmien ja lämpimien valonlähteiden vertailukohteina käytetään aurinkoa ja hehkulamppua. (SFS-EN 12464-1-2011)

- Yli 5000 K vertailuvalonlähteenä käytetään päivänvaloa, jonka $R_a = 100$
- Alle 5000 K vertailuvalonlähteenä käytetään hehkulamppua, jonka $R_a = 100$

Taulukko 3. Värivaikutelma (SFS-EN 12464-1-2011)

Värivaikutelma	Ekvivalenttinen värilämpötila T_{CP}
lämmin	alle 3 300 K
neutraali	3 300 K...5 300 K
kylmä	yli 5 300 K

Värivaikutelman valinnan määräävät psykologiset ja esteettiset tekijät sekä se, mitä pidetään luonnollisena. Valinta riippuu valaistusvoimakkuustasosta, tilan ja kalustuksen väreistä, ympäröivästä ilmastosta sekä tilan käyttötarkoituksesta. Valon määrän lisääntyessä on suositeltavaa käyttää kylmäsävyisempää valoa. Lämpimän ilmaston alueilla on suosittu yleensä kylmää värivaikutelmaa, kun vastaavasti kylmässä ilmastossa on suosittu lämpimämpää valoa. Standardissa on määritelty joillekin kohteille vaatimuksia värilämpötilasta, esimerkiksi lääkintähuoneelle $4\,000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 5\,000\text{ K}$. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.11 Värintoisto

Näkötehokkuuden, mukavuuden ja hyvinvoinnin vuoksi ympäristön, siinä olevien kohteiden ja ihmisten ihon värien tulee toistua luonnollisena, oikeana ja tavalla, joka saa ihmiset näyttämään miellyttäviltä ja terveiltä. Valonlähteiden värintoist ominaisuuksien tasapuolista määrittämistä varten on kehitetty yleinen värintoistoindeksi R_a . Sen suurin arvo on 100. Värintoistoindeksi perustuu värikarttaan, jonka värit lamppu toistaa moitteettomasti. Standardin ISO 3864-1 mukaisten turvavärien tulee aina toistua oikein. Värintoistoindeksin vähimmäisvaatimukset erityyppisille tiloille, tehtäville ja toiminnoille on annettu sisävalaistusstandardissa SFS-EN 12464-1-2011. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.12 Energiatehokkuusvaatimukset

Valaistus on suunniteltava vastaamaan valaistusvaatimuksia tiettyä tehtävää tai tilaa varten energiatehokkaalla tavalla. On tärkeää, ettei yksinkertaisesti tingitä valaistusasennuksen näköolosuhteista energiankulutuksen alentamiseksi. SFS-EN 12464-1 standardissa asetetut valaistusvoimakkuustasot ovat keskimääräisen valaistusvoimakkuuden ylläpidettäviä vähimmäisvaatimuksia. Energiaa voidaan säästää hyödyntämällä päivänvaloa, ohjaamalla valaistusta läsnäoloperusteisesti, parantamalla valaistushuoltoon liittyviä tekijöitä sekä käyttämällä täysimääräisesti valaistuksen ohjausta. (SFS-EN 12464-1-2011)

Päivänvalon määrä vaihtelee päivän mittaan ilmasto-olosuhteiden mukaan. Lisäksi sisätiloissa, joissa käytetään pelkästään seinäikkunoita, päivänvalon saatavuus pienenee nopeasti etäisyyden ikkunoista kasvaessa. Lisävalaistusta saatetaan tarvita sekä riittävän valaistusvoimakkuuden varmistamiseksi työskentelyalueella että tilan luminanssijakauman tasapainottamiseksi. Automaattista tai manuaalista ohjausta ja/tai himmennystä käyttäen voidaan varmistua sopivasta keino- ja päivänvalon yhteiskäytöstä. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.13 Päivänvalon lisäedut

Päivänvalo voi tuottaa työtehtävän valaistuksen kokonaan tai osittain ja siksi se tarjoaa energiansäästömahdollisuuden. Lisäksi päivänvalon voimakkuus, suunta ja spektrisisältö vaihtelevat ajan mittaan ja se tuottaa vaihtelevan muodonannon ja luminanssijakauman, joita pidetään ihmiselle edullisina sisätyöympäristöissä. Työpaikoilla ikkunoita suositetaan vahvasti niiden tuottaman päivänvalon ja ulkopuoliseen ympäristöön tarjoaman visuaalisen yhteyden vuoksi. On kuitenkin myös tärkeää varmistaa, että ikkunat eivät aiheuta visuaalista tai lämpötiloihin liittyvää epämukavuutta tai yksityisyyden menettämistä. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.14 Valon vaihtelevuus

Valo on tärkeää jokaisen ihmisen terveydelle ja hyvinvoinnille. Valo vaikuttaa ihmisten mielialaan, tunteisiin ja vireystilaan. Se voi myös tukea ja tahdistaa vuorokausirytmää sekä vaikuttaa ihmisten fysiologiseen ja psyykkiseen tilaan. Viimeisimmät tutkimukset osoittavat, että edellä mainittuihin tekijöihin vaikuttavat standardissa EN 12464-1 esitettyjen valaistussuunnitteluperusteiden lisäksi myös ns. ei-visuaalinen valaistusvoimakkuus ja värivaikutelma. Kellonajan mukaan vaihtelevat valaistusolosuhteet, kuten suurempi valaistusvoimakkuus, luminanssijakauma ja laajempi värilämpötilan vaihteluväli kuin standardissa on esitetty, yhdessä päivänvalon ja/tai tätä tarkoitusta varten optimoitujen keinovalaistusratkaisujen kanssa voivat stimuloida ihmisiä ja parantaa heidän hyvinvointiaan. (SFS-EN 12464-1-2011)

2.2.15 Todentaminen

Rakennuskohteen valmistuttua valaistuslaskentaohjelman tulokset voidaan tarkistaa mittaamalla kohteessa käsimitareilla valaistusvoimakkuus, häikäisyindeksi sekä värintoisto ja värivaikutelma.

Varmennus on tehtävä asianomaisilla pinnoilla ja jälkimittauksissa on käytettävä samoja mittauspisteitä. Valaistusvoimakkuutta tarkistettaessa tulee ottaa huomioon käytetyn mittarin kalibrointi, lamppujen ja valaisimien yhdenmukaisuus julkaistujen valoteknisten tietojen kanssa sekä suunnittelussa käytettyjen oletusten pintojen heijastussuhteista jne. vastaavuus todellisiin arvoihin. Valon alenemakertoimen vaikutus pitää ottaa huomioon uusissa asennuksissa. (SFS-EN 12464-1-2011)

Valaisinvalmistajien tulee esittää valaisimista taulukoidut varmennetut UGR-häikäisyarvot ja valaisimien asennusväli. Taulukot saadaan tulostettua myös valaistuslaskentaohjelmista. (SFS-EN 12464-1-2011)

Lamppujen valmistajan tulee toimittaa varmennetut tiedot suunnitelmassa käytettyjen lamppujen värintoistoindekseistä, R_a ja ekvivalenteista värilämpötiloista, T_{cp} . Lamppujen vastaavuus suunnitteluarvoihin tulee tarkistaa. (SFS-EN 12464-1-2011)

3 RELUX

Tässä luvussa käsitellään Relux osakeyhtiön omistajuutta ja ajattelutapaa Reluxin omasta näkökulmasta. Toiseksi tässä luvussa kuvataan valaistuslaskentaohjelmien toimintaa sekä käsitellään niiden käyttötarkoituksia.

3.1 Relux yrityksenä

Sveitsiläinen Relux Informatik AG on vakiintunut osakeyhtiö, joka on sitoutunut jatkuvasti kehittämään, tuottamaan ja jakamaan valaistuksen suunnittelu- ja tuotesittelyohjelmisto Reluxia. Yritys pyrkii pitämään ohjelman suurimmalta osaltaan ilmaisena muutamaa maksullista lisäosaa lukuun ottamatta. Yhtiö toimii maailmanlaajuisesti. (Relux Informatik AG, 2013)

3.1.1 Ajatusmaailma

Relux Informatik AG tarjoaa käyttäjille valaistussuunnitteluohjelmiston, jossa on avoimet rajapinnat ja samanaikainen pääsy uusimpiin tuotetietoihin, valaisimiin, antureihin ja valaisinvalmistajiin. Relux Informatik AG näkee itsensä ensisijaisesti palveluyrityksenä valaisimen ja anturiteollisuuden välissä, kuin myös valaistussuunnittelijoiden, arkkitehtien, sähköasennusten asiantuntijoiden ja muiden suunnittelijoiden kanssa. Viimeisimmät tuotetiedot ja lisäosat voi ladata suoraan ohjelmasta internetin kautta. Relux kannustaa yrityksiä käyttämään ohjelman toimintoja oman yrityksen markkinointiin eli myymään asiakkaille valaistussuunnitelmia, jotka on tehty tällä ohjelmalla. (Relux Informatik AG, 2013)

3.1.2 Historia

Kolme valaisinvalmistajaa, Fluora AG, Regent Beleuchtungskörper AG ja Tulux AG M. Hegi perustivat yhteisen Relux-osakeyhtiön helmikuussa 1998. Uusi yhtiö pystyi ottamaan käyttöönsä ohjelman, joka oli aiemmin kehitetty yhdessä Sveitsin Lighting

Industry Associationin kanssa. Vuonna 2008 yhtiö juhli 10-vuotisjuhlaansa. Valaistuslaskentaohjelmapaketti ReluxSuite, jota tässä työssä käytetään, on kehitetty erityisesti tätä tilaisuutta varten. (Relux Informatik AG, 2013)

3.1.3 Omistajuus

Tammikuussa 2010 Fluora AG, Regent Beleuchtungskörper AG ja Tulux AG M. Hegi omistivat suurimman osan yrityksen osakkeista. Koko osakekannan arvo on noin CHF 102 000 (noin 81 000 euroa). (Relux Informatik AG, 2013)

3.2 Relux-valaistuslaskentaohjelma

Relux on enemmän muualla Euroopassa kuin Suomessa käytetty valaistuksenlaskenta- ja suunnitteluohjelma tietokoneelle. Ohjelman voi ladata internetistä ilmaiseksi Reluxin nettisivustolta osoitteesta www.relux.biz. Tässä työssä käytetty versio on 'Software ReluxSuite 2013.1.3'. Tietokoneelta ohjelmaa vaatii minimissään Windows 2000, XP, Vista, Windows 7 32/64 bit tai Windows 8 käyttöjärjestelmän, CPU Dual Core prosessorin 2 GHz kellotaajuudella ja 1 GB vapaata muistia kovalevyllä. (Relux Informatik AG, 2013)

3.2.1 Kuvaus ohjelman toiminnasta

Ohjelmalla luodaan tarkka 3D-mallinnus olemassa tai vasta suunnitteilla olevasta sisä- tai ulkotilakohteesta. Ohjelmassa on valmiina erilaisia materiaaleja sekä objekteja, joilla pyritään saamaan kohteesta mahdollisimman aidon näköinen. Ohjelmassa on myös valtava määrä valaisinvalmistajia, jotka ovat tehneet omista valaisimistaan 3D-mallinnukset sekä mitanneet valaisimien valoarvot, joita ohjelma käyttää hyväkseen. Laitevalmistajat ovat pyrkineet mallintamaan valaisimiin tarkat arvot ja valaistuslukemat heidän omiin mittauksiinsa ja kokemuksiinsa perustuen. Ohjelmalla tehdyn projektin valmistuttua ohjelma laskee tiloihin tulevan valaistusvoimakkuuden. Ohjelmasta on saatavilla myös muita arvoja, kuten valaisimien häikäisy, tasojen pintakirkkaus, huoneen varjot, valaisimien huoltoajat sekä kustannusarviot. Reluxilla on

myös mahdollista seurata päivänvaloa ja auringon liikkeitä sekä niiden vaikutusta kohteen valaistukseen. Reluxiin on integroitu uusimmat valaistusstandardit, joita pystytään vertaamaan saatuihin tuloksiin ja nähdään onko standardissa määritettyjen tilojen valaistus vaadittavalla tasolla. Yksityistiloissa nämä standardit eivät ole pakollisia, mutta voivat silti antaa suuntaviivaa hyvälle suunnittelulle.

Reluxilla voidaan suunnitella kohteen ulkonäköä ohjelmassa olevilla pintamateriaaleilla, objekteilla ja esineillä. Pää tarkoitus on kuitenkin suunnitella erilaisia valaistusratkaisuja sisä-, ulko- tai tieprojektikohteeseen sekä nähdä näiden valaistusten tuottamat valaistusvoimakkuudet. Tässä työssä keskitytään kuitenkin vain sisätilan valaistukseen. Eri valaistusratkaisuja voi muokata vaihtamalla valaisimia toisiin malleihin ja siirtelemään niitä eri asentoihin ja paikkoihin. Laskennan jälkeen ratkaisuja pystyy vertailemaan keskenään. Laskentatyökalulla vältetään käsinlaskenta ja saadaan tarkemmat tulokset valaistuksen tasosta suunnitteluvaiheessa. 3D-mallinnuksen ansiosta ratkaisut ja vaihtoehdot voidaan esittää asiakkaalle kuvina, joista asiakas näkee helposti, minkä näköinen kohde tulee olemaan eri tilanteissa. Maksullisella Relux Vivaldi-lisäosalla saadaan aikaiseksi myös erilaisia valaistustilanteita. Näistä suunnitelmista asiakas voi helpommin valita itselleen sopivan ja mieluisimman vaihtoehdon. Valaistussuunnitteluohjelma antaa näin suunnittelun toteuttajalle etulyöntiaseman muihin yrityksiin nähden. Seuraavana oleva kuva 2 on Reluxilla mallinnettu omakotitalo.



Kuva 2. Esimerkkikuva Reluxilla mallinnetusta omakotitalosta.

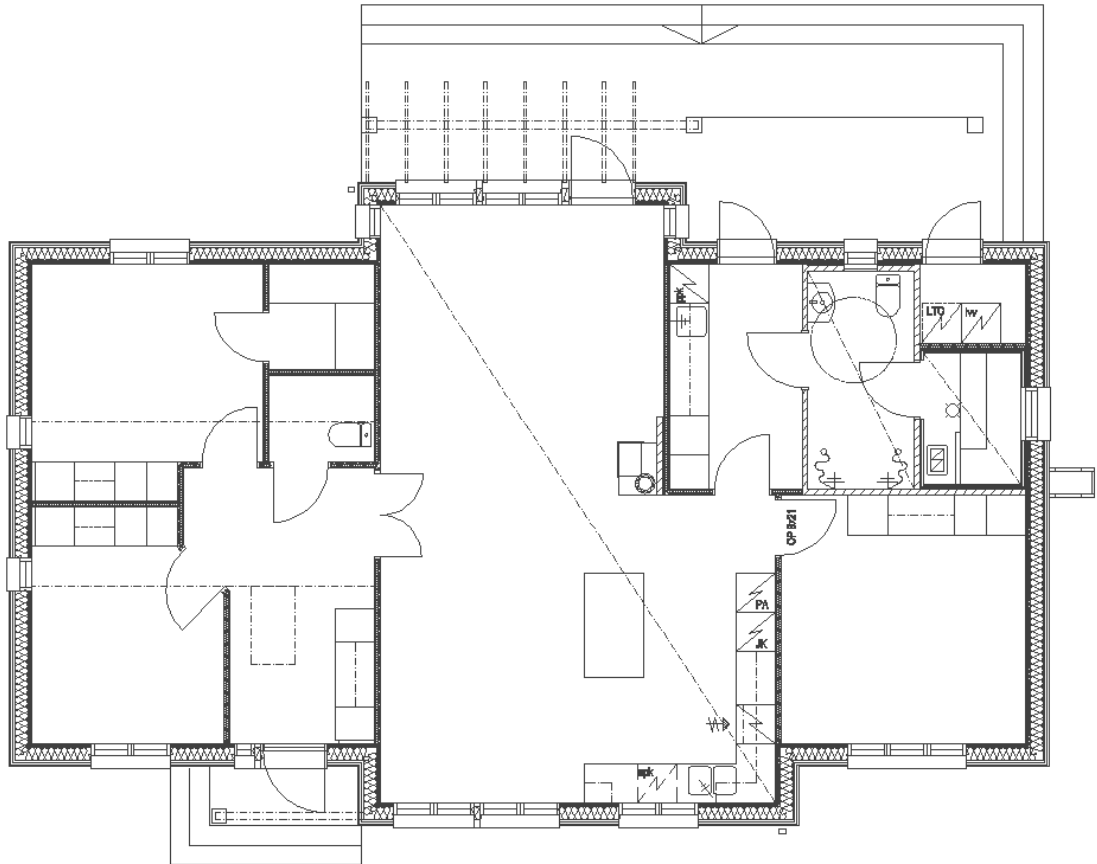
4 RELUXIN JA DIALUXIN OMINAISUUKSIEN VERTAILU JA KÄYTTÖ VALAISTUSSUUNNITTELUSSA

Jotta nykypäivänä julkisiin kohteisiin asetetut valaistusvaatimukset pystyttäisiin toteuttamaan, suunnittelijoiden avuksi on luotu valaistuslaskentaohjelmia, joiden avulla valaistusratkaisu voidaan mallintaa. Ohjelman valaistuslaskennan perusteella voidaan näitä tuloksia verrata standardin asettamiin vaatimuksiin.

Tässä luvussa vertaillaan Relux-valaistuslaskentaohjelmaa DIALuxiin. Muita vertailuvaihtoehtoja olisivat esimerkiksi DIALux evo ja Oxytech. DIALux evo on DIALuxista kehittyneempi versio. Oxytech ei ole Suomessa erityisen tunnettu ohjelma. Reluxia vertaillaan DIALuxiin, koska DIALuxia käytetään tällä hetkellä Tampereen ammattikorkeakoulussa sekä yleisesti Suomessa eniten. Suurimmalta osaltaan Reluxin ja DIALuxin ominaisuudet ja ulkonäkö ovat hyvin samankaltaisia. Tarkan laskennan saamiseksi molemmat ohjelmat on suunniteltu mallintamaan yksi tila tai huone kerrallaan. Reluxilla pystyy myös mallintamaan kokonaisia kerroksia, mutta se vaatii edistyneempää kokemusta ohjelman käytöstä. Tarkan lopputuloksen saamiseksi perinteinen DIALux ei pysty mallintamaan isoja huoneistoja, vaan se vaatii DIALux evo -ohjelman.

4.1 Kohteen tiedot

Molemmilla ohjelmilla mallinnettiin kuvitteellinen 10.4 m² suorakaiteen muotoinen toimistotila tarkemman laskelman saavuttamiseksi sekä Valkeakoskella sijaitseva yksityinen uudisrakennus, noin 140 m² yksikerroksinen omakotitalo, laajemman kokonaiskuvan saamiseksi ohjelmien ominaisuuksista. Omakotitalon pohjakuva on esitetty kuvassa 3.

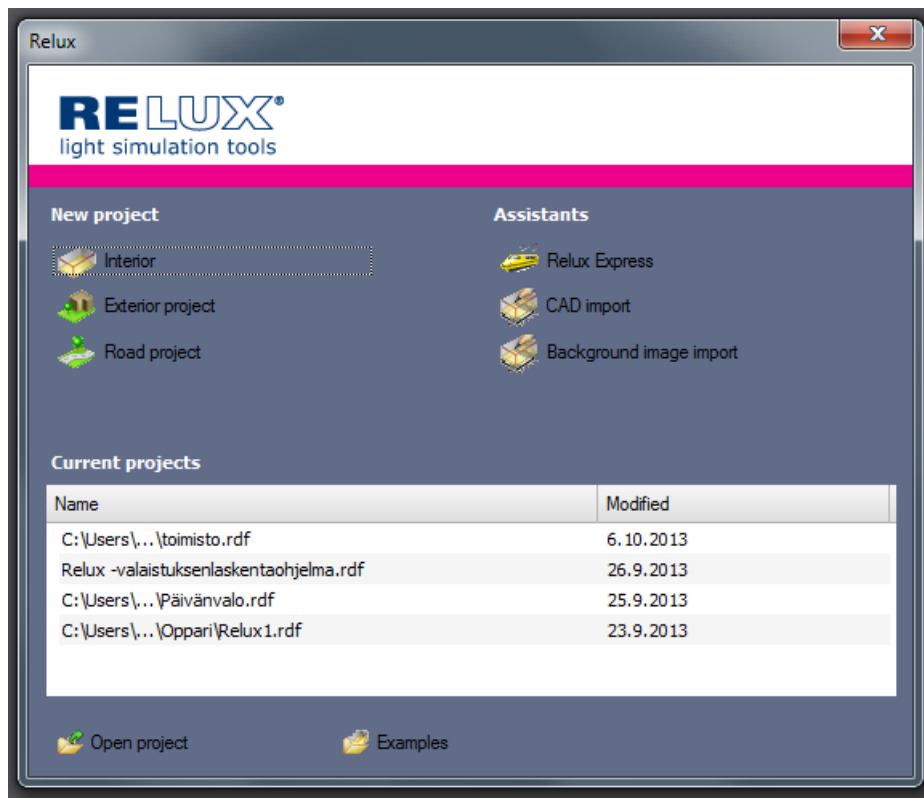


Kuva 3. Valkeakoskella sijaitsevan omakotitalon pohjakuva, jota käytettiin ohjelmien toimintojen kartoittamisessa.

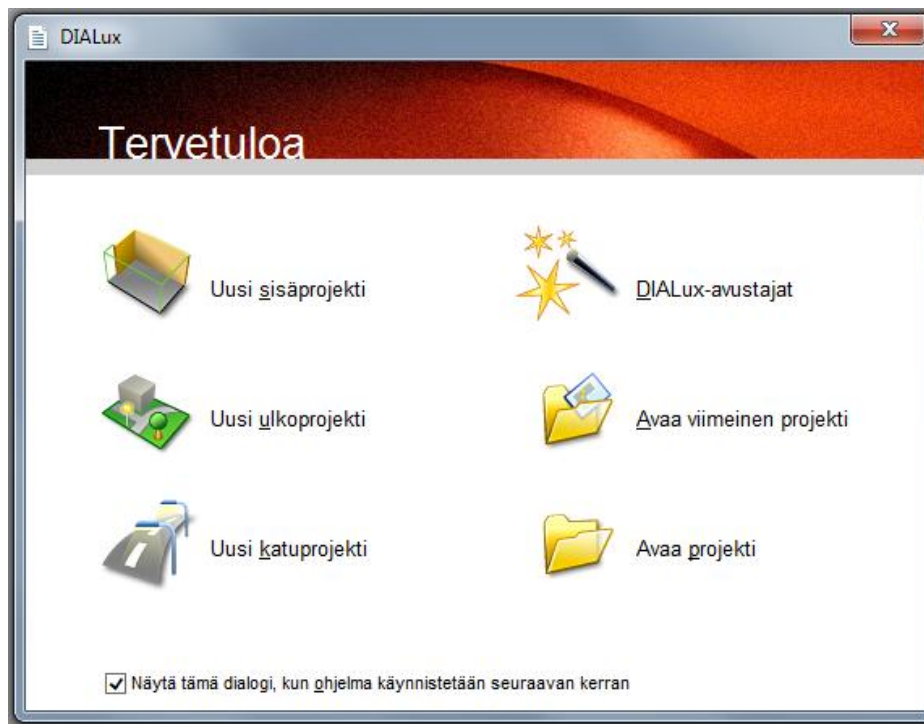
4.2 Suunnittelun aloitus

Reluxin ohjelmistopäivitysten jälkeen ohjelma on valmis käytettäväksi, eikä erillisiä tietokantoja tarvitse hakea tai asentaa, ainoa poikkeus oli Philips Lighting plug-in -ohjelma, jonka avulla ohjelmaan on tuotavissa Philipsin valaisimia. Tarkemmat ohjelman toiminnot ja käyttö on kerrottu liitteessä 1. "Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje".

Ohjelmien käynnistyessä molemmat ohjelmat kysyvät suunnitelmaan liittyviä tietoja (kuvat 4 ja 5), kuten sisä-, ulko- ja tieprojekti ja avustajien käyttö. Ohjelmat kysyvät myös huoneen muodon, projektin tekijän ja kohteen tiedot. Näiden tietojen jälkeen ohjelma avautuu aloitusnäkyyn (kuvat 6 ja 7). DIALuxissa on aloittamista helpottamassa opas-toiminto, jota seuraamalla saa suunniteltua peruskohteen helposti. Reluxissa tätä ominaisuutta ei ole, joten Reluxilla kannattaa tutustua työkaluihin ennen työn aloittamista.

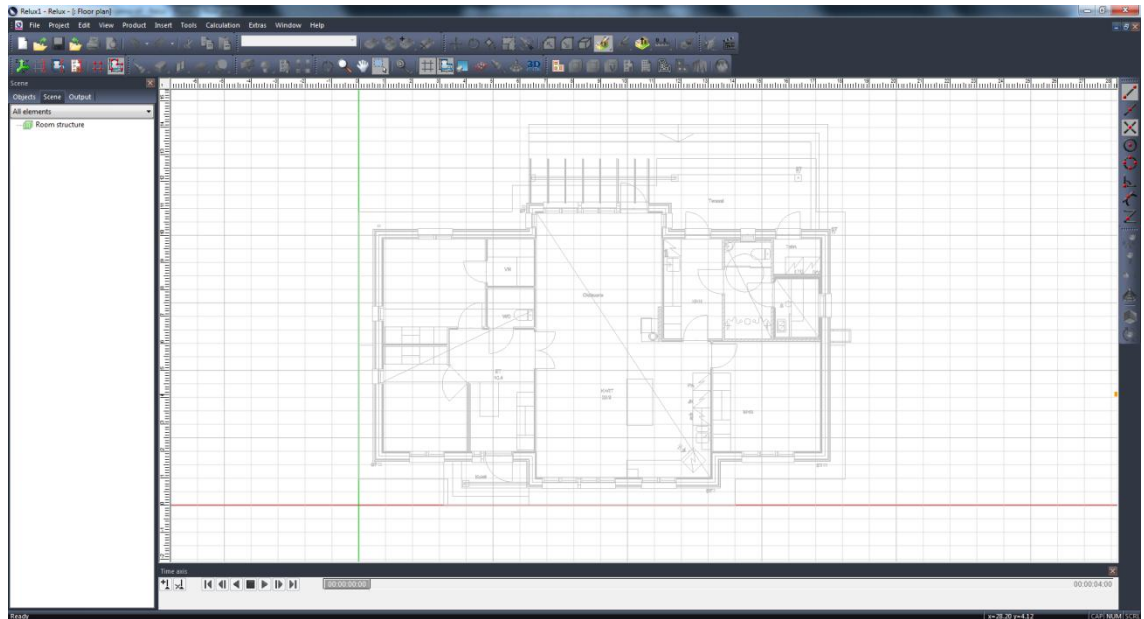


Kuva 4. Relux-projektin aloitusikkuna

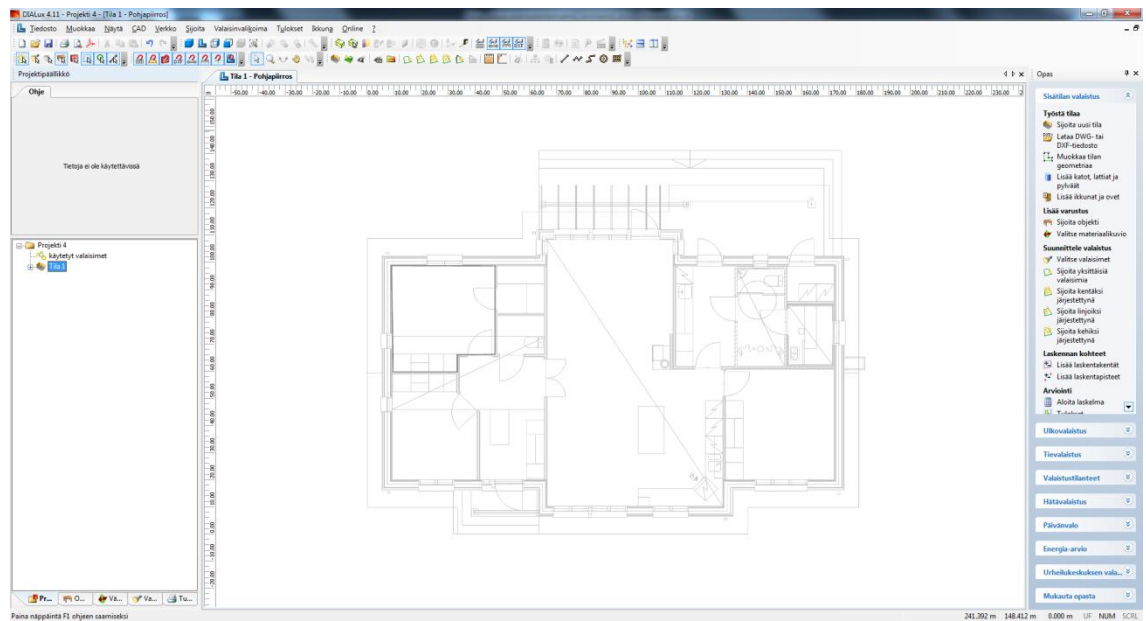


Kuva 5. DIALux-projektin aloitusikkuna

Seuraavana olevat kuvat 6 ja 7, ovat molempien ohjelmien aloitusnäkyistä pohjakuva työtilaan valmiiksi tuotuna.



Kuva 6. Reluxin aloitusnäky. Vasemmassa reunassa hakemistoikkuna ja keskellä on pohjakuva tuotuna työtilaan.



Kuva 7. DIALuxin aloitusnäky. Vasemmassa reunassa hakemistoikkuna, keskellä on pohjakuva tuotuna työtilaan ja oikeassa reunassa opas-ikkuna.

4.3 Projektin kulku

Projektin kulku on molemmissa ohjelmissa sama. DIALuxissa on suunnittelua helpottava opas-toiminto, joka ohjaa seuraavan askeleen kanssa. Suunnittelun eteneminen kulkee seuraavasti:

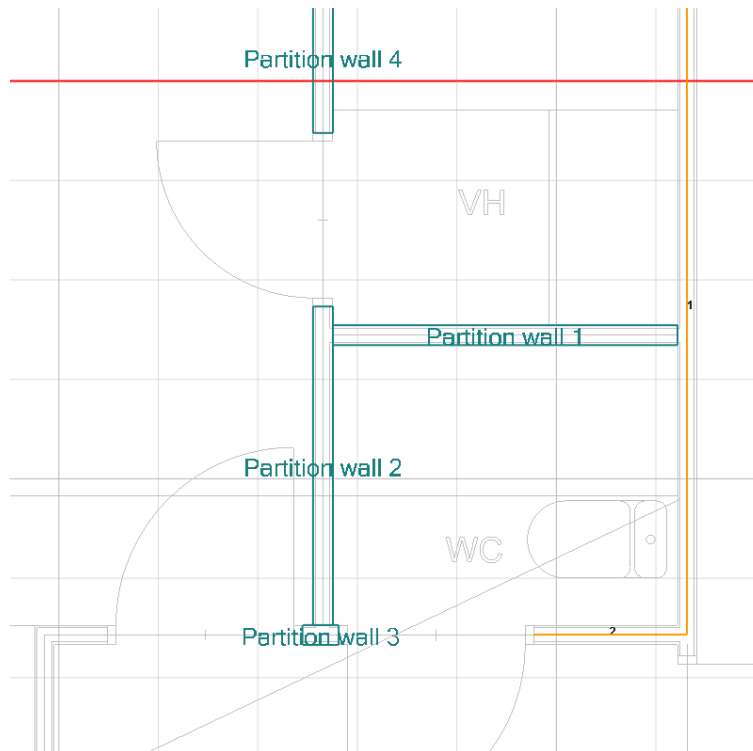
1. Tehdään perustila ja tuodaan pohjakuva.
2. Annetaan tarvittavat projektitiedot.
3. Muokataan tilan geometria vastaamaan pohjakuva.
4. Lisätään tilaelementit mm. pilarit, rampit ja alas lasketut katot.
5. Sijoitetaan kalustus, mm. huonekalut, ikkunat ja ovet.
6. Tarkistetaan pintojen väritys, kuviointi ja heijastussuhteet.
7. Valitaan ja sijoitetaan käytettävät valaisimet ja anturit.
8. Sijoitetaan laskentapinnat ja -pisteet mm. työtasoille.
9. Tehdään laskenta.
10. Analysoidaan tulokset.

4.4 Käytettävyys

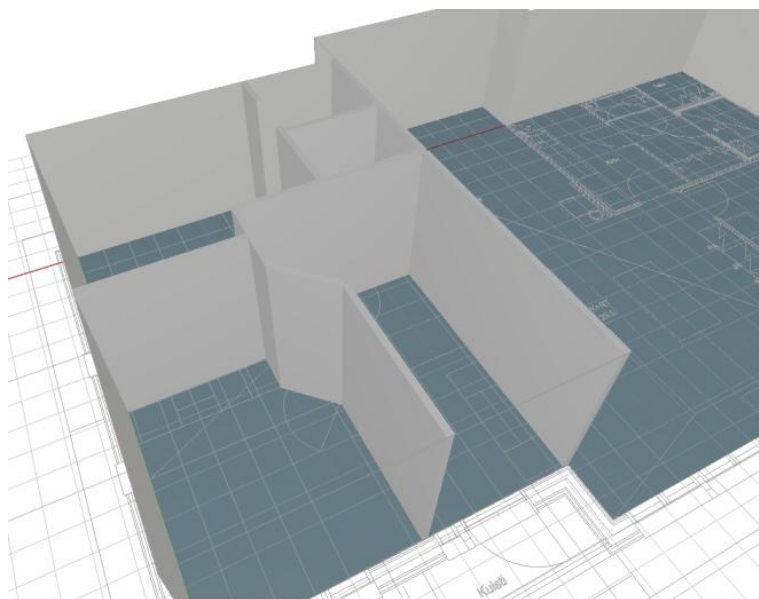
DIALux on aloittelijalle helpompi käyttää opas-toiminnon takia. Kokemus DIALuxilla toimimisesta auttoi saamaan projektia alkuun Reluxilla, vaikka jotkin toiminnot toimivatkin eritavalla. Kuvan kääntelemisen, siirtelemisen ja yleinen käsittely ovat Reluxilla sujuvampia, kun ei tarvitse vaihtaa hiiren toimintoa erikseen kun taas DIALuxilla joutuu painamaan työkaluista haluttua toimintoa, joka tulee aktiiviseksi hiiren vasempaan painikkeeseen. Kokemuksen karttuessa molemmat ohjelmat ovat helppoja käsitellä sekä toiminnot projektissa etenemiseen ovat johdonmukaisessa järjestyksessä. DIALux on suomenkielinen, joka helpottaa omalta osaltaan ohjelman käyttöä. Muutamia tärkeimpiä yhteisiä kieliä ohjelmilla on mm. englanti, tanska, ruotsi, norja, viro, espanja, ranska, turkki, slovenia ja puola. Molemmissa ohjelmissa on paljon muitakin kieliä näiden lisäksi.

4.5 Rakenteiden ja objektien luonti

Pohjakuvaan huoneiden piirtäminen sujuu Reluxilla nopeasti ja vaivattomasti väliseinien piirustus -toiminnolla, joka mahdollistaa väliseinien rakentamisen pohjakuvaan ilman erillistä mitoitusta ja rakenteiden muodon muuttamista. Kuvissa 8 ja 9 näkyy Reluxin väliseinien rakentaminen.

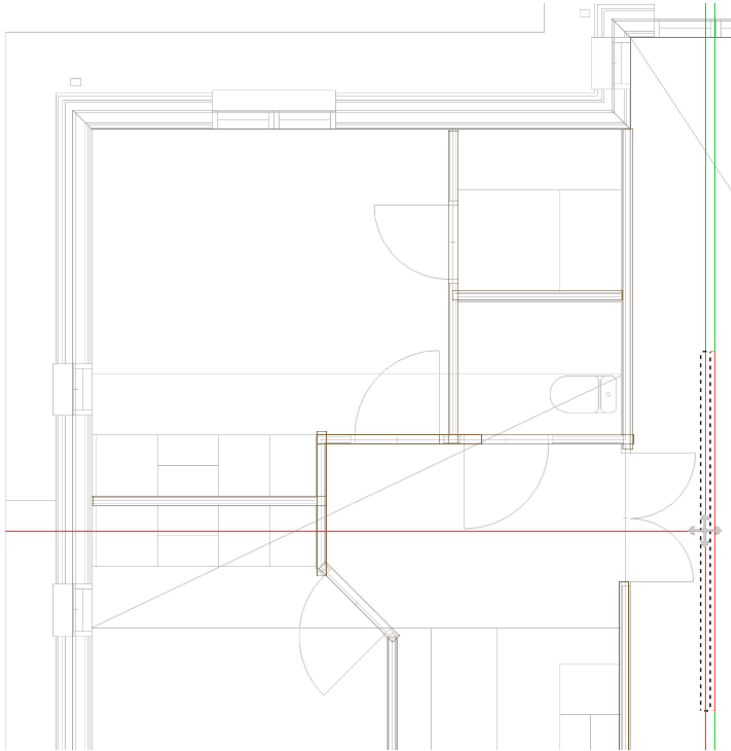


Kuva 8. Reluxin 2D-kuva, jossa asetellaan väliseiniä pohjakuvaan.

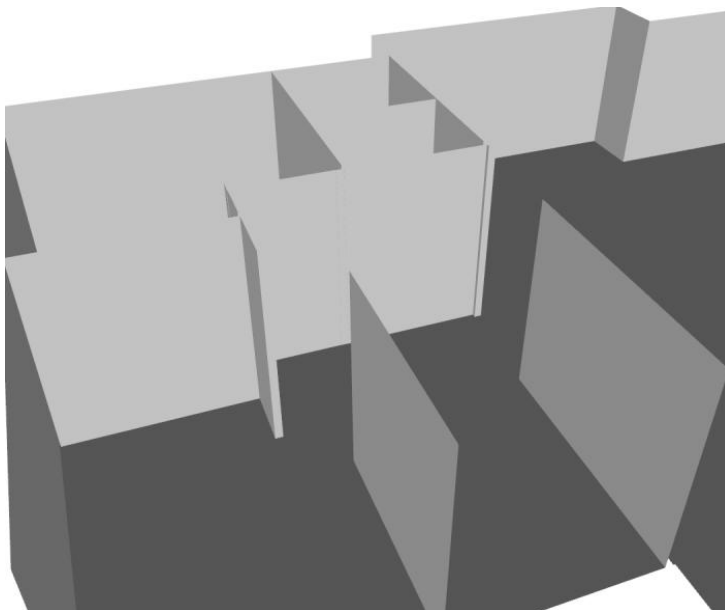


Kuva 9. Reluxin 3D-kuva, jossa näkyvät asennetut väliseinät paikoillaan.

DIALuxilla väliseinät ja muut rakenneobjektit joutuu asettelemaan käsin oikeille paikoilleen ja muuttamaan näiden pituutta ja leveyttä piirustuksen mukaan (kuvat 10 ja 11). Tämä kuluttaa huomattavasti enemmän aikaa eikä lopputulos ole yhtä tarkka. Ikkuna- ja oviaukot pitää jättää tyhjiksi, koska tässä ohjelmassa ei ole mahdollista tehdä niitä jälkikäteen valmiiseen seinään. Tästäkin jo huomaa, ettei DIALux sovellu hyvin isojen huoneistojen suunnitteluun.

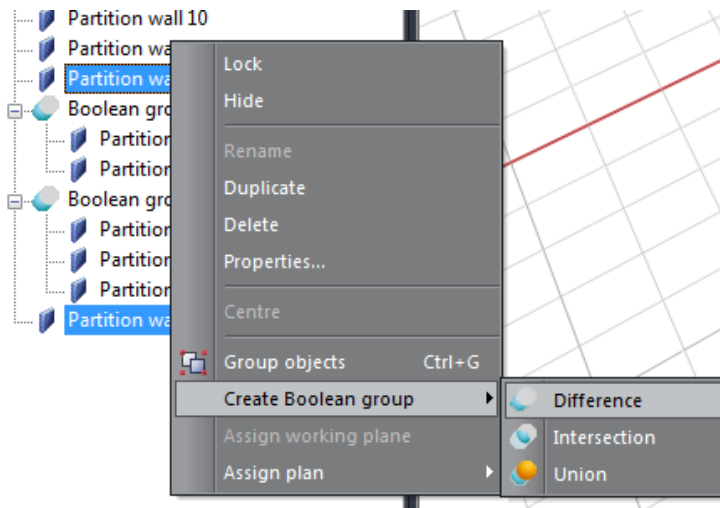


Kuva 10. DIALuxin 2D-kuva, jossa asetellaan väliseiniä. Palkkien koko muokataan vastaamaan piirustusta.

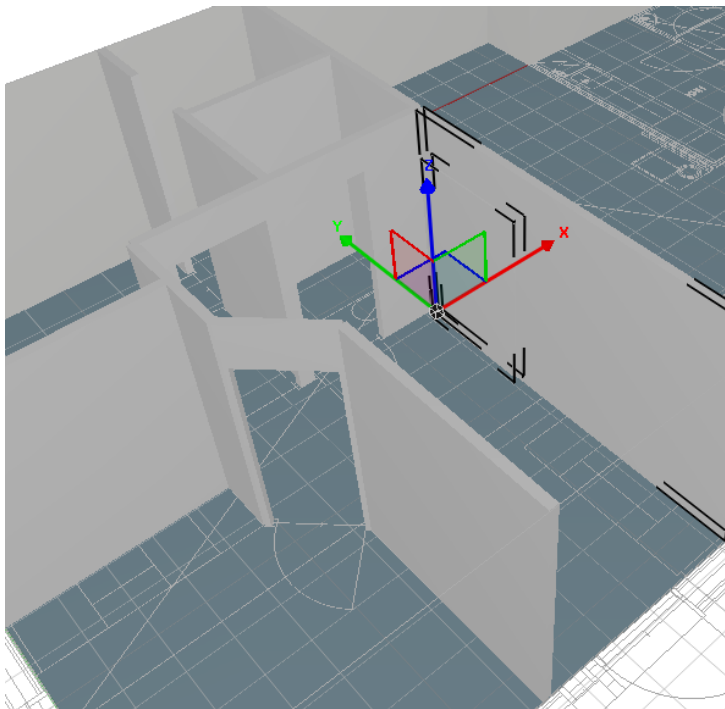


Kuva 11. DIALuxin 3D-kuva, jossa näkyvät asennetut väliseinät.

Molemmissa ohjelmissa on valmiina valittavana joitakin peruselementtejä kuten kartioita, pilareita, palloja ja monia muita, mutta Reluxissa pystyy myös itse tekemään minkälaisia rakenteellisia objekteja tahansa boolean group -toiminnolla (kuvat 12 ja 13). Tämä toiminto tekee yhden kokonaisen objektin kahdesta tai useammasta esineestä muuttamalla näistä halutut osat näkymättömäksi. Tällä saadaan esimerkiksi väliseiniin ikkuna- ja oviaukkoja.



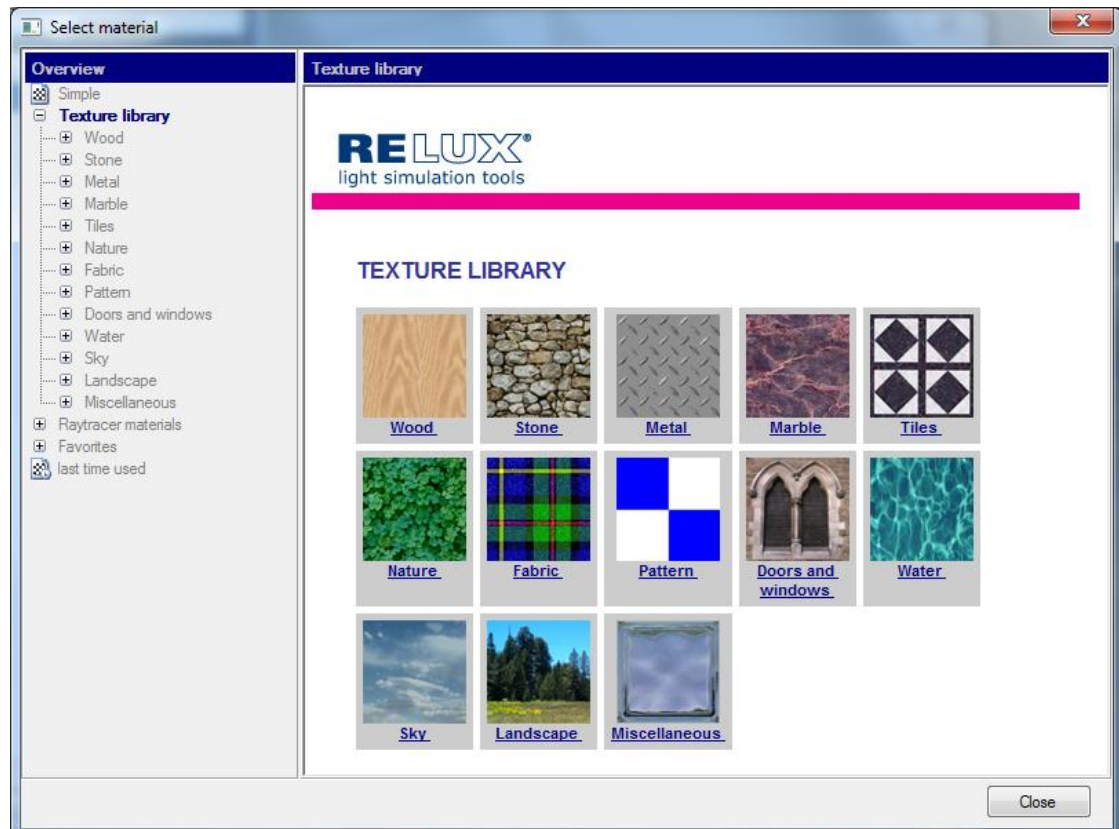
Kuva 12. Reluxin boolean group-toiminto, jolla tehdään omia objekteja muuttaen joitakin kappaleen osia näkymättömäksi.



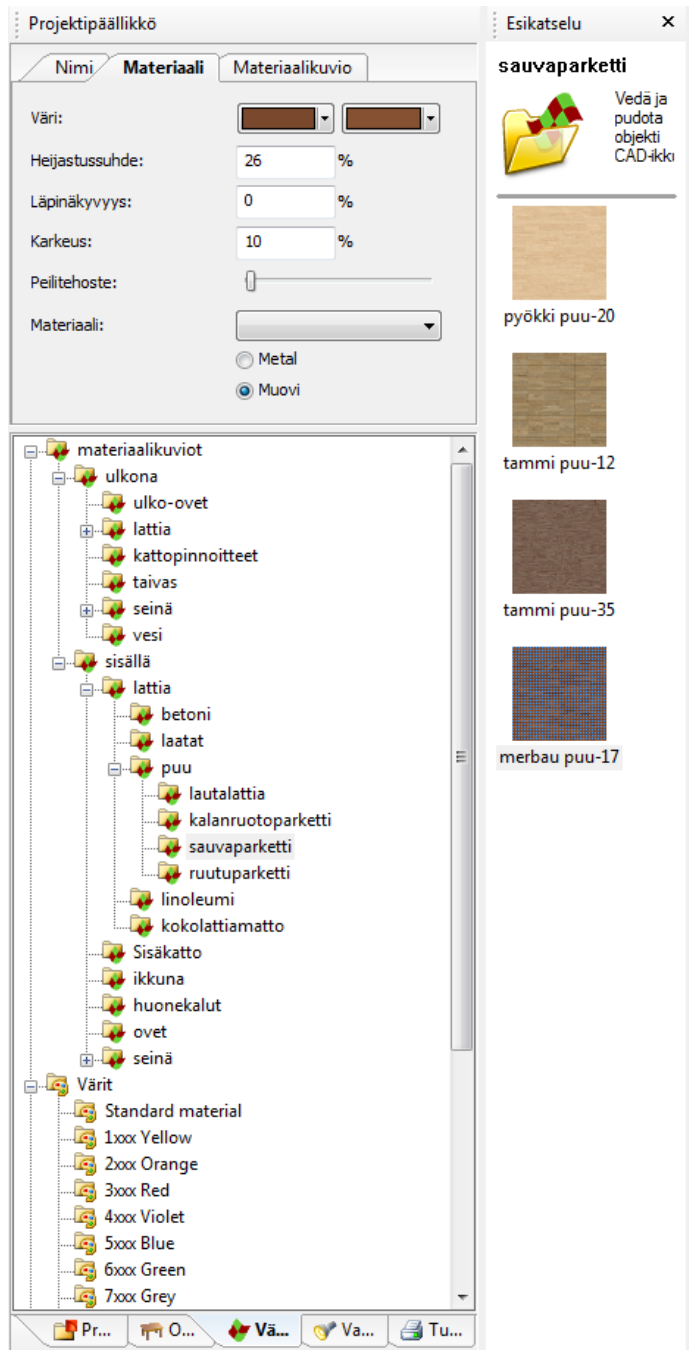
Kuva 13. Reluxin 3D-kuva, jossa näkyy boolean groupin teko ja lopputulos.

4.6 Pintamateriaalit

Kohteen pohjan valmistuttua pinnoille kuten lattialle, seinille, katolle ja muille objekteille valitaan materiaalikirjastosta pinnoitteet ja heijastuskertoimet. Kirjastossa on paljon erityyppisiä valmiita materiaaleja valittavana, kuten puu, kivi, metalli, muovi ja maalit. Seuraavana olevissa kuvissa 14 ja 15 ovat molempien ohjelmien materiaalikirjastot.



Kuva 14. Reluxin pintamateriaalikirjasto, josta valitaan objekteille pintamateriaalit.

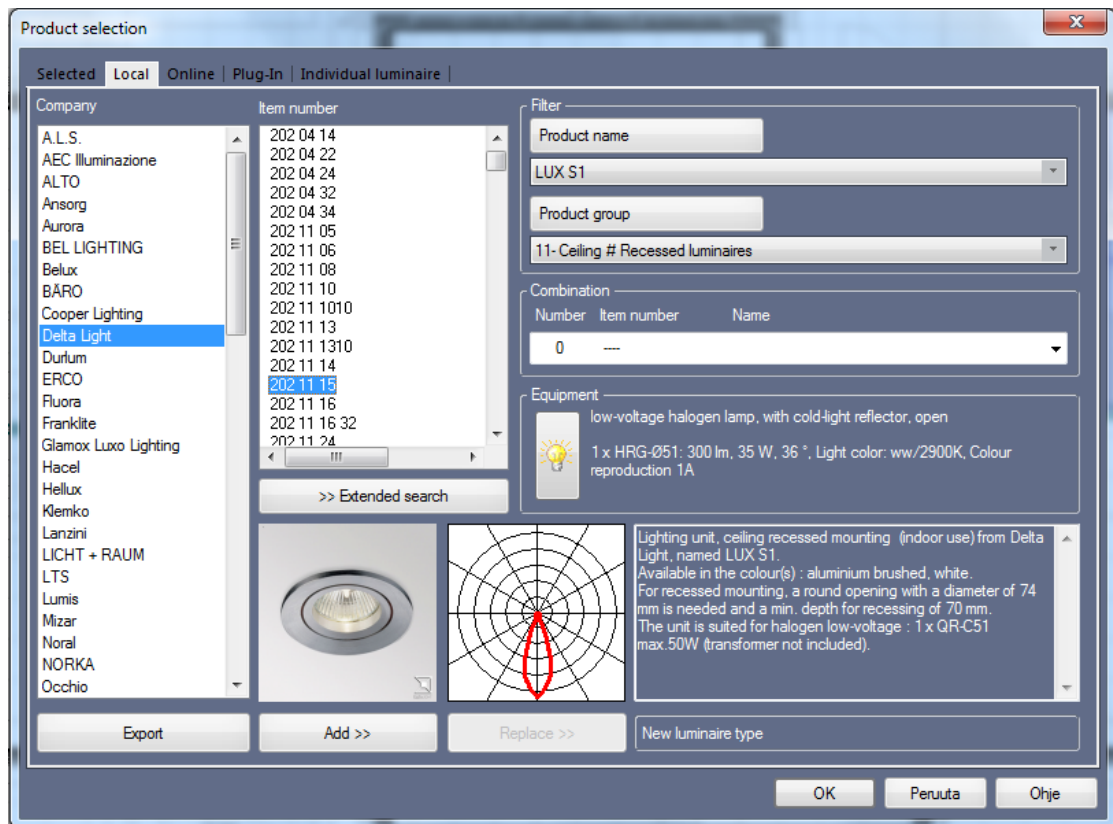


Kuva 15. DIALuxin pintamateriaalikirjasto, josta valitaan objekteille pintamateriaalit.

4.7 Valaisimien valinta ja sijoitus

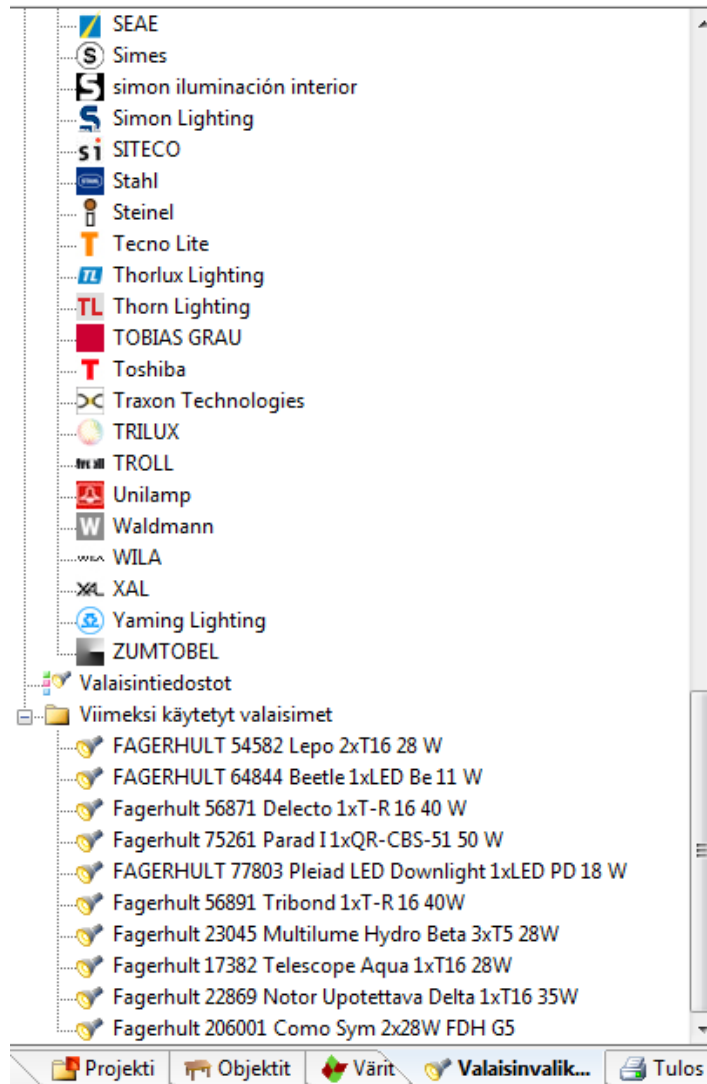
Reluxista löytyy valmiina selattavaksi monia hyviä anturi- ja valaisinvalmistajia ja niiden tuotteita. DIALuxissakin on hyvä luettelo, josta valaisinvalmistajaa painamalla saa suoraan ohjauksen valaisinvalmistajan sivuille. Tuotetietokannat joudutaan lataamaan DIALuxiin erikseen valaisinvalmistajien kotisivuilta. DIALuxin ja Reluxin anturi- ja valaisinvalmistajat ovat enimmäkseen eurooppalaisia.

Reluxissa tuotteita on helppo selata, koska ei tarvitse jokaista valmistajaa ladata erikseen, mutta tuotteiden selailu saattaa olla hidasta ohjelman kirjastossa, joten liitteessä 3 "Valaisinvalmistajat" on valaisinvalmistajien kotisivut parempaa tutustumista varten. Valaisimien valinta tapahtuu Reluxissa samantapaisesta kirjastosta (kuva 16) kuin materiaalien ja huonekalujen kirjastot. Ohjelma näyttää valaisimista esikatselukuvan sekä muita tärkeitä tietoja, kuten lamppujen määrän, valovirran ja sähkötehon, valaisimeen sopivat liitännälaitteet ja valaisimen valonjakokäyrän sekä UGR -indeksin. Valittu valaisin hyväksytään, jolloin valaisin tulee projektin omaan objektikirjastoon ja on tämän jälkeen valmiina käytettäväksi.



Kuva 16. Reluxin valaisinkirjasto. Vasemmalla on valaisinvalmistaja, keskellä valittu valaisin ja valonjakokäyrä ja oikealla näkyvät valaisimen tyyppitiedot.

DIALuxissa valaisinvalmistajakirjasto avautuu hakemisto-ikkunaan (kuva 17), josta valitaan mieleinen valaisinvalmistaja. Valmistajan valitseminen avaa internet-selaimen tämän kotisivulle, josta voi ladata valmistajan tekemän plug-in-ohjelman tietokoneelle. Ohjelman asennuksen jälkeen sitä voi käyttää valaisintietokantojen selaamiseen. Valitut valaisimet hyväksytään, jonka jälkeen valaisimet ovat DIALuxin kirjastossa valmiina käytettäväksi. Valaisinvalmistajien tekemät plug-in-ohjelmat ovat keskenään erilaisia, minkä takia jokaisen ohjelman käyttö joudutaan opettelemaan erikseen.



Kuva 17. DIALuxin valaisinvalmistajakirjasto. Tässä näkyvät valaisinvalmistajat sekä ladatut valaisimet.

4.8 Huoltokerroin ja energialaskenta

Lamppujen ja valaisimien valaistustehokkuus huononee ajan saatossa johtuen valaisimien ja lamppujen ikääntymisestä ja lian kertymisestä valaisimen pinnoille. Tämän takia laskentaohjelmissa on erilaisia kertoimia arvioimaan huoltokustannuksia ja valon alenemaa. Valaistuslaskentaohjelmat ovat asettaneet valmiiksi oletusarvoja energialaskentaa varten, joissa on mm. lampun elinikä, valaisimen sähköteho, lamppujen määrä, huoltokerroin, tämän hetkinen sähkön kWh-hinta ja vuotuinen käyttöaika. Huoltokustannuksia laskettaessa näihin tietoihin voidaan lisätä myös valaisimien ja lamppujen hinnat sekä muita kustannuksia, esimerkiksi asennus- ja puhdistustyöt. Huoltokerroin riippuu kohteen likaisuudesta ja valaisinten huoltotarpeesta. Liitteessä 3 on aleneman arviointia helpottava taulukko. Reluxissa on valmiina alenemakertoimen määrittämistä helpottava työkalu, josta voi asettaa huoltokertoimen asettamalla tarvittavat tiedot (kuva 18), ohjelma laskee näistä tiedoista huoltokertoimen kohteelle.

Relux maintenance factor

Room

Interior (CIE 97:2003)

Exterior (CIE 154:2003)

Environment: Very clean

Maintenance interval: every 5 years

Luminaire type: SPOTEO (LU5610 1x18W) 0,64

Luminaire type: Determine.. 80% / 70% / 20%

Luminaire characteristic: Direct

Luminaire type: C - Closed top housing

Maintenance interval: every 3 years

Lamp

Lamp type: Compact Fluorescent EVG 5-42W 2G7/ GX24q (ZVEI)

Ballast: Electronic ballast

Maintenance interval: every 5 years

Operating hours per year: 3000

Failed lamps are immediately replaced

General note per luminaire type:

Room	Luminaires	Lamps Life span	Lamps Luminous flux
RMF 0,95	LMF 0,87	LSF 1,00	LLMF 0,78

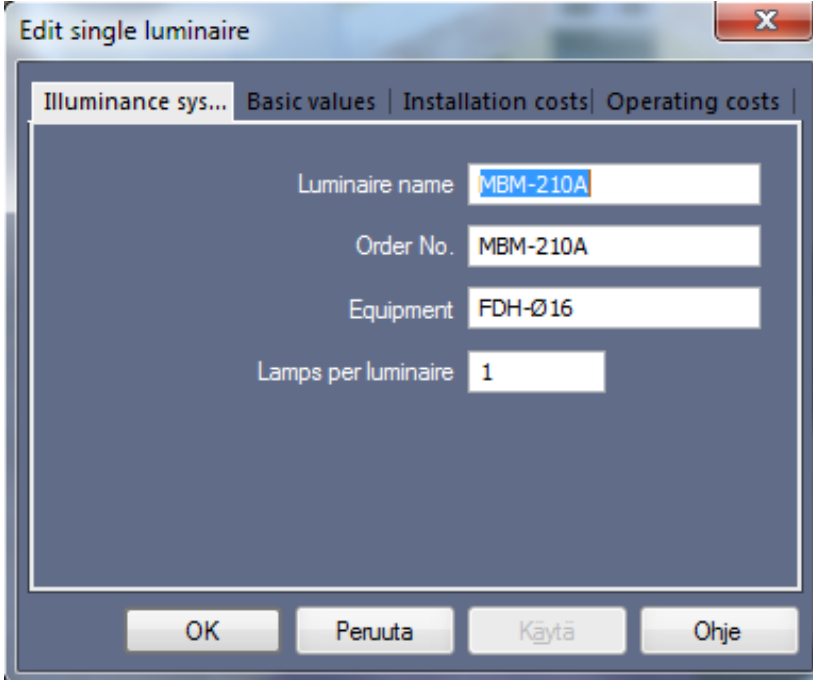
Maintenance factor luminaire: 0,64

Maintenance factor manually

OK Cancel Help

Kuva 18. Reluxin huoltokerroin voidaan määrittää helposti huoltokerroin työkalulla asettamalla tarvittavat tiedot kohteelle ja valaisimille.

Seuraavat kuvat 19-22 ovat Reluxin valaisinasetukset, joissa voi määrittellä energialaskentaa varten kustannuskertoimet.



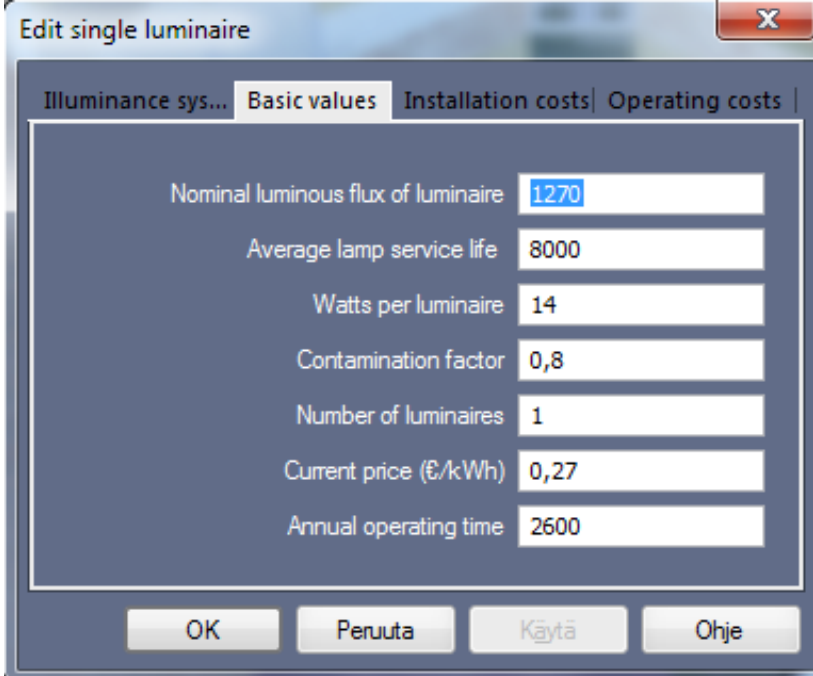
Dialog box titled "Edit single luminaire" with tabs: Illuminance sys..., Basic values | Installation costs | Operating costs.

Fields:

- Luminaire name: MBM-210A
- Order No.: MBM-210A
- Equipment: FDH-Ø16
- Lamps per luminaire: 1

Buttons: OK, Peruuta, Käytä, Ohje

Kuva 19. Reluxin -valaisimen nimi ja tyyppi tiedot.



Dialog box titled "Edit single luminaire" with tabs: Illuminance sys..., Basic values | Installation costs | Operating costs.

Fields:

- Nominal luminous flux of luminaire: 1270
- Average lamp service life: 8000
- Watts per luminaire: 14
- Contamination factor: 0,8
- Number of luminaires: 1
- Current price (€/kWh): 0,27
- Annual operating time: 2600

Buttons: OK, Peruuta, Käytä, Ohje

Kuva 20. Relux -valaisimen perustiedot.

Illuminance sys... | Basic values | Installation costs | Operating costs

Costs of a luminaire

Accessory costs

Installation costs

Price per lamp

OK Peruuta Käytä Ohje

Kuva 21. Relux -valaisimen asennuskustannukset.

Illuminance sys... | Basic values | Installation costs | Operating costs

Costs for replacement parts

Labor costs per lamp change

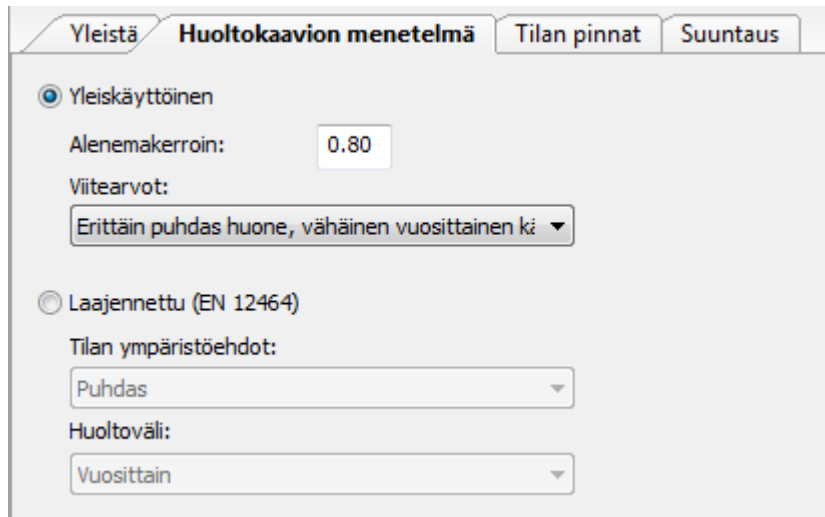
Cleaning costs per luminaire

Number of times cleaned per year

OK Peruuta Käytä Ohje

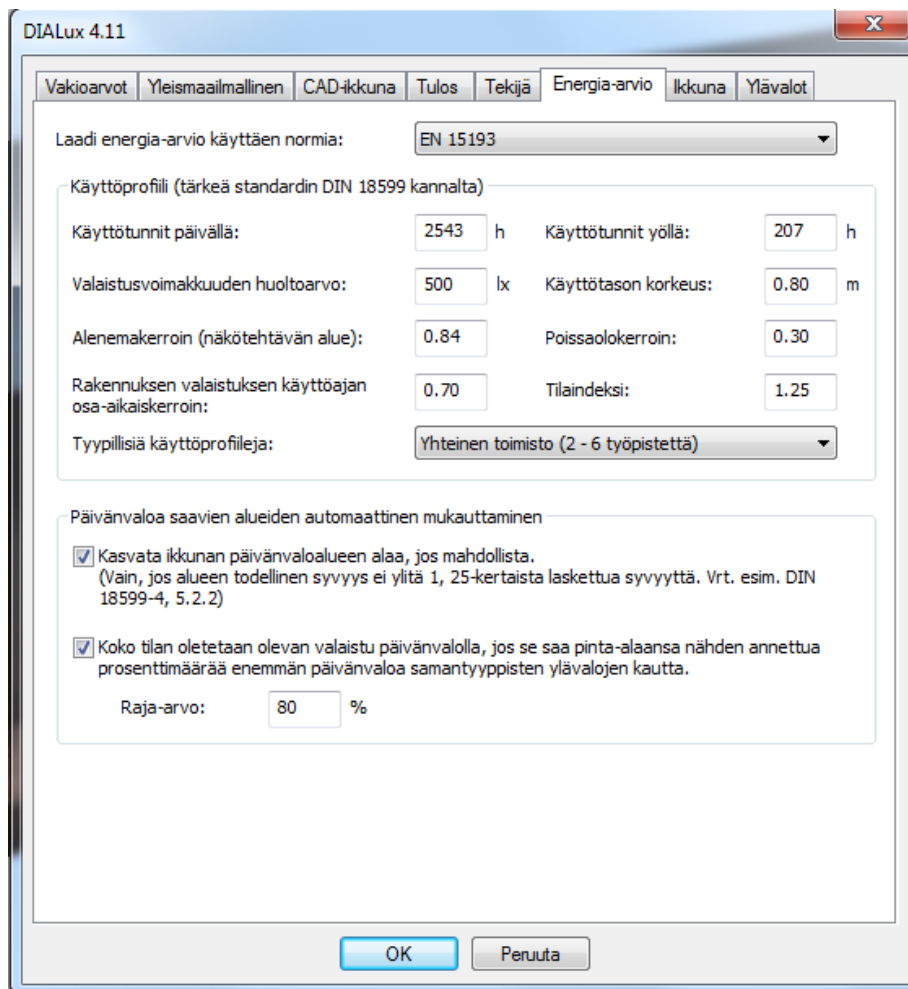
Kuva 22. Relux -valaisimen huoltokustannukset.

Vastaavat asetukset DIALuxilla ovat vähän rajallisemmat ja yksinkertaisemmat. Kuvassa 23 on esitetty DIALuxin asetusikkuna, josta voi valita alenemakertoimen ja tilan puhtausluokan. Tämä löytyy DIALuxissa projektipäällikön kohdasta "Huoltokaavion menetelmä" kun tila on valittuna hakemistopuusta. DIALuxissa oletusarvoiset alenemakertoimet erittäin puhtaassa tilassa on 0.80, puhtaassa tilassa 0.67, normaalissa tilassa 0.57 ja likaisessa tilassa 0.50.



Kuva 23. DIALuxin asetusikkuna huoltokertoimen määrittämiseen, jossa voi valita alenemakertoimen ja huoneen puhtausluokan.

Kuva 24 on DIALuxin energia-arvio asetusikkuna, josta voi määrittää kohteen käyttöajat ja muut tarvittavat tiedot energian laskentaa varten. Tämä ikkuna löytyy DIALuxista Tiedosto-valikosta ohjelman yleisasetuksista.



Kuva 24. DIALuxin energia-arvio asetukset energialaskentaa varten.

4.9 Päivänvalo

Nykypäivänä päivänvalon käyttö valaistuksessa on suuresti lisääntymässä, joten valaistuslaskentaohjelmien pitää pystyä laskemaan myös päivänvalon tuottama valaistusvoimakkuus sekä auringon liikkeet. Projektikohteelle annetaan paikkakuntatiedot valitsemalla kaupunki kattavasta valikoimasta. Paikkakunnan perusteella ohjelma pystyy laskemaan auringon liikkeet sekä sen voimakkuuden kellonajan mukaan. Huoneessa on oltava vähintään yksi ikkuna, josta auringonvalo pääsee vaikuttamaan huoneen valaistukseen. Seuraavana olevat kuvat 25 ja 26 ovat Reluxin ja DIALuxin esimerkkikuvia päivänvalon vaikutuksesta, asetuksena kirkas päivä ja päivämäärä 14. heinäkuuta, kello 15.00, paikkakuntana Helsinki.

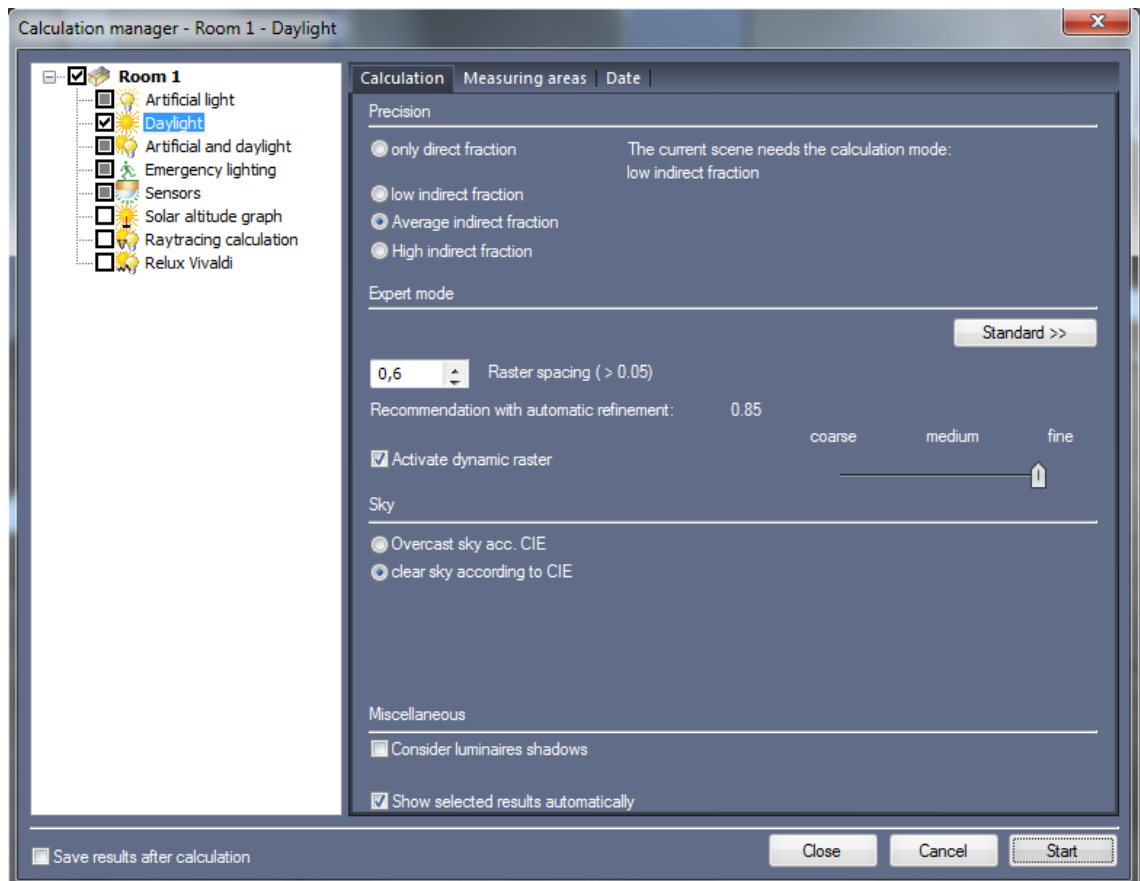


Kuva 25. Relux-mallinnus päivänvalon vaikutuksesta huoneeseen. Aurinko paistaa kuvassa oikealta puolelta.

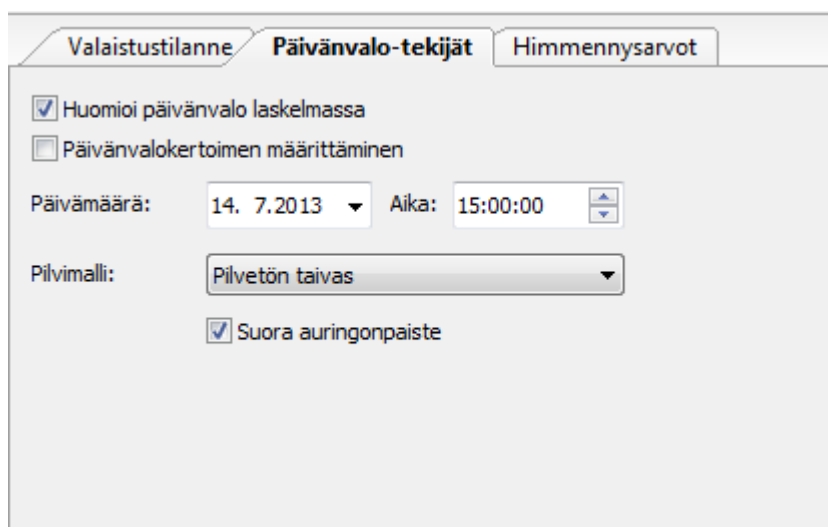


Kuva 26. DIALux-mallinnus päivänvalon vaikutuksesta huoneeseen. Aurinko paistaa kuvassa oikealta puolelta.

Päivänvaloasetuksista pystyy muuttamaan useita arvoja päivämäärästä ja kellonajasta pilvisyyteen. Reluxissa (kuva 27) on hieman kattavammat asetukset kuin DIALuxissa (kuva 28). DIALuxin opas-toimintoa seuraamalla saa DIALuxissa aseteltua helposti tarvittavat tiedot päivänvalon laskentaa varten.

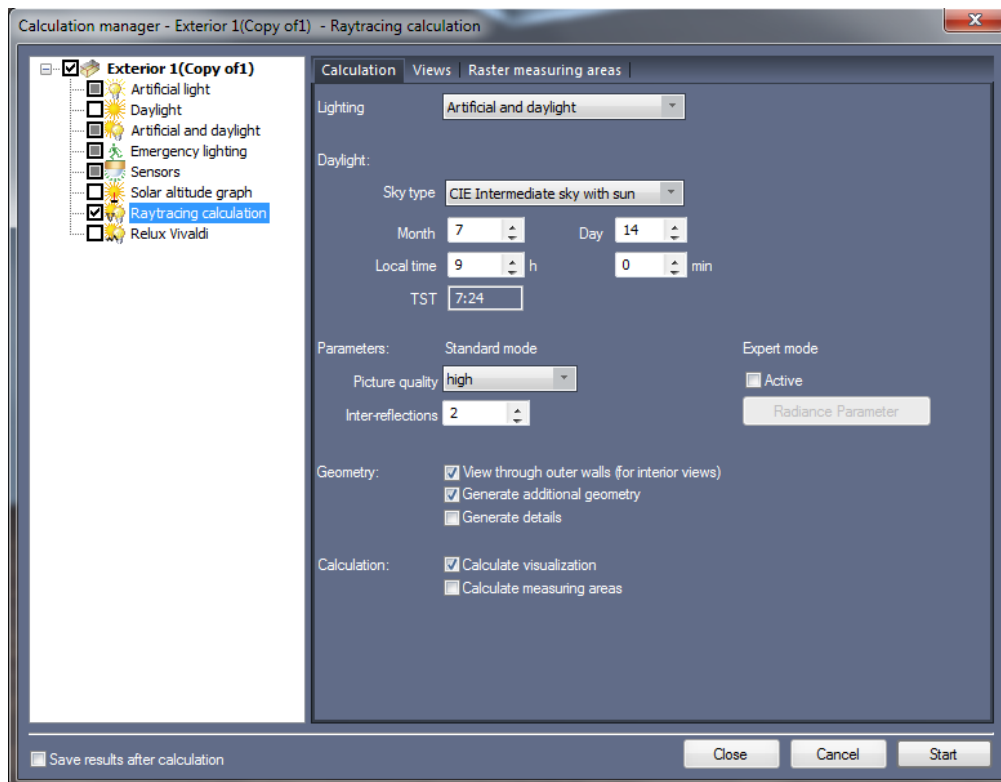


Kuva 27. Reluxin päivänvalo laskenta-avustaja, mahdollisuuksina muuttaa esimerkiksi päivämäärää, pilvisyyttä, kuvan tarkkuutta ja valon heijastumista.

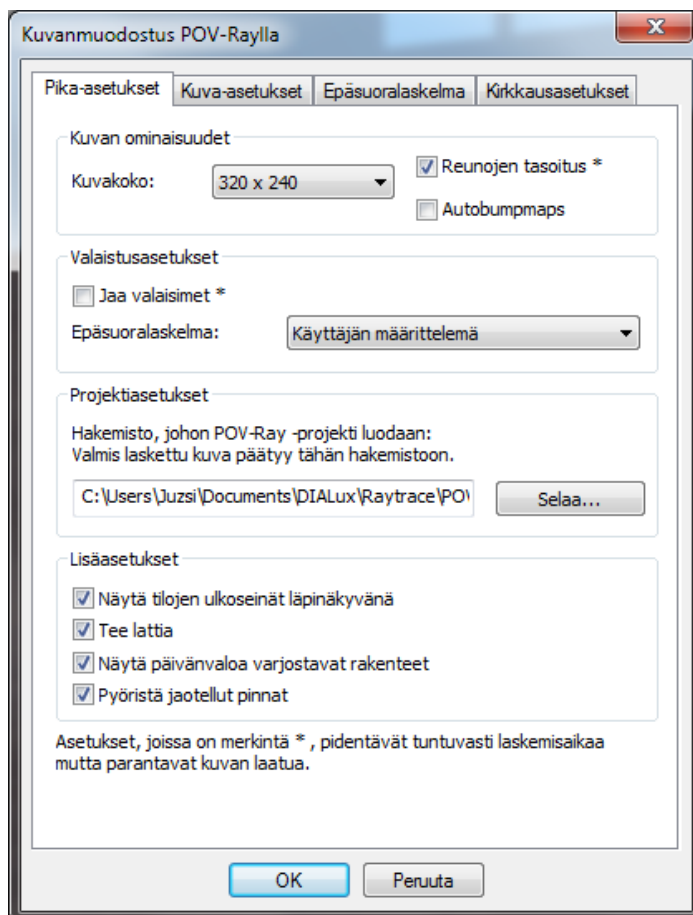


Kuva 28. DIALuxin päivänvalo-asetukset, muutettavia arvoja ovat esimerkiksi päivämäärä ja pilvisyys.

Reluxissa on valmiina myös auringonsäde seuranta-toiminto vähän tarkempaan auringon seuraamiseen kuin pelkkä päivänvalo-toiminto. DIALuxissa on myös tämä ominaisuus yksinkertaisilla asetuksilla varustettuna. DIALuxilla tarkempien arvojen lisääminen vaatii erillisen POV-Ray -ohjelman, jota ei tässä työssä lähdetä avaamaan sen tarkemmin. Säteenseurannan ajatus on, että jokaisessa kameranäkymän pisteessä seurataan kappaleesta kameran linssiin tulevaa valonsädettä, kunnes heijastumien perusteella voidaan päätellä pikselin väriarvo. Reluxilla säde seuranta on mahdollista seurata ainoastaan ajan 06.00–21.00 väliltä, tämän ajan ulkopuolella ohjelma ei ota säteenseurasta huomioon. Reluxin säde seurannan normaalilaskentaa varten ohjelmaan on asetettava lukuisia tietoja esimerkiksi kohteen paikkakunta, päivämäärä, kellon aika, haluttu pilvisuus, kuvan tarkkuus ja valon heijastuminen, asetuksista voi valita myös kokeneen käyttäjän asetukset, joissa on lisää arvoja aseteltavaksi. Tämän jälkeen on asetettava kuvakulmia mistä päin halutaan katsoa tilaa, koska säde seuranta kuvaa ei pysty kääntelemään. Suositeltava määrä kuvakulmia on 1–2, koska kuvakulmien määrä ja tarkkuus hidastaa laskentaa huomattavasti, ja se vaatii tietokoneelta jonkin verran laskentatehoa. Seuraavana olevat kuvat ovat Reluxin säde seuranta-asetukset (kuva 29) ja DIALuxin vastaavat asetukset kuva 30. (Wikipedia, Ray tracing, 2013)



Kuva 29. Reluxin auringonsäde seuranta avustaja, josta voi asettaa halutut arvot laskentaa varten.



Kuva 30. DIALuxin säde seuranta työkalun asetukset, joka käyttää apunaan POV-Ray ohjelmaa.

Molemmilla ohjelmilla on mallinnettu myös yksi esimerkkikuva säde seurannasta, Reluxin versio kuva 31 ja DIALuxilla kuva 32.



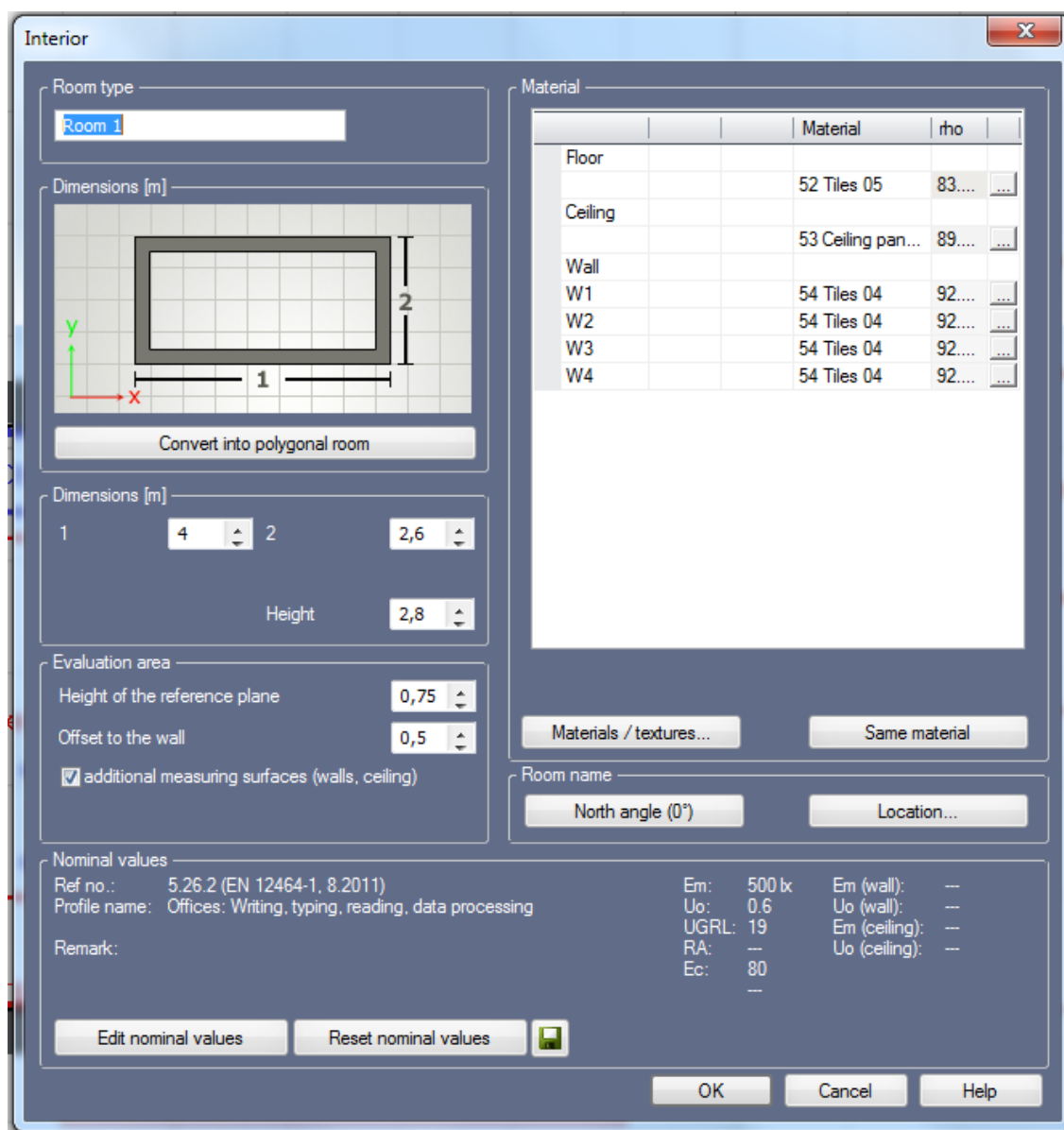
Kuva 31. Reluxin säde seuranta, joka ottaa huomioon päivänvaloa enemmän erilaisia suureita kuten heijastumisia ja objektien peilauksia.



Kuva 32. 3D-kuva DIALuxin säteenseurannasta.

4.10 Laskentapinnat

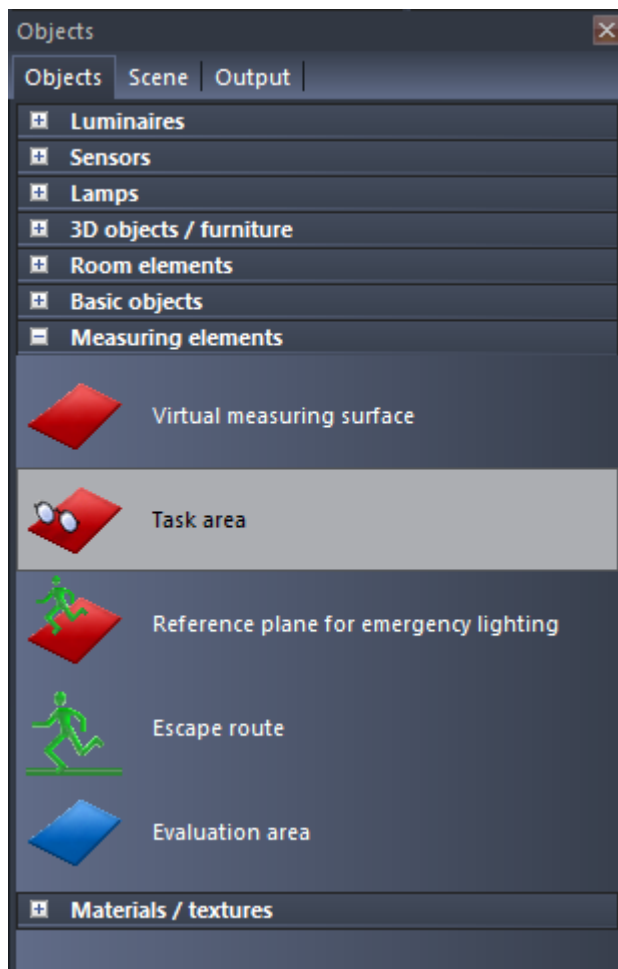
Kohteeseen asetellaan erilaisia laskentapintoja valaistuslaskentaa varten, näitä tulee mm. kaikille työalueille sekä muille tärkeille pinnoille, kuten kattoon, lattiaan ja seinille. Kuvassa 33 on esitetty Relux-projektin alkuvaiheessa näkyvä asetusikkuna, josta voi halutessaan valita katto- ja seinäpinnat laskettaviksi. Näitä tietoja voi myös muuttaa jälkikäteen. DIALuxissa nämä pinnat lasketaan automaattisesti.



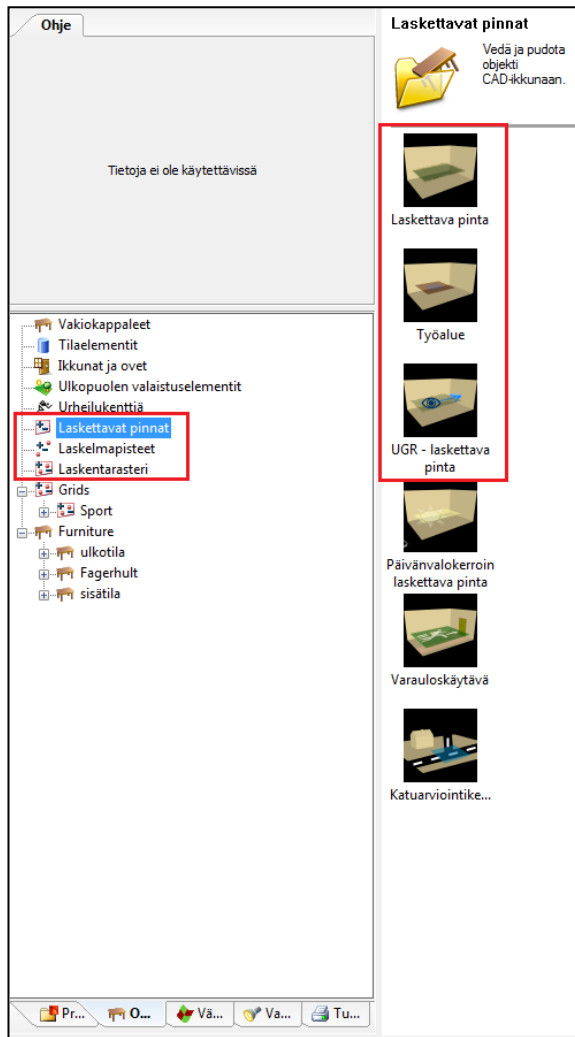
Kuva 33. Reluxin projektin asetuksista valitaan vapaaehtoisesti seinä- ja kattopinnat laskettaviksi "Evaluation area" -kohdasta.

4.10.1 Työalueiden asettaminen

Kun kohteeseen saadaan tarvittavat kalusteet aseteltua ja tiedetään työalueiden paikat, niille lisätään laskentapinnat. Molemmissa ohjelmissa työalueiden lisääminen tapahtuu valitsemalla projektihakemistosta oikea laskentapinta, joka raahataan piirustusalueelle haluttuun paikkaan (kuvat 34 ja 35). Työ- ja lähialueen muotoja voi muokata tämän jälkeen (kuva 36). Ohjelmat pitävät lähialueen ympäröivää aluetta automaattisesti tausta-alueena rajoittuen tilan seiniin.

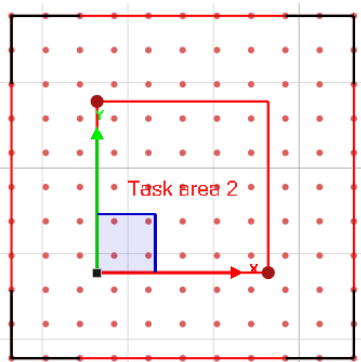


Kuva 34. Reluxissa muut kuin rakenteiden laskentapinnat lisätään esimerkiksi raahaus-periaatteella projektin kirjastosta.



Kuva 35. DIALuxissa on vastaavat laskentapinnat ja ne lisätään samalla tavalla raahaamalla halutulle alueelle projektihakemistosta kuin Reluxissa.

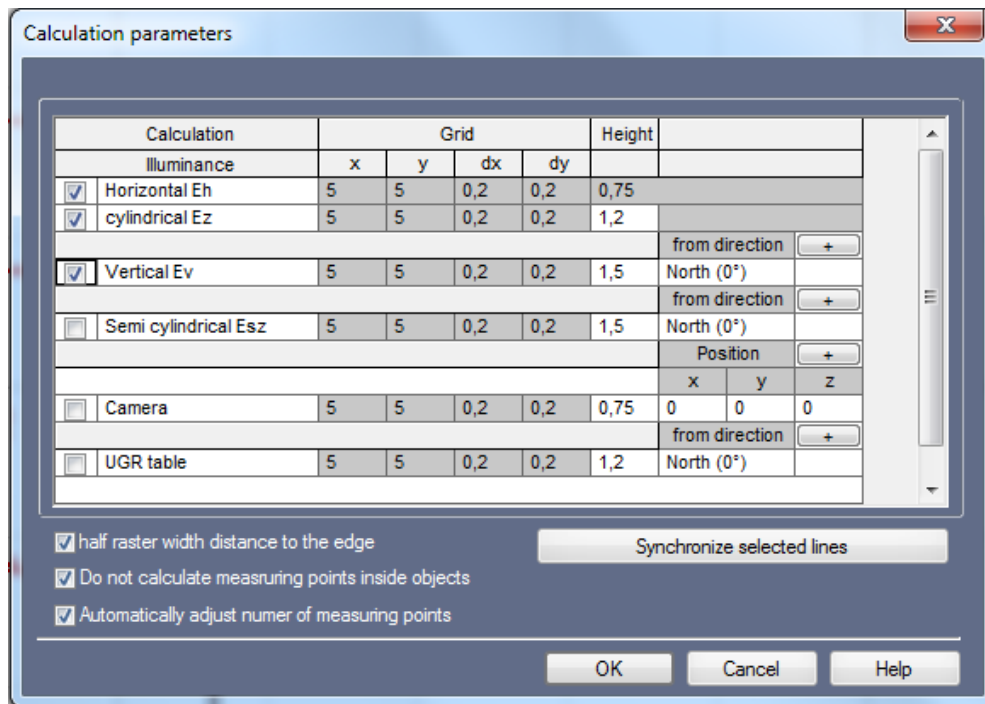
Työalue on oletusarvoisesti molemmissa ohjelmissa samanlainen. Työalueen ja lähiympäristön kokoa ja muotoa voidaan muokata halutun malliseksi. Kuva 36 on otettu Relux-ohjelmalla, jossa näkyvät sisempi työalue punaisella rajattuna ja työalueen ulkopuolella lähialue mustapunaisella viivalla rajattuna. Laskentapisteen näkyvät punaisina pisteinä.



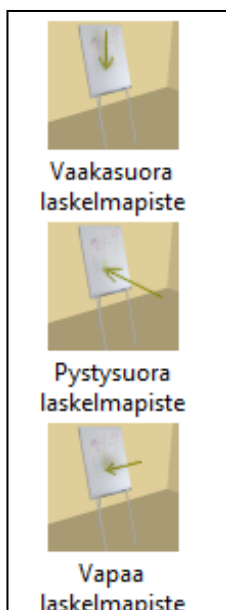
Kuva 36. Reluxin työ- ja lähialue sekä laskentapisteen.

4.10.2 Sylinterivalaistusvoimakkuus ja muodonanto

Sylinterivalaistusvoimakkuuden laskemiseksi Reluxissa pitää valita laskenta-alueiden asetuksista halutut kohdat (kuva 37). Sylinterivalaistusvoimakkuus E_z ja muodonannon laskemista varten myös vaakatason valaistusvoimakkuus E_h . Muodonanto lasketaan käsin näiden kahden välisestä suhteesta E_z / E_h . DIALLuxissa voidaan asettaa yksittäisiä laskentapisteitä, jotka valitaan projektihakemistosta (kuva 38).



Kuva 37. Reluxin laskenta-alueiden asetukset, joista valitaan halutut mittaussuunnat.



Kuva 38. DIALLuxissa mittauspisteet asetellaan raahaus-periaatteella projektihakemistosta.

4.10.3 Laskentarasteri

DIALuxissa voidaan asettaa laskentarasteri koko huoneeseen (kuva 39), jolla saadaan laskettua kattavammalta alueelta sylinterivalaistusvoimakkuus ja horisontaalinen valaistusvoimakkuus kuin mitä yksittäisellä pisteellä voidaan laskea. Reluxissa tätä erillistä laskentarasteri-toimintoa ei ole vaan jokaiseen laskenta-alueeseen määritellään erikseen mitä tietoja tämä alue kerää. (kuva 37).



Kuva 39. DIALuxin laskentarasteri-valikko.

4.11 UGR-häikäisyindeksi

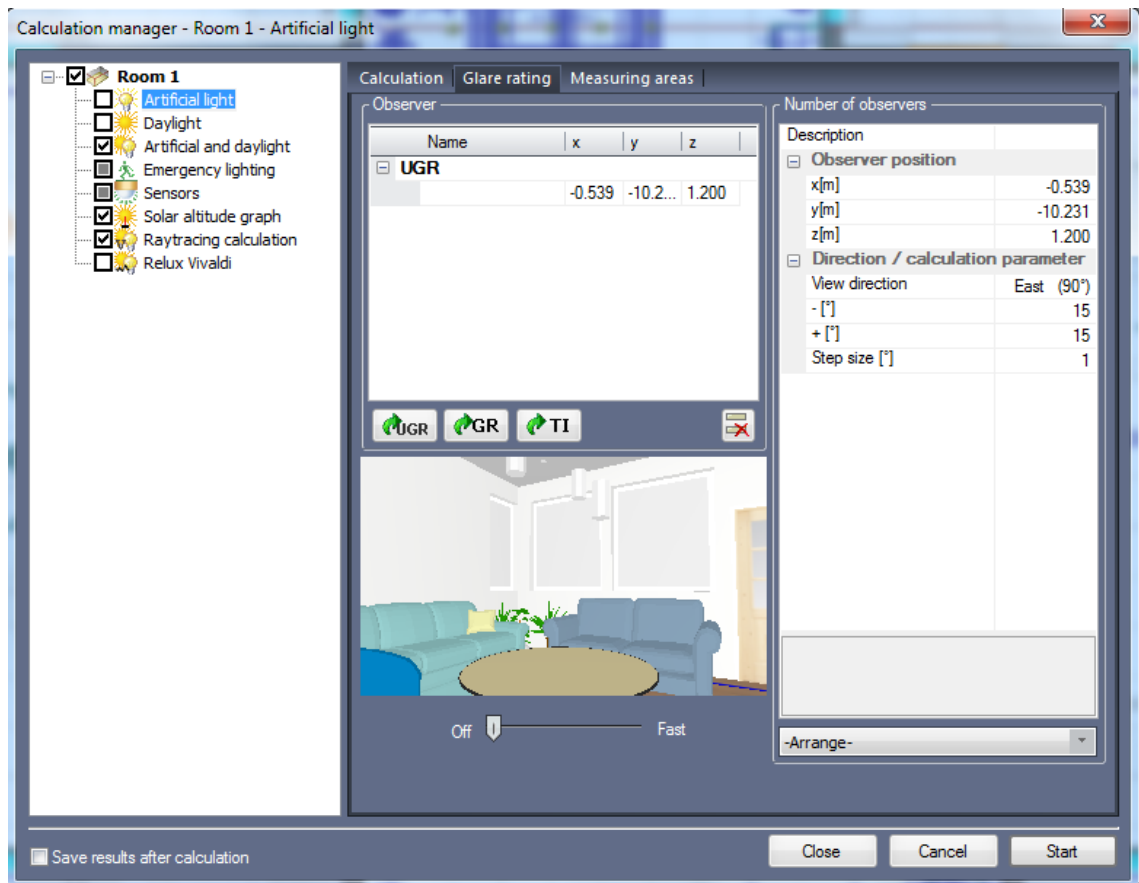
UGR kertoo kiusahäikäisyn määrän eri kulmista katsottuna. Valaistusstandardissa on määritelty tiloille tietyt arvot, joita häikäisyarvo ei saa ylittää. DIALuxissa pystyy helposti asettamaan monia UGR-katsojia eri suuntiin ja ohjelma pystyy laskemaan häikäisyarvot jokaisessa tilanteessa. Reluxissa UGR on erittäin rajallinen toiminto. Relux pystyy laskemaan UGR:n vain, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

1. Huoneen pitää olla suorakaiteen muotoinen tai lähelle sitä.
2. Mahdollista vain keinovaloa laskiessa, päivänvaloa ei voi ottaa huomioon.
3. Voidaan käyttää vain yhtä valaisintyyppiä.
4. Huoneessa pitää olla käyttötaso, josta ohjelma laskee valaistuksen.

5. Valojen pitää olla käyttötason yläpuolella, samalla korkeudella toisistaan +/- 5 cm.
6. Valot pitää asettaa huoneen sisäpuolelle, muuten keinovalon laskenta ei ole mahdollinen.
7. Valojen pitää sopia UGR-laskentaan, esimerkiksi yhdistelmävalot, joissa on useita valopisteitä, eivät täytä tätä kriteeriä.

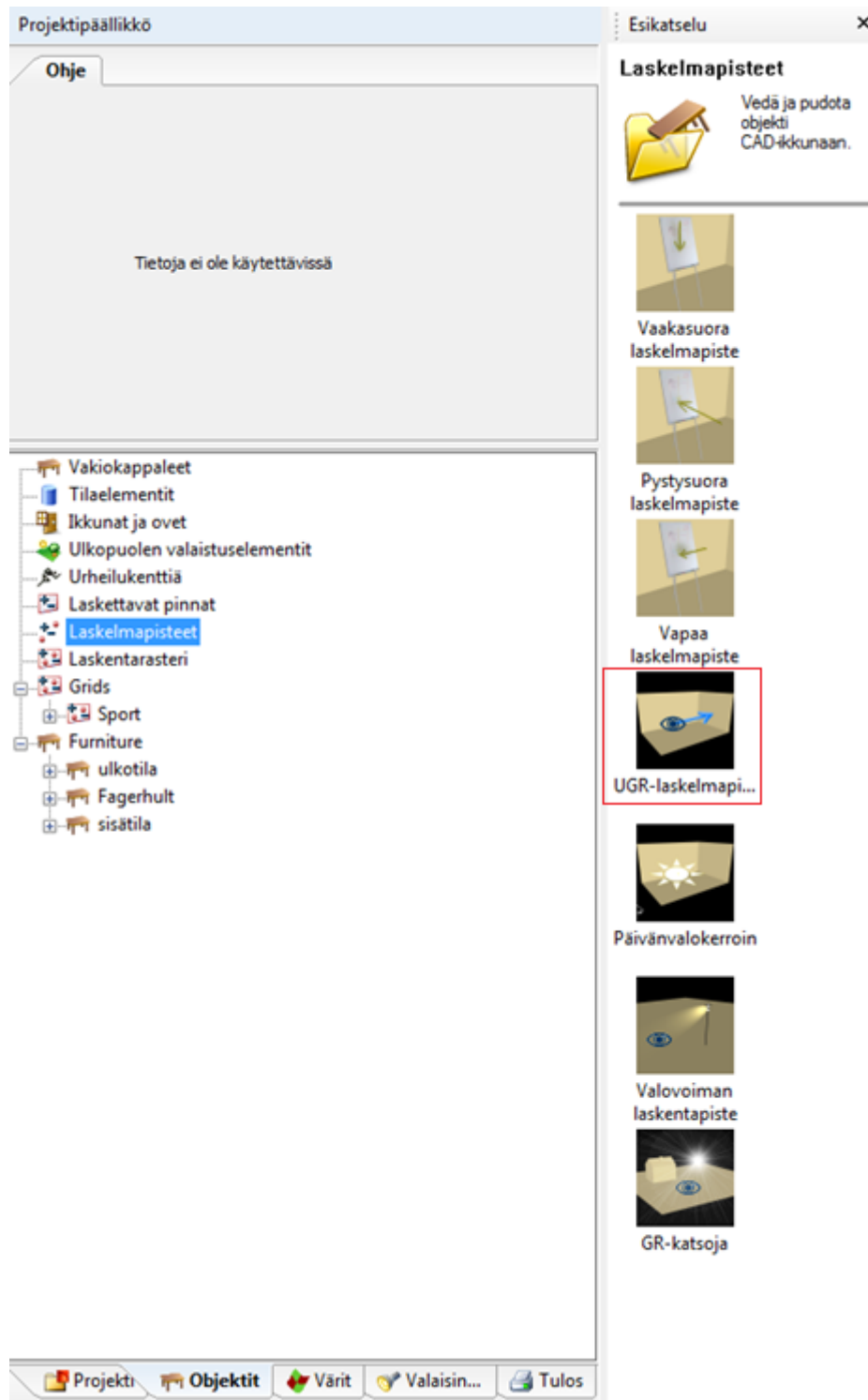
(Relux Informatik AG, Relux manual, 2013)

Reluxissa keinovaloa laskettaessa asetellaan yksi tai useampi UGR-katsoja huoneeseen esikatselukuvan avulla. Katsojan voi asettaa pysymään paikallaan, kulkemaan eteenpäin tai kääntämään kuvakulmaa haluttuun suuntaan. Reluxin UGR-asetukset on esitetty kuvassa 40. Reluxin häikäisyarvon saatavuus on mahdollista vain keinovaloa laskiessa. UGR-arvoa (Unified Glare Rating) käytetään sisätiloissa, GR-arvoa (Glare Rating) käytetään ulkotiloissa ja TI-arvoa (Threshold Increment) käytetään ulkotiloissa kun halutaan tietää estohäikäisyn suuruus.



Kuva 40. Reluxin UGR-asetukset. Asetuksista voidaan asettaa UGR-katsojan kuvakulma ja liikerata

DIALuxissa on Reluxia helpompi asetella UGR-katsojia, ja ohjelma pystyy laskemaan häikäisyindeksin kaikille katsojille vaikka huone olisi monimutkainen ja siinä olisi useita valaisimia. Haluttu UGR laskentapiste -kuvake raahataan kuvaan ja asetellaan haluttuun suuntaan. DIALuxissa ei tosin ole katsojan liike-ominaisuutta. DIALuxin versio UGR-katsojan asettelusta on esitetty kuvassa 41.



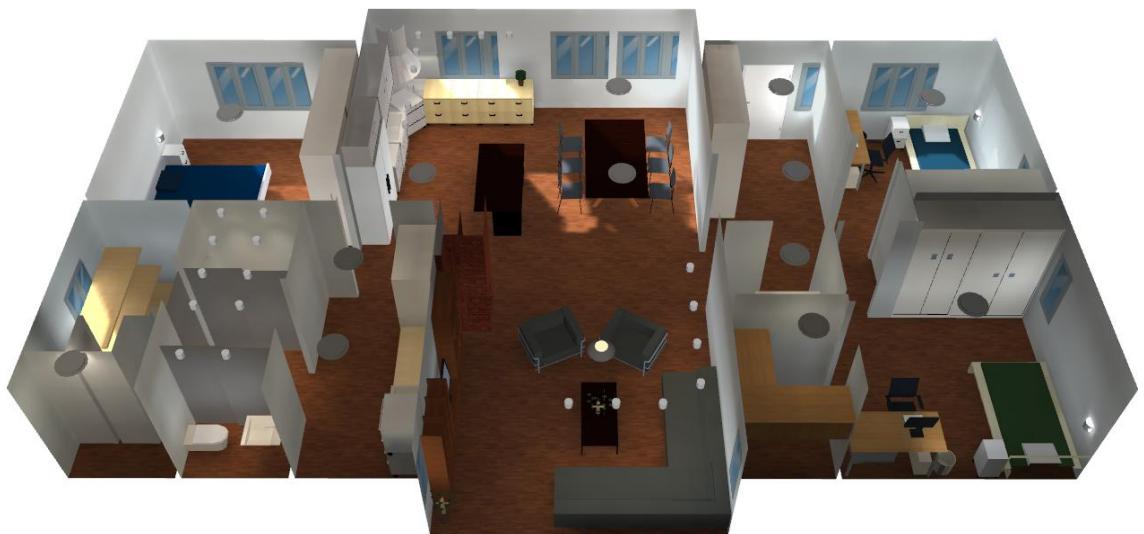
Kuva 41. DIALuxin laskentapiste raahataan haluttuun kohtaan, ja suunnataan sen jälkeen.

4.12 Ohjelmien ulkonäkö

Grafiikaltaan Relux on hyvä. Objektit ja muut elementit ovat DIALuxiin verrattuna tarkempia. Molemmissa ohjelmissa on valittavana paljon huonekaluja, mutta kummassakin on joitakin tavaroita, mitä toisella ei ole. Kuvat 42 ja 43 ovat 3D-mallinnuksia omakotitalosta molemmilla ohjelmilla. Valaistukset eivät ole täysin verrattavissa keskenään erityyppisten valaisimien takia. Molemmissa on käytetty myös päivänvalolaskentaa, joka lisää ikkunoista tulevaa valaistusvoimakkuutta koko asunnossa. Asunnoista pystyy saamaan lähes identtiset yhtenevillä asetusarvoilla ja heijastussuhteilla.



Kuva 42. Reluxilla tehty 3D-mallinnus valmiista kohteesta, jossa on valot päällä sekä päivänvalo huomioituna.



Kuva 43. DIALuxilla tehty 3D-mallinnus valmiista kohteesta, jossa on valot päällä ja päivänvalo huomioituna.

4.13 Laskentatulokset ja tuloksien vertailu

Sekä Reluxissa ja DIALuxissa laskennasta on saatavilla paljon erilaisia tietoja, kuten esimerkiksi käytetyt valaisimet, päivänvaloseuranta, 3D-kuva kohteesta valot päällä, energialaskenta ja kustannusarviot sekä väärävärικuvat. Hyvän yleiskuvan laskentatuloksista saa yhteenvedosta, josta näkee tilaan tulevat valaistusvoimakkuudet, valaistusvoimakkuuden tasaisuudet ja UGR:n.

Ohjelmien tarkempia laskentatuloksia tarkasteltiin toimistotilan valaistuksella. Toimiston pinta-ala on 10.4 m² ja katon korkeus on 2.8 metriä. Seuraavana ovat toimistotilan 3D-kuvat, mallinnettuna molemmilla ohjelmilla. Vasemmalla olevassa kuvassa 44 on esitetty kuvakaappaus toimiston Relux-mallinnuksesta ja oikealla, kuvassa 45 DIALux-mallinnuksesta. Toimistot tehtiin mahdollisimman yksinkertaiseksi ja huonekalut pyrittiin valitsemaan ohjelmien kesken samanlaisiksi tulosten tarkkuuden varmentamiseksi. Jotkin pintamateriaalit saattavat olla ulkonäöltään erilaisia, mutta näille on aseteltu heijastumissuhteet vastaamaan toisiaan.

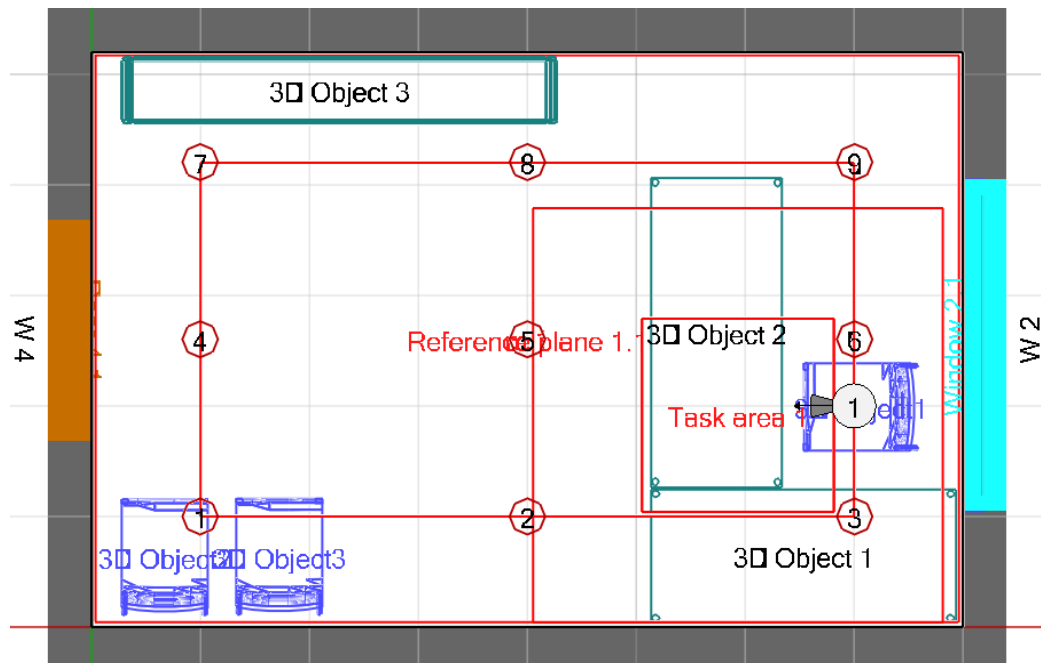


Kuva 44. Relux 3D-mallinnus toimistotilasta.

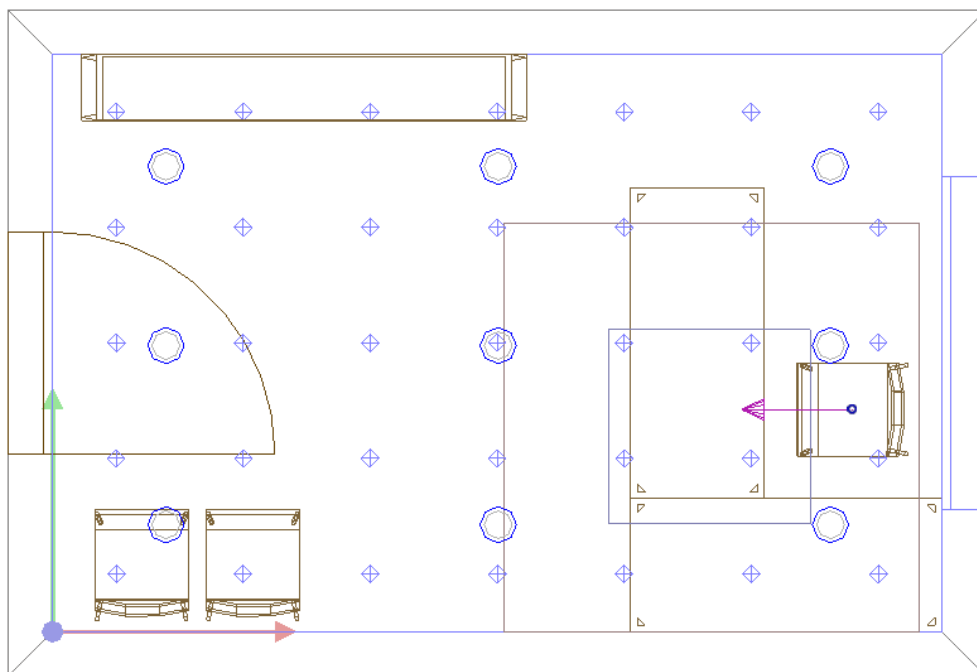


Kuva 45. DIALux 3D-mallinnus toimistotilasta.

Toimistoissa käytettiin laskentapintoina käyttöaluetta, lattian, katon ja seinien laskentapintoja, yhtä työaluetta sekä laskentarasteria. Toimiston 2D-kuvista 46 ja 47 näkee tarkemmin laskentapintojen sekä UGR-katsojan paikan. UGR-katsoja on asetettu toimistopöydän takana olevalle tuolille katsomaan vaakasuoraan ikkunalta ovelle päin.



Kuva 46. Relux toimistotilan 2D-kuva, jossa näkyvät punaisella ääriiviivalla kaikki laskentapinnat poisluettuna huonepintojen laskentapinnat, jotka eivät näy 2D-kuvassa. Käyttöalue on valaisimien alla, työ- ja lähialue sijaitsee pöydän päällä ja seiniin rajautuu laskenta-alue, joka vastaa DIALuxin laskentarasteria. UGR-katsoja on tuolilla pöydän takana.



Kuva 47. DIALux toimistotilan 2D-kuva, jossa näkyy laskentarasteri peittäen koko huoneen ja työ- ja lähialue pöydän päällä. Käyttötaso ja huonepintojen laskenta-alueet ovat näkymättömiä. UGR-katsoja on tuolilla pöydän takana.

4.13.1 Toimistotilan tulokset

Toimistossa käytettiin yhdeksää Philipsin BBS480 1xLLED-3000 +ZBS480 SG-FRC Downlight valaisimia. Valaisimen valovirta on 901 lm ja teho on 13.0 W, yhteensä 8109 lm ja 117.0 W. Ominainen verkkoon kytketty kuorma on molemmissa 11.25 W/m² ja DIALuxissa 1.96 W/m²/100 lx ja Reluxissa 1.94 W/m²/100 lx. Huoltokerroin oli asetettu molemmissa ohjelmissa arvoon 0.80 ja laskennat tehtiin ilman päivänvaloa.

Taulukkoon 5 on kerätty Reluxin ja DIALuxin toimistotilan valaistusvoimakkuudet ja valaistuksen tasaisuudet tärkeimmille laskenta-alueille sekä toimiston UGR ja värintoistoindeksi. Reluxissa erikoisesti ja epätarkasti merkittynä UGR oli ≤ 22 ja DIALuxissa kyseinen arvo oli 17. Vaadittu häikäisyarvo on 19 tähän tarkoitukseen tehdyssä tilassa. Muodonanto (E_z / E_h) oli käsinlaskettuna Reluxissa 0.48 ja DIALuxissa 0.66. Muodonanto on ohjeen suosituksen mukaan väliltä 0,3 ja 0,6. (SFS-EN 12464-1-2011)

Taulukko 4. Kootut toimistotilan tulokset ja standardin asettamat vaatimukset toimistotilalle. Taulukosta käy ilmi laskenta-alueiden korkeudet ja ylläpidettävät valaistusvoimakkuudet E_m ja tasaisuudet U_o tärkeimmiltä pinnoilta sekä häikäisyindeksi UGR ja värintoistoindeksi Ra. (SFS-EN 12464-1-2011)

Käyttötaso 0.85 m	Em [lx]	Uo
Standardi	≥ 500	$\geq 0,6$
Relux	579	0.89
DIALux	575	0,82
Työalue 0.85 m	Em [lx]	Uo
Standardi	≥ 500	$\geq 0,6$
Relux	567	0,88
DIALux	577	0,87
Ympäröivä alue 0.85 m	Em [lx]	Uo
Standardi	≥ 300	$\geq 0,4$
Relux	503	0,60
DIALux	529	0,75
Sylinteri Ez 1.20 m	Em [lx]	Uo
Standardi	≥ 150	$\geq 0,1$
Relux	283	0,77
DIALux	381	0,75
Vaakasuora Eh 1.20 m	Em [lx]	Uo
Standardi	-	-
Relux	589	0,79
DIALux	573	0,72
Häikäisy ja värintoisto	UGR	Ra
Standardi	≤ 19	≥ 80
Relux	≤ 22	80
DIALux	17	80

Kaikki lopputulokset Reluxilla eivät ole täysin yhteneviä DIALuxin kanssa, vaikka toimistot pyrittiin mallintamaan samanlaisiksi. Erot voivat johtua ohjelmien erilaisesta laskentatavasta ja huonekalujen ja pintamateriaalien huomioimisesta. Eroavaisuudet ovat kuitenkin niin vähäisiä, että sillä ei todellisuudessa ole merkitystä. Molempien ohjelmien toimistotilan lopputulokset löytyvät liitteistä 4 ja 5. Tarkemman arvion saisi valaistusvoimakkuuden luotettavuudesta, jos mittaisi kohteessa valaistusvoimakkuuden henkilökohtaisesti.

4.14 Ohjelman laskentatuloksien raportointi

Laskennan jälkeen tuloksista on helppo tarkistaa valaistuksen tuottamat valaistusvoimakkuudet ja muut tarvittavat tiedot. Reluxin yhteenvedotuloksissa valitun standardin asettamat vähimmäisvaatimukset näkyvät tulosten vieressä suluilla varustettuna (kuva 48). DIALuxissa tuloksia pitää verrata uusimpaan valaistusstandardiin.

Evaluation area 1	Reference plane 1.1	
User profil: Offices		
5.26.2 Writing, typing, reading, data processing (Ra >80.00)		
	Horizontal	
Em	579 lx	(>= 500 lx)
Emin	516 lx	
Emin/Eav (Uo)	0.89	(>= 0.60)
Emin/Emax (Ud)	0.83	

Kuva 48. Reluxin yhteenvedossa näkyy käyttöalueen tulokset ja standardin vaatimukset.

Tuloksista on hyvä tarkistaa seuraavat arvot ja korjata valaistusta tarvittaessa:

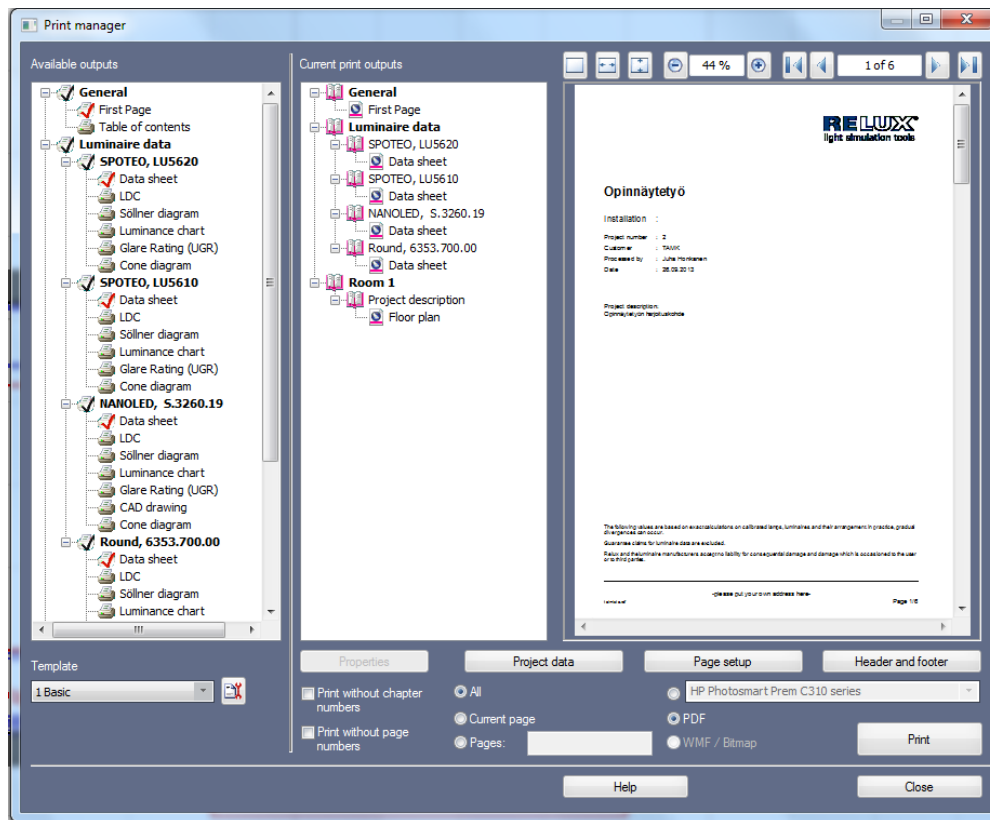
1. Koko tilan valaistusvoimakkuudet E_m ja tasaisuudet U_o , nämä löytyvät molemmissa ohjelmissa tilan yhteenvedosta.
2. Valaistuksen asennusteho eli W/m^2 ja $W/m^2/100\text{ lx}$ -arvot, löytyvät molemmissa ohjelmissa tilan yhteenvedosta.
3. Työ-, lähi- ja tausta-alueiden valaistusvoimakkuudet ja tasaisuudet (löytyvät Reluxin yhteenvedosta ja DIALuxissa projektipuun ”Tilan pinnat” -kohdasta).

4. Seinien ja kattojen valaistusvoimakkuudet ja tasaisuudet (Reluxissa löytyy projektipuusta hakemalla ”Tables” ja DIALuxissa yhteenvedosta).
5. UGR- häikäisyindeksit (Reluxissa löytyy yhteenvedosta ja DIALuxista kohdasta ”UGR-katsoja”).
6. Sylinterivalaistusvoimakkuus ja tasaisuus (Reluxissa löytyy projektipuusta hakemalla ”Tables” ja DIALuxissa laskentarasterin tuloksista).
7. Muodonanto (Pitää laskea käsin molemmissa ohjelmissa sylinterivalaistusvoimakkuuden ja vaakatason valaistusvoimakkuuden suhteesta).

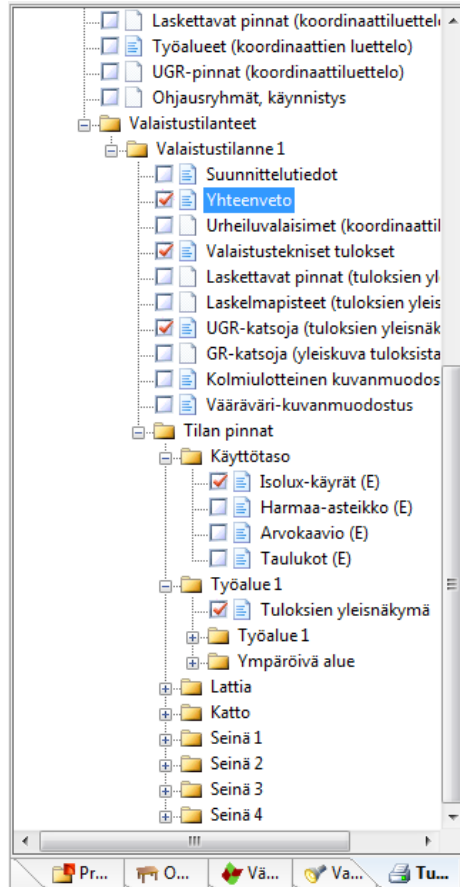
4.15 Tulosten tallennus ja raportointi

Tulosten tallennus ja raportointi tapahtuu Reluxissa tulostusavustajan avulla (kuva 49). Tulostusikkunassa valitaan halutut tiedot ja sivut mitkä tulostetaan, jonka jälkeen ohjelma tekee näistä valmiin raportin, joko paperisena, PDF- tai WMF-muodossa. DIALuxissa tulostettavat sivut valitaan projektihakemistosta (kuva 50). Dokumentista selviää suunnitelman tekijä, projektikohteen tiedot sekä raporttiin valitut valaistuskalkelat ja käytetyt valaisimet.

HUOM. Jos Reluxilla on ongelmia PDF-tulostuksessa. Tämä voidaan helposti korjata ajamalla install.bat tiedosto, joka löytyy ohjelman asennuspaikan "Print"-kansioista. Windows 7 -käyttöjärjestelmän käyttämä polku on vakiona .../Programfiles(x86)/ReluxSuite/print/install.bat. Tiedoston ajaminen vaatii järjestelmänvalvojan käyttöoikeudet. Hyväksy palomuurin mahdollisesti kysymät kysymykset.



Kuva 49. Reluxin tulostusavustaja, jossa valitaan halutut tulostettavat sivut. Oikealla näkyy raportin esikatselukuva. Dokumentti on saatavilla paperisena, PDF- tai WMF-muodossa



Kuva 50. DIALuxin projektipuussa näkyvät kaikki saatavilla olevat tulokset, joista valitaan tulostettavat sivut. Tämän jälkeen nämä voidaan tulostaa joko paperisena tai PDF-muodossa.

5 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus tutkia ja vertailla Euroopassa käytettyä Relux-valaistuslaskentaohjelmaa ja tämän toimintoja vastaavaan Suomessa yleisesti käytettyyn DIALux-valaistuslaskentaohjelmaan. Työn rajauksena käytettiin Relux-ohjelman ilmaisia versioita sekä tutustumista ainoastaan sisävalaistukseen ja sen toimintoihin. Työn yhtenä osana Reluxille tehtiin peruskäyttöön soveltuvat käyttöohjeet. Työssä tutustuttiin Relux Informatik AG osakeyhtiöön sekä ohjelmien vertailun lisäksi valaistussuunnittelun perusteisiin, helpottamaan hyvän valaistuksen toteuttamista. Molemmilla ohjelmilla mallinnettiin toimistotila laskentatulosten vertailua varten ja omakotitalo ohjelmien ominaisuuksien paremman kartoittamisen takia. Tavoite oli saada kattava kokonaiskuva Reluxista, jotta sitä voitaisiin käyttää vertailukohtana DIALuxille.

Työssä havaittiin että Reluxin valaistuslaskelmat eivät ole täysin yhteneviä DIALuxin tuloksien kanssa ja tähän vaikutti suuresti pintojen heijastuskertoimet ja huonekalujen huomioiminen laskennassa. Suunnittelussa huomattiin myös, että ohjelmat soveltuvat hyvin yksittäisten huoneiden laskentaan, mutta sitä suurempia kohteita näillä ei kannata mallintaa. Suuremmat kohteet ovat enemmän koko kohteen hahmottamista kuin tulosten tarkkuutta varten. Omakotitalokohteen suuruus ja tavaroiden määrät alkoivat olla ohjelmille maksimikokoa, koska tarkat laskenta-ajat olivat jo melko pitkiä.

Suurimpia puutteita Reluxissa DIALuxiin verrattuna ovat UGR-toiminnon rajallisuus sekä opas-toiminnon ja suomalaisen kielipaketin puuttuminen. Hyötyjä Reluxilla ovat mm. grafiikka, lähes kaikkien toimintojen kattavat asetukset ja se, että valaisinten tuotetietokantoja ei tarvitse ladata erikseen.

Relux antaa erittäin hyvän kilpailijan DIALuxille ja sitä tulisi harkita yhdeksi vaihtoehdoksi Tampereen ammattikorkeakoulun opetuksessa käytettäviin valaistuslaskentaohjelmiin. Projektin aloittaminen on vaikeampaa kuin DIALuxilla, mutta pienen opettelun jälkeen ohjelman käyttäminen on lähes yhtä helppoa. Markkinointimielessä Reluxin hyvä grafiikka antaa ohjelmalle lisäarvoa ja tekee mallinnuksesta paljon näyttävämmän ja aidomman oloisen kuin mitä DIALuxilla saataisiin aikaan.

Opinnäytetyö oli opettavainen monelta osin. Valaistusratkaisuja täytyi muuttaa molemmilla ohjelmilla moneen kertaan, jotta niistä saatiin tyydyttäviä ja mallinuksista toisiaan vastaavia. Ohjelmiin tutustuminen syvemmin antoi myös paljon uutta kokemusta DIALux-valaistuskalkulaattorin käytöstä. Reluxin soveltuvuus suomalaiseen valaistussuunnitteluun saatiin kartoitettua ja monista ohjelman tuomista haasteista selvittiin. Reluxiin on toivottavasti tulevaisuudessa saatavilla suomenkielinen versio, jolloin siitä olisi entistä enemmän haastajaksi DIALuxille.

LÄHTEET

SFS-EN 12464-1. 10.10.2010. valo ja valaistus. Sisätilojen työkohteiden valaistus. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Relux Informatik AG. Relux light simulation tools. WWW-dokumentti. Luettu 4.10.2013.
<http://www.relux.biz>

Relux Informatik AG. Relux light simulation tools. Relux manual. Relux09.pdf

Pirkko Harsia, Kari Kallioharju. DIALux-valaistulaskentaohjelma 4.10. Käyttöohje. Tampereen ammattikorkeakoulu 2012-2013

Hitusähkö. WWW-dokumentti. Valon mittayksiköt. Luettu 23.9.2013.
<http://koti.mbnet.fi/hsahko/valo/yksikot.shtml>

Wikipedia vapaa tietosanakirja. WWW-dokumentti. Steradiaani. Luettu 23.9.2013.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Steradiaani>

Wikipedia vapaa tietosanakirja. WWW-dokumentti. Ray tracing. Luettu 13.10.2013.
http://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing_%28graphics%29

Lampputieto. Valon mittayksiköt. WWW-dokumentti. Luettu 13.10.2013.
<http://www.lampputieto.fi/>

Halonen, L. & Lehtovaara, J. 1992. Valaistustekniikka. Otatieto Oy

Fagerhult Oy. 2011. Indoor Lighting Solutions – Luettelo 2012–2013.

Varsila M. 2012. Valaistuksen huolto – onko sitä? Valo-lehti 1/2012, 32-36.

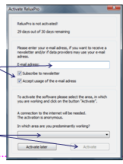
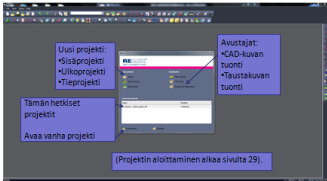
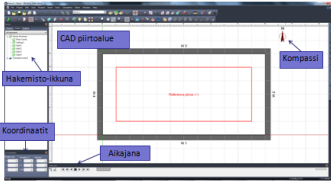
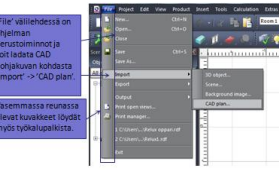
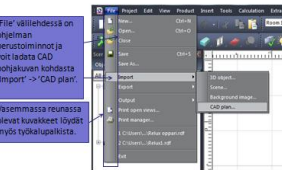

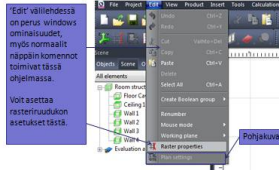
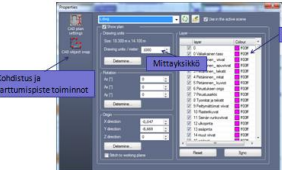
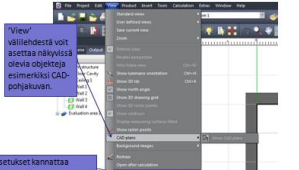


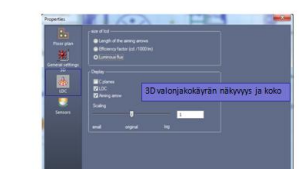
The International Commission on Illumination. 2005. Technical Report. Guide on the maintenance of indoor electric lighting systems. CIE 97:2005. 2nd edition.

Vinnikainen Petri. Thesis. Energiätehokas valaistus ja DIALux evon hyödyntäminen energiätehokkaan valaistuksen suunnittelussa. 2013

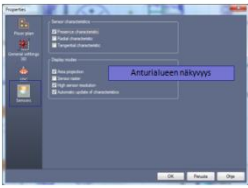
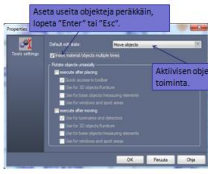
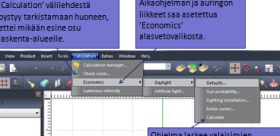
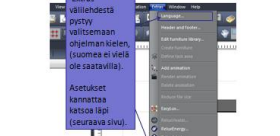
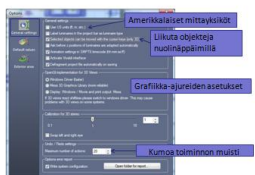
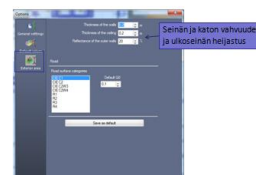
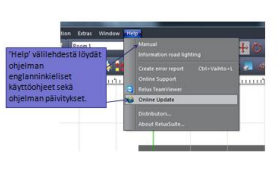

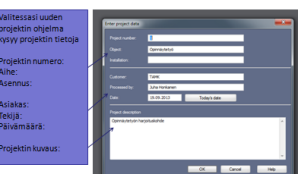
Osram tuoteluettelo. 2009-2010. Prointerior esitekirjasto. WWW-dokumentti. Luettu 21.11.2013
<http://www.prointerior.fi>

LIITTEET

Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 1 (6)

<p>Relux – valaistuksenlaskentaohjelman peruskäyttö 2013.1.3</p> <p>Juha Honkanen Tampereen ammattikorkeakoulu 2013</p>	<p>Ohjelman asennus</p> <ul style="list-style-type: none"> Ohjelman versio 2013.1.3 asennettavissa mm. osoitteesta <ul style="list-style-type: none"> http://www.relux.biz/index.php?option=com_download&Itemid=241&lang=en 	<p>Aktivointi</p> <ul style="list-style-type: none"> Aktivoi ReluxPro ohjelman käynnistyessä tai "Help" – "About ReluxSuite" Aktivointi on ilmainen 
<p>Ohjelman aloitusnäky</p> 	<p>Ohjelman perusnäky</p> 	<p>Toiminnot ja asetukset</p> <p>Projektin aloitus alkaa sivulta 29</p>
<p>Yläpalkki</p> 	<p>Yläpalkki</p> 	<p>Yläpalkki</p> 
<p>Yläpalkki</p> 	<p>Pohjakuvan asetukset</p> 	<p>Yläpalkki</p> 
<p>Suunnitelma asetukset</p> 	<p>Yleiset 3D asetukset</p> 	<p>Valonjakokäyrän asetukset</p> 

Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 2 (6)

<h3>Anturi asetukset</h3>  <p>Anturialueen näkyvyys</p>	<h3>Yläpalkki</h3>  <p>'Product' ja 'Insert' välilehdestä voit luoda projektin, valaisimia, huoneita, lamppeja, visuaalisia ja muuta sisältä.</p> <p>Huone elementteistä löydät ikkunat ja ovet.</p>	<h3>Yläpalkki</h3>  <p>'Tools' välilehdestä valitaan hiiren toiminnot, lisäksi myös CAD alueella hiiren oikeasta painikkeesta.</p> <p>'Edit polygon' kohdasta lisätään tai poistetaan huonealueen kummapisteistä.</p> <p>Jälkeen asetukset kannattaa tarkistaa (seuraava sivu).</p>
<h3>Työkalu asetukset</h3>  <p>Aseta useita objekteja peräkkäin, lopeta "Enter" tai "Esc".</p> <p>Aktiivisen objektin oletus toiminta.</p>	<h3>Yläpalkki</h3>  <p>'Calculation' välilehdestä pystyy tarkistamaan huoneen, ettei mikään esine osu laskenta-alueelle.</p> <p>Alkiohjelman ja karrigon liikkeet saa asetettua 'Economics' alusvetäviköistä.</p> <p>Ohjelma laskee valaisimien energian kulutuksen, tähän vastataan tosin jo toisella tarkkoja asetuksia valaisimilta ja lampuilta.</p>	<h3>Yläpalkki</h3>  <p>'Extras' välilehdestä pystyy valittomaan ohjelman kielen, (suomea ei vielä ole saatavilla).</p> <p>Asetukset kannattaa katsoa läpi (seuraava sivu).</p>
<h3>Yleiset asetukset</h3>  <p>Amerikkalaiset mittayksiköt</p> <p>Liikua objekteja ruolinäppäimillä</p> <p>Grafiikka-alueiden asetukset</p> <p>Kunpa toiminnon muuttaja</p>	<h3>Oletusarvo asetukset</h3>  <p>Voit halutessasi asettaa oletusarvot objekteille mitä asennat seuraavissa projekteissasi.</p> <p>Käyttöalueen oletusarvot</p>	<h3>Ulkotilan asetukset</h3>  <p>Seinän ja katon vahuudet ja ulkoiseinän heijastus</p>
<h3>Yläpalkki</h3>  <p>Työkaluvaihtokoma ja ohjelman ulkotilaa voi valita mieleisesseen 'Window' välilehdestä.</p> <p>Laajennettu työkalut näkyvä</p> <p>Ohjelman ulkotilaa</p> <p>Työn nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi valitse nämä näkyviin.</p>	<h3>Yläpalkki</h3>  <p>Normaali työkaluvaihtokoma</p> <p>Laajennettu työkaluvaihtokoma, kuvakkeet ovat pikanäppäimillä edellisten välilehtien toimintoihin</p> <p>Perustoiminnot</p> <p>Huoneen valinta</p> <p>Huoneen lisäys</p> <p>Hiiren toiminnot</p> <p>Objektin lisäys</p> <p>Tarkistus ja laskeuden aloittaminen</p> <p>2D pohjakuva ja 3D kuvan valinnat</p> <p>Pieni kolmio uudessa kuvakeen alareunassa antaa lisävalintoja kun pidät hiiren vasenta painiketta painettuna kuvakeen yllä.</p>	<h3>Yläpalkki</h3>  <p>'Help' välilehdestä löydät ohjelman englanninkieliset käyttöohjeet sekä ohjelman päivitykset.</p>
<h3>Hiiren toiminnot</h3> <ul style="list-style-type: none"> Vasempaan painikkeeseen saa valittua eri toimintoja kuten: <ul style="list-style-type: none"> Valinta, kääntö, objektin skaalaus Vasen painike pohjassa maalaa alueen 2D kuvassa ja kääntää kuvakulmaa 3D kuvassa Oikea painike avaa valikon kun jokin kohde on valittuna CAD-alueella, josta pystyy muokkaamaan vasemman napin toimintoja tai valitun objektin asetuksia 	<h3>Hiiren toiminnot</h3> <ul style="list-style-type: none"> Keskinappia pohjassa painamalla liikutetaan CAD aluetta molemmissa 2D ja 3D kuvassa Rullaus toimii zoomina CAD alueella Mycs Ctrl, Alt ja Shift tuovat hiiren painikkeisiin eri toimintoja, riippuen onko 2D vai 3D kuva 	<h3>Valaistuslaskennan vaiheet ja projektin aloittaminen</h3> 
<h3>Laskennan eteneminen</h3> <ol style="list-style-type: none"> Tehdään tila Annetaan tarvittavat projektitiedot Tarkistetaan pintojen väriyty, kuviointi ja heijastussuhteet Sijotetaan kalustus <ul style="list-style-type: none"> Huonekalut Ikkunat Ovet Valitaan käytettävät valaisimet Sijotetaan valaisimet Sijotetaan laskentapinnat Tarkistetaan huone ja tehdään laskenta Analysoidaan tulokset 	<h3>Uuden laskentaprojektin aloittaminen</h3> <ul style="list-style-type: none"> Valitse ohjelman käynnistyessä joko <ul style="list-style-type: none"> "New project" -> "Interior" Tai parempi vaihtoehto "Assistants" -> "CAD import" saat valmiiksi jo tuotua CAD-kuvan Ohjelman ollessa päällä valitse <ul style="list-style-type: none"> "File" valikosta "New" Tyhjä paperi kuvake työkalu pikanäppäimestä Tai paina Ctrl + N Tämän jälkeen ohjelma kysyy projektin tietoja 	<h3>Projektin tiedot</h3>  <p>Valitessasi uuden projektin ohjelma kysyy projektin tietoja</p> <p>Projektin numero:</p> <p>Alue:</p> <p>Asemuus:</p> <p>Asiakas:</p> <p>Tekijä:</p> <p>Päiväys:</p> <p>Projektin kuvaus:</p>

Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 3 (6)

Alueen asetukset

Huoneen nimi

Huoneen muoto

Huoneen koko ja korkeus

Laskenta-alue valaistukselle

Ohjelmassa on lukuisia valaistus standardeja valmiina valittavissa tästä. (SN EN 12464-1 (8-2011))

Pintojen värit ja kuvioinnit voi valita joko suoraan myhemmissin.

Pohjoksen suunta sekä projektioalueen sijainti näkyy ohjelmassa.

Valittamasi standardit näkyvät tässä.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 34

Standardit

- SN EN 12464-1 (8.2011)

Standardit mitä käytetään

Ohjelma asettaa laajemmat näkyviin tähän, tulokset näkyvät myös laskennan jälkeen jolloin niitä pystyy vertailemaan saatuihin tuloksiin.

Valitse kohdettasi kaksasäde

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 35

DWG- tai DXF- tiedoston tuonti

- Tuo CAD-pohjakuva aloitusnäkyvästä käyttämällä avustajaa tai ohjelman ollessa käynnissä
 - "File" -> "Import" -> "CAD plan..."

Etsi pohjakuva

Pohjakuva näkyvät tasot

Mitta-asteikko

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 36

DWG- tai DXF- tiedoston tuonti

Pohjakuva kuma ja asento

Kuvan sijainti origon keskitettynä

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 37

Taustakuvan tuonti

- Jos CAD kuvaa ei ole saatavilla pohjalle voi asettaa normaalin kuvan huoneen pohjan piirtämistä varten "File" - "Import" - "Background image"

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 38

Huoneen piirtäminen

- "Uusi projekti" antaa valmiin huoneen, jota voit muokata liikuttelemalla sen ääriiviä
- "Avustajalla" aloitettu kuva antaa sinun itsesi piirtää huoneen. Hiiren vasemmalla painikkeella annat huoneeseen kulmapisteitä pohjakuvaan mukaan, jonka jälkeen paina "Enter" lopettaaksesi piirtämisen.
- Ohjelma kysyy huoneen tiedot tämän jälkeen.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 39

Perus huone

Huone valittuna paina punaista pistettä LHY VESTI hiiren vasemalla napilla, älä vedä. Tämän jälkeen liikuta hiirtä muutaaksesi huoneen kokoa, lopeta esimerkiksi enterillä.

Tarkemmin laskennan saavattamiseksi kannattaa jokaisesta huoneesta tehdä omat alueet. Samassa projektissa voi olla useita huoneita.

Kohteen voi myös tehdä väliseiniä käyttäen

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 40

Itse piirretty huone

Valikosta löytyy erilaisia toimintoja helpottamaan huoneen piirtämistä pohjakuvaan avulla.

Lisäksi kumia huoneeseen valitsee huoneen seinä aktiiviseksi ja käytä oikeavälissä yhäsiellä olevasta painikkeesta.

Tai paina hiiren oikeaa napia ja valitse "Edit polygon" ja "Add vertex"

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 41

Kaltevan katon tekeminen

Tee tämä ennen objektien lisäystä!

Kaksoisklikkaa "Room structure"

Valitse "Convert into polygonal room" ikkuna on harmaana, jos huone on jo muunneltu.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 42

Kaltevan katon tekeminen

Ohjelma saattaa kysyä huoneen piirtämisen jälkeen (Piirtäminen lopetetaan painamalla "Enter") asetaanko muoto syyvyys vai korkeus akselille, jos haluat kaltevan katon valitse 'x' tai jos huoneen muoto on monimukainen valitse silloin 'Z'. Huoneen muokaus on "joko tai" periaatteella.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 43

Katon muokkaaminen

Aseta lattioon tulevia kulmapisteitä

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 44

Katon muokkaaminen

3D näkymässä voit muokata kattoa

Aktiiviset piste ja paina lyhyesti joko vihreää tai sinistä muotta tai punaista neidistä, liikuta tämän jälkeen hiirtä valittuun suuntaan.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 45

Pintojen muokkaaminen

Valittuna "Scene" välilehti

Lähtö katto seinä

Lisänta alue

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 46

Pintojen muokkaaminen

Uusi materiaali lisätään elementtiin avaa seuravaan ikkunaan.

Sisä- ja ulkopintojen materiaali ja väri

Lopeta painamalla "OK"

Lisää uusi väri ja kuvio pinnalle, "Add" ja "Exchange..." avaa Reluxin kuituksen materiaali kirjaston, jossa materiaalit eivät toimi kunnolla säteenseurauks-toiminnon kanssa.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 47

Käyttöalue

HUOMI! Avataksesi kuituksen käytä puun ensimmäistä ikkuna

Muutaaksesi lähtö kuvassa punaisena näkyvä laskenta-alue, paina hiiren oikeaa napia ja "lock"

"Hide" piilottaa alueen näkyvistä, mutta on silti toiminnassa

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 48

Ikkunat ja ovet

Valitse ovi tai ikkuna ja vie hiiri huoneen seinään, voit myös lisätä ikkunan keskelle huoneesta jolloin se muuttuu kattoikkunaksi, kokoa voi muokata jälkikäteen.

Lisätyt objektit tulevat näkyviin "Scene" puuhun

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 49

Objektin koon muuttaminen ja liikuttaminen

Hiirtä liikuttaessa kappaleita muotoa muuttamasta painamalla lyhyesti hiiren vasemmalla napilla pitää nuoliviiva valittuissa kappaleissa, nuoli osoittaa mitä akselilla pitäisi kappaleita voi siirtää

Kappaleen muotoa voit muuttaa painamalla lyhyesti punaista palloa hiiren vasemmalla napilla ja liikuttamalla tämän jälkeen hiirtä

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 50

Tarkastelu

3D näkymässä voit tarkastella huoneita ulko- ja sisäpuolelta painamalla hiiren oikeaa napia ja valitsemalla "Exterior view" on/off

TAMK TAMPEREEN AMMATTIOPISTOAKADEMI Juhani Nieminen 51

Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 4 (6)

Sisäseinät

Paina pohjassa ja valitse "Partition wall".
Rakennus voi tehdä myös tästä, mutta ilman CAD-avustajaa.
Saat helposti vaihteina aikaiseksi väliseinä-toiminnolla kun taustalla on CAD-pohjakuva.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 52

Sisäseinät

Avustajaa käytettäessä hiiren vasempaan painikkeeseen tulee toiminto joka maalaaseinät joita klikkaat, paina vain seinän keskiosaa. Kun olet valmis paina "Enter".
Loppupuolta voit jättää tarkastella 3D näytössä.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 53

Boolean group

- Eli totuusarvomuuuttajaryhmä-toiminto, antaa mahdollisuuden muokata objekteja kahdella tai useammalla erillisellä objektilla, muuttamalla halutut näistä näkymättömäksi. Tällä saadaan esimerkiksi seinään ovi- ja ikkuna-aukkoja.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 54

Boolean group

Voit valita eri objekteja painamalla pikäänä tästä.
Lusataan valitsemaan keskelle jokin esine, esimerkiksi suutio.
Valitse "scene" puolesta tämän jälkeen molemmat esineet painamalla Ctrl ja hiiren vasenta. Paina sen jälkeen hiiren oikeaa väliä esineen päällä ja valitse "Create Boolean group" ja "Difference". Tässä tapauksessa valitse ensin "Partition wall", sen jälkeen "Cube" tai aukko et toimi oikein.
Loppupuolta.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 55

Boolean group

Eri vaihtoehdot antavat erilaisen lopputuloksen.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 56

Huonekalut

Lisää huonekaluja ja muita objekteja kohdassa "3D objects / Furniture" ja "Add", tämä avaa kirjaston, josta voit valita huonekaluja projektisi hakemistoon. Tästä voit helposti asettaa huonekaluja CAD-aiheelle.
Kirjastossa on 3D kuvat kaikista tavaroista.
Tavaran kohdalla paina "Accept" niin se tulee projektin hakemistoon.
Aseta huonekalut oikeille paikoilleen 2D tilassa ja muokkaa korkeuksia 3D tilassa.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 57

Tavaroiden asetukset

Valitse huonekalu ja paina hiiren oikeaa, "Properties" avaa asetussivun.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 58

Laskentapinnat

"Objects" -> "Measuring elements".
Aseta työtasolle laskentapinta valaistuslaskentaa varten.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 59

Laskentarasteri

Valitse laskenta-alue alttiinäkvi ja oikean hiiren napin takaa "Properties" -> "Calculation".
Ohjelma laskee synterivalaistuksen ja veakatosvalaistuksen laskentapinnalle, niiden summeista saadaan lasketta muodonmuoto.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 60

Valaisimien lisäys

Valitse valmistaja ja aseta suodatin minkälaisia valaisimia olet etsimässä.
"Objects" tai "Insert" välilehdellä lisää valaisimia.
"Add" avaa valaisinvaihtajien kirjaston.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 61

Valaisimen valinta

Valaisimet näkyvät tässä.
Suodatin rajaa tarjontaa, jolloin on helpompi valita etsimäsi valaisin.
Valaisimen tiedot näkyvät tässä.
Kuva valaisimesta sekä valonjakokäyrä.
Paina "Add" -> lisätäksesi valitsisi omaan kirjastoon. Lopeta painamalla "OK".

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 62

Valaisimien lisäys huoneeseen

Tekemäsi kirjasto näkyy tässä, voit valita valaisimen ja asettaa mitä sen jälkeen CAD-aiheelle.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 63

Sijoita valaisimia alueeseen

Sijoita yksi valaisin haluttuun kohtaan, valitse valaisin ja paina hiiren oikeaa, "Create group" -"Row".
Hiireen ilmestyvä toiminto joka antaa piirtää alueen tai suunnan mihin valaisimia asetetaan.
Alueen jälkeen ohjelma kysyy montako valaisinta laitetaan alueelle.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 64

Valaisimien suuntaus

Tämä näyttää kaikkien valaisimien suunnan.
Tämä toiminto kääntää haluttua valaisinta.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 65

Valonjakuma

LDC toiminto näyttää valon jakautumisen 3D huoneesta.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 66

Kamera ja video

Aseta kuvakulmia ja kamerasiikkiminen. Ohjelma asettaa kamerasiikkimisen oletuksena siihen kohtaan, josta siitä heksaali katselee huoneesta. Kamera voi kuvata videon joka tallennetaan tietokoneelle erillisiksi tiedostoksi.
Aikajanello voit seurata kamerasiikkimistä.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 67

Kameran liikerata

3D kuvassa aseta kuvanaukku haluttuun suuntaan, paina tämän jälkeen "New animation".
Esine huoneesta vähän maitaa kohdistaa kuvakulma haluttuun suuntaan ja paina "Ctrl" ja välilyönti samanaikaisesti, tai paina jarrua vasemmassa reunassa olevaa "stop" appia.
Tämä toiminto asettaa jarrulle pieniä poikkeusviivoja ja tekee siirtäytävien viivan, jota pitkin kamera kulkee.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 68

Päivänvalo toiminnot

Valikoista "Calculation" -> "Economics" -> "Daylight" voi asettaa seuraavilla ditolla näkyvät arvot.

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Nieminen 69

Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 5 (6)

Päivänvalo toiminnot

Defaults
 Työajan ja lomien asetukset
 Auringon kirkkauskäytön asetukset

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 70

Päivänvalo toiminnot

Sun probability
 Auringon mahdollisuus oleskeluväessä 40 kaikkissa

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 71

Päivänvalo toiminnot

Lighting installation
 Valaisimien määrä ja keskeinen valonvotomäärä
 Auringon kirkkauskäytön lukeina

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 72

Päivänvalo toiminnot

Calculation manager
 Valitse haluttu toiminto aktiiviseksi, asetukset tulevat näkyviin puolesta sivulta
 Ohjelma laskee keinovalon sekä päivänvalon
 Auringonkorkeus käyrä
 Vivaldi on maksullinen lisäosa, jossa pystyy säätämään valaisimien ja valonväriä
 Saadaksesi näyttävän sisävalon tulokset pitää laskea moneen kertaan vaihtamalla eri aikoja auringonvalon muuttamiseksi

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 73

Huoltokerroin

Maintenance factor
 Huoltokerroin on määriteltävä laskenta-asetuksista, ohjelmassa on myös avustaja huoltokerroin määrittämiseen
 Valitse avustaja tästä

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 74

Huoltokerroin

Environment
 Ympäristön likaisuus
 Valaisimien tiedot
 Lampun tiedot

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 75

UGR

UGR
 Aseta UGR katsija haluttuun paikkaan muuttamalla lukua normaalit väliä (-10,000-10,000)
 Aseta kolme jonon katsija katsoo
 Valitse keinovalaistus ja glare rating väliaste
 UGR katsija kävelee pienen matkan tai hämmäskähtää
 Katsija voi olla myös paikallaan kun tämä on off

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 76

UGR

- UGR-arvoa ei voida tehdä kaikissa tapauksissa. Jos jokin näistä ehdoista ei täyty, UGR-arvo ei näy tuloksissa.
 - Huoneen pitää olla suorakaide tai lähellä sitä
 - Vain yhtä valaisintyyppiä voidaan käyttää
 - Huoneessa pitää olla käyttötaso eli punainen alue, josta ohjelma laskee valaistuksen
 - Valojen pitää olla käyttötason yläpuolella samalla korkeudella toisiinsa +/- 5 cm
 - Valot pitää asettaa huoneen sisäpuolelle, muuten keinovalon laskenta ei ole mahdollinen
 - Valojen pitää olla sopivat UGR laskentaan, esimerkiksi yhdistelmä valoja, joissa on useita valopisteitä ei täytä tätä kriteeriä (Relux manual, 87)

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 77

Kustannukset

Costs
 Kustannuksia voi arvioida jos tiedetään valaisimien ja asennuksen hinta, ohjelma laskee myös huoltoajat ja energia kustannukset

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 78

Loppulaskenta ja tarkistukset

Calculation manager
 Kun kohde alkaa valmistua, paina "Tarkista huone" ja siirrä laskenta
 Tarkista huone auttaa ohjeista, jotka ovat laskenta alueella
 Jos et halua jättää asiaa paina "Skip", muussa tapauksessa "Cancel"

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 79

Tarkista huone

Check room
 Joskin materiaalit ja pinnat eivät saattavat estää "Raytracing" säteilylaskentaa

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 80

Laskenta prosessi

Calculation progress
 Laskenta voi kestää useita minuutteja, riippuen huoneen koosta, valaisimien ja ikkunoiden määrästä, peilipinnoista sekä päivänvalo toiminnasta

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 81

Tulokset

Results
 Laskelman jälkeen voit tarkistaa lukujärjestystä "Output" välilehdestä

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 82

Tulokset

Results
 Standardien asettamat vaatimukset näkyvät täällä
 UGR-arvo näkyy vain luonnollisissa kohteissa

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 83

Tulokset

Results
 Eri tuloksia voit valita myös tästä pelikista, tulokset tulevat jokaisesta laskentapinnasta erikseen
 Valaistusvoimakkuusasteikko, jossa punainen on hämärää ja sininen on kirkasta

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 84

Tulokset

Results
 Tulokskäytöt käytössä

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 85

Tulokset

Results
 3D-näkymä valot pois

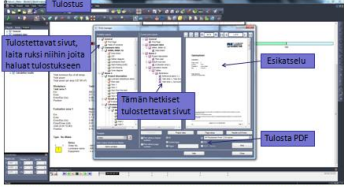
TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 86

Tulokset

Results
 3D-näkymä valot päällä

TAMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhana Hiltunen 87

Liite 1. Relux-valaistuslaskentaohjelman käyttöohje 6 (6)

Tulostus	PDF-tulostus
 <p>Tulostus</p> <p>Tulostettavat sivet, joihin ruksi mihin josta haluat tulostukseen</p> <p>Tämän hetkiset tulostettavat sivet</p> <p>Eskateleu</p> <p>Tulosta PDF</p> <p>LMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Hänninen 58</p>	<p>PDF-tulostus</p> <ul style="list-style-type: none"> Jos PDF-tulostus ei toimi, yritä seuraavaa: Reluxilla on havaittu joissakin versioissa ongelmia PDF-tulostuksessa. Tämä voidaan helposti korjata ajamalla install.bat tiedosto, joka löytyy ohjelman asennuspaikan print kansiota. Windows 7 käyttöjärjestelmän käyttämä polku on vakiona .../Programfiles(x86)/ReluxSuite/print/install.bat. Tiedoston ajaminen vaatii järjestelmänvalvojan käyttöoikeudet. Hyväksy palomuurin mahdollisesti kysymät kysymykset. <p>LMK TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU Juhani Hänninen 58</p>

Liite 2. Alenemakertoimet

Tyypillisiä alenemakertoimen arvoja keskikokoisessa huonetilassa puhtausluokka huomioon ottaen (CIE 97:2005, 16)

Table 4.1. Typical set of MF values for a medium sized room and the various lamp and luminaire type combinations.

Lamp type	Incandescent halogen				Compact fluorescent				HF with pre-heat fluorescent linear tri-phosphor				Metal halide (250/400 W)				High pressure sodium (250/400 W)						
	VC	C	N	D	VC	C	N	D	VC	C	N	D	VC	C	N	D	VC	C	N	D			
Environment																							
Luminaire																							
Type	DFF																						
A	0,5	0,87	0,80	0,70	0,59	0,81	0,75	0,66	0,55	0,82	0,76	0,66	0,56	0,79	0,74	0,64	0,54	0,86	0,80	0,69	0,59		
B	0,5	0,86	0,78	0,73	0,59	0,80	0,73	0,64	0,55	0,81	0,74	0,64	0,56	0,79	0,71	0,62	0,54	0,85	0,77	0,67	0,59		
C	0,0	0,87	0,79	0,69	0,61	0,81	0,74	0,65	0,57	0,82	0,75	0,66	0,58	0,79	0,73	0,63	0,56	0,86	0,79	0,69	0,60		
D	0,0	0,87	0,79	0,70	0,63	0,81	0,74	0,65	0,59	0,82	0,74	0,66	0,60	0,79	0,72	0,64	0,58	0,86	0,78	0,69	0,62		
E	0,0	0,88	0,84	0,77	0,70	0,83	0,79	0,72	0,66	0,84	0,80	0,73	0,67	0,81	0,77	0,70	0,64	0,88	0,83	0,76	0,70		
F	1,0	0,81	0,69	0,55	0,39	0,76	0,64	0,52	0,36	0,77	0,65	0,52	0,37	0,74	0,63	0,51	0,35	0,80	0,68	0,55	0,38		
G	0,0	0,92	0,88	0,82	0,76	0,86	0,83	0,77	0,71	0,87	0,94	0,78	0,72	0,84	0,81	0,75	0,70	0,91	0,87	0,81	0,75		

This table is based on the following assumptions:
 medium sized room (k 2,5) with reflectance 70/50/20 for ceiling, walls and floor respectively;
 cleaning intervals of lamps and luminaires – 1 year;
 cleaning intervals of room surfaces – 6 years;
 failed lamps are spot replaced;
 bulk re-lamping intervals (burning hours) incandescent halogen 2000 hours (LLMF 0,95);
 compact fluorescent 6000 hours (LLMF 0,89);
 HF fluorescent linear 15000 hours (LLMF 0,90);
 metal halide 4000 hours (LLMF 0,87);
 high pressure sodium 20000 hours (LLMF 0,94).

Liite 3. Valaisinvalmistajat 1 (3)

Kotisivut on tarkastettu 22.9.2013.

Advanced Light Source A.L.S
<http://www.als.lbl.gov/>

AEC illuminazione
<http://www.aecilluminazione.com/>

ALTO
http://www.alto.co.kr/A_ENG/

Ansorg
<http://www.ansorg.com/en/ansorg.htm>

Aurora
<http://gb.auroralighting.com/>

Bel lighting
<http://www.bel-lighting.com/>

Belux
<http://www.belux.com/en/>

BÄRO (suomalainen kotisivu)
<http://www.baro.fi/>

Cooper Lighting
<http://www.cooperindustries.com/content/public/en/lighting.html>

Delta Light
<http://www.deltalight.com/#/home/>

Durlum
<http://www.durlum.de/E/index.shtml>

ERCO
<http://www.erco.com/homepage/start/en>

Fluora
<http://www.fluora.ch/>

Franklite
<http://www.franklite.net/>

Glamox Luxo Lighting
<http://glamox.com/fi/about-glamox-luxo>

Hacel
<http://www.hacel.net/>

Hellux
<http://www.hellux.de/EN/home/>

Klemko (relux database ei toimi)
<http://www.klemko.nl/en>

Lanzini
<http://www.lanzini.it/?synSiteLang=2>

LICHT + RAUM
<http://www.lichtraum.ch/>

LTS
<http://www.lts-light.eu/home.html>

Lumis
<http://www.performanceinlighting.com/eng/>

Mizar
<http://www.mizarlighting.com/>

Noral
<http://www.noral.se/?lang=eng>

NORKA
<http://www.norkalighting.com.au/>

Occhio
<http://www.occhio.de/en>

Oktalite
<http://www.oktalite.com/en/>

Oligo
<http://www.oligo.de/en.html>

Orlight
<http://www.orlight.com/>

OSRAM (suomalainen kotisivu)
http://www.osram.fi/osram_fi/

Philips Lighting (suomalainen kotisivu, Relux vaatii Plug-in ohjelman)
<http://www.lighting.philips.fi/>

Liite 3. Valaisinvalmistajat 2 (3)**Pracht**

<http://www.prachtgroup.com/en/light/home/>

PRISMA

<http://www.performanceinlighting.com/eng/>

Prolicht

<http://www.prolicht.at/pages.aspx?pageid=216>

Prolumia

<http://www.prolumia.cz/>

Regent

<http://www.regent.ch/typo3/en.html>

Regiolux

<http://www.regiolux.de/Start.do;jsessionid=CD0F46EEA4ABEC5C5239DE02431DDEC8?localeId=en>

Ribag

<http://www.ribag.ch/>

Ridi

<http://www.ridi.de/?id=&L=1>

RUCO LICHT

http://www.rucolicht.de/dsp-event.get_page.aktuell_lang.2.html

RZB

<http://www.rzb.de/en/>

SBP

<http://www.sbp-pil.com/english/>

Schmitz-Leuchten

<http://www.schmitz-leuchten.de/html-en/aktuelles-news.php>

Selux

<http://www.selux.de/>

Side

<http://www.sidespa.it/light/index.php?lang=eng>

SILL GMBH

<http://www.sill-lighting.com/en/>

SIMES (Fagerhult)

<http://www.simes.it/en/index.php>

Siteco

<http://www.sla.net.au/brands/siteco>

SLV

<http://www.slv.de/>

SPITTLER

<http://www.spittler.de/>

Steinel

<http://www.steinel.net/RelId/33637/ISvars/default/Home.htm>

Systemtechnik

<http://www.lighting1.com/>

Sécurlite

<http://www.securlite.com/home>

Targetti Poulsen

<http://www.targetti.com/>

Thorlux Lighting

<http://www.thorlux.com/>

TOBIAS GRAU

http://www.tobias-grau.com/aktuell_0/index.html?

Toshiba

<http://www.toshiba.com/lighting/>

TRILUX

<http://www.trilux.com/en/trilux-group/>

Liite 3. Valaisinvalmistajat 3 (3)

Tulux

<http://www.tulux.ch/en/>

Vossloh-Schwabe

<http://www.vossloh-schwabe.com/en/home.html>

Waldmann

<http://www.waldmannlighting.com/>

WASCO

<http://www.wascoskylights.com/>

XAL

<http://www.xal.com/cms/cms.php>

Zenia

<http://www.zenialighting.com/>

Zobra

<http://zorbalites.com/>

Zumtobel

<http://www.zumtobel.com/com>

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 1 (12)

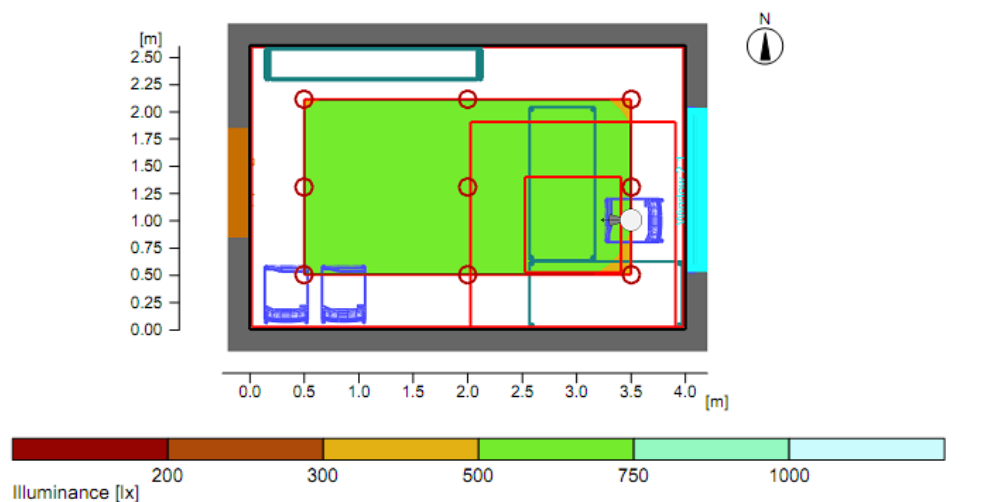
Reluxin toimistotilan lopputulosten yhteenveto. Huonekuvasta näkee valon vaihtelevuuden värikoodein. Yhteenvedosta näkee myös UGR-katsojan suunnan ja työ- ja käyttötason valaistusarvot sekä suluissa standardin määrittämät vaaditut arvot.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX®
 light simulation tools

2.1 Summary, Room 1

2.1.2 Result overview, Evaluation area 1



General

Calculation algorithm used	Average indirect fraction
Height of luminaire plane	2.80 m
Maintenance factor	0.80
Total luminous flux of all lamps	8109 lm
Total power	117.0 W
Total power per area (10.40 m ²)	11.25 W/m ² (1.94 W/m ² /100lx)

Workplace

Task area 1

User profil

	Task area	Surrounding	Background
Em	567 lx (>= 500 lx)	503 lx (>= 300 lx)	582 lx (>= 100 l)
Emin	500 lx	302 lx	526 lx
Emin/Eav (Uo)	0.88 (>= 0.60)	0.60 (>= 0.40)	0.90 (>= 0.10)
Position	0.85 m		0.85 m

Evaluation area 1

User profil: Offices

5.26.2 Writing, typing, reading, data processing (Ra >80.00)

	Reference plane 1.1	
Em	579 lx (>= 500 lx)	cylindrical 311 lx
Emin	516 lx	267 lx
Emin/Eav (Uo)	0.89 (>= 0.60)	0.86
Emin/Emax (Ud)	0.83	

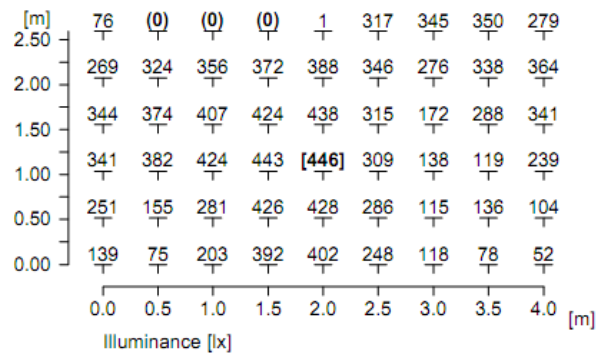
-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 2 (12)

Lattian valaistusvoimakkuus.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX[®]
 light simulation tools

2 Room 1**2.2 Calculation results, Room 1****2.2.1 Table, Floor (E)**

Average illuminance	Eav	: 264 lx
Minimum illuminance	Emin	: 0 lx
Maximum illuminance	Emax	: 446 lx
Uniformity U _o	Emin/Eav	: 1 : 21039.83 (0.00)
Diversity U _d	Emin/Emax	: 1 : 35594.70 (0.00)

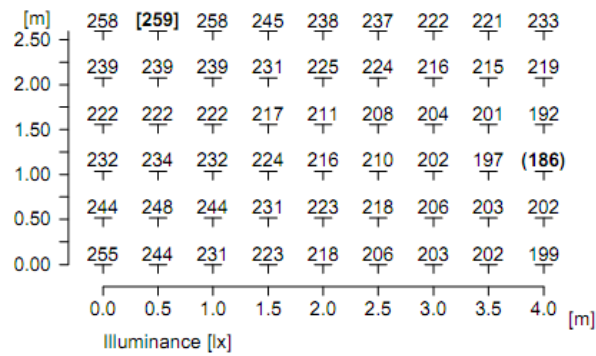
-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 3 (12)

Katon valaistusvoimakkuus.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX[®]
 light simulation tools

2.2 Calculation results, Room 1**2.2.2 Table, Ceiling (E)**

Average illuminance	Eav	: 223 lx
Minimum illuminance	Emin	: 186 lx
Maximum illuminance	Emax	: 259 lx
Uniformity U ₀	Emin/Eav	: 1 : 1.20 (0.83)
Diversity U _d	Emin/Emax	: 1 : 1.39 (0.72)

-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 4 (12)

Seinän nro. 1 valaistusvoimakkuus.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX[®]
 light simulation tools

2.2 Calculation results, Room 1**2.2.3 Table, Wall No. 1 (E)**

[m]	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
2.50	144	227	202	202	230	212	222	259	192
2.00	278	406	295	298	413	312	318	[443]	303
1.50	321	325	302	317	358	339	338	373	315
1.00	245	239	249	288	313	318	302	286	258
0.50	(40)	81	113	230	293	297	122	91	164
0.00	84	96	121	182	297	290	141	92	81
	Illuminance [lx]								

Average illuminance	Eav	: 246 lx
Minimum illuminance	Emin	: 40 lx
Maximum illuminance	Emax	: 443 lx
Uniformity U _o	Emin/Eav	: 1 : 6.08 (0.16)
Diversity U _d	Emin/Emax	: 1 : 10.96 (0.09)

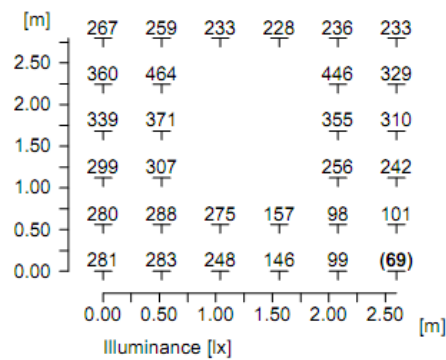
-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 5 (12)

Seinän nro. 2 valaistusvoimakkuus.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX[®]
 light simulation tools

2.2 Calculation results, Room 1**2.2.4 Table, Wall No. 2 (E)**

Average illuminance	Eav	: 248 lx
Minimum illuminance	Emin	: 69 lx
Maximum illuminance	Emax	: 433 lx
Uniformity U _o	Emin/Eav	: 1 : 3.58 (0.28)
Diversity U _d	Emin/Emax	: 1 : 6.23 (0.16)

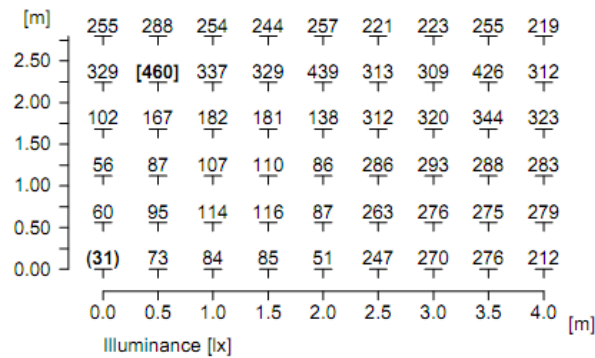
-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 6 (12)

Seinän nro. 3 valaistusvoimakkuus.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX®
 light simulation tools

2.2 Calculation results, Room 1**2.2.5 Table, Wall No. 3 (E)**

Average illuminance	Eav	: 223 lx
Minimum illuminance	Emin	: 31 lx
Maximum illuminance	E _{max}	: 460 lx
Uniformity U _o	E _{min} /E _{av}	: 1 : 7.12 (0.14)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	: 1 : 14.72 (0.07)

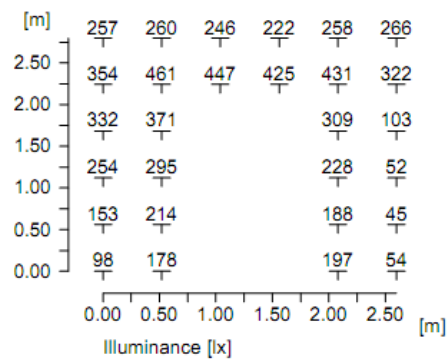
-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 7 (12)

Seinän nro. 4 valaistusvoimakkuus.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX[®]
 light simulation tools

2.2 Calculation results, Room 1**2.2.6 Table, Wall No. 4 (E)**

Average illuminance	Eav	: 249 lx
Minimum illuminance	Emin	: 46 lx
Maximum illuminance	E _{max}	: 440 lx
Uniformity U ₀	E _{min} /E _{av}	: 1 : 5.47 (0.18)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	: 1 : 9.66 (0.10)

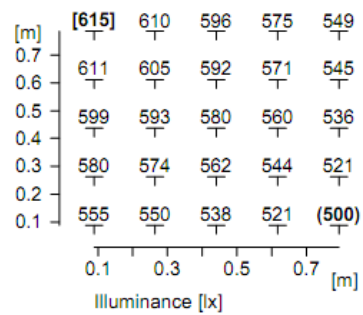
-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 8 (12)

Työalueen valaistusvoimakkuus.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX®
 light simulation tools

2.2 Calculation results, Room 1**2.2.8 Table, Task area 1 (E)**

Height of the reference plane		: 0.85 m
Average illuminance	Eav	: 567 lx
Minimum illuminance	Emin	: 500 lx
Maximum illuminance	Emax	: 615 lx
Uniformity U _o	Emin/Eav	: 1 : 1.13 (0.88)
Diversity U _d	Emin/Emax	: 1 : 1.23 (0.81)

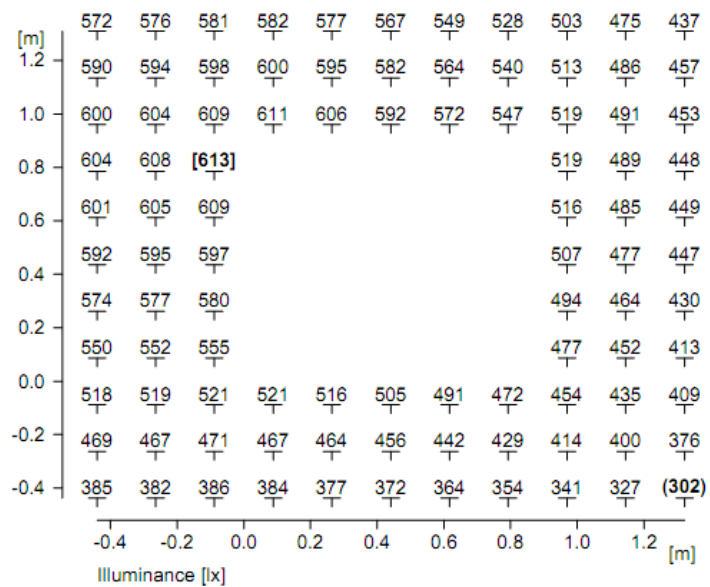
-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 9 (12)

Lähiympäristön valaistusvoimakkuus.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX[®]
 light simulation tools

2.2 Calculation results, Room 1**2.2.9 Table, Task area 1, Surrounding (E)**

Height of the reference plane		: 0.85 m
Average illuminance	Eav	: 503 lx
Minimum illuminance	Emin	: 302 lx
Maximum illuminance	Emax	: 613 lx
Uniformity Uo	Emin/Eav	: 1 : 1.67 (0.60)
Diversity Ud	Emin/Emax	: 1 : 2.03 (0.49)

-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 10 (12)

Reluxin laskentapinta, jota käytettiin vastaamaan DIALuxin laskentarasteria.

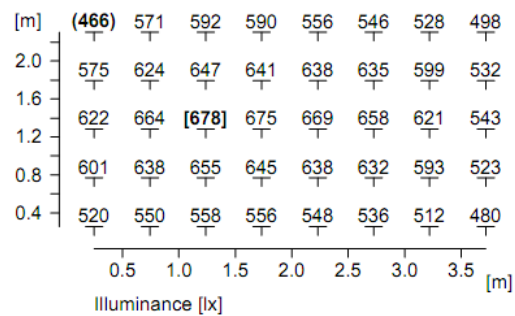
Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX[®]
 light simulation tools

1 Room 1

1.1 Calculation results, Room 1

1.1.1 Table, Measuring area 1 (E)



Height of the reference plane		: 1.20 m
Average illuminance	Eav	: 589 lx
Minimum illuminance	Emin	: 466 lx
Maximum illuminance	Emax	: 678 lx
Uniformity U _o	Emin/Eav	: 1 : 1.26 (0.79)
Diversity U _d	Emin/Emax	: 1 : 1.45 (0.69)

-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 11 (12)

Laskentapinta, jossa on laskettu pystysuora valaistusvoimakkuus.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX[®]
 light simulation tools

1.1 Calculation results, Room 1

1.1.2 Table, Measuring area 1 (Ev, North (0°))

[m]	240	236	(221)	239	276	267	301	316
2.0	388	377	301	386	394	323	410	413
1.6	328	322	309	323	330	325	333	296
1.2	416	415	344	413	416	348	401	366
0.8	416	415	344	413	416	348	401	366
0.4	[447]	429	360	421	420	354	402	394
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	[m]

Vertical illuminance
 Height of the reference plane : 1.95 m
 from direction : North (0°)
 Average illuminance Eav : 350 lx
 Minimum illuminance Emin : 221 lx
 Maximum illuminance Emax : 447 lx
 Uniformity Uo Emin/Eav : 1 : 1.58 (0.63)
 Diversity Ud Emin/Emax : 1 : 2.02 (0.49)

-please put your own address here-

Liite 4. Relux toimistotilan tulokset 12 (12)

Laskentapinnalta laskettu sylinterivalaistusvoimakkuus.

Object : Opinnäytetyö
 Installation :
 Project number : 2
 Date : 26.09.2013

RELUX[®]
 light simulation tools

1.1 Calculation results, Room 1**1.1.3 Table, Measuring area 1 (Ec)**

[m]	(218)	259	281	275	268	286	272	233
2.0	230	276	301	295	304	323	297	252
1.6								
1.2	252	301	329	320	328	[348]	313	252
0.8	253	294	317	306	312	329	298	245
0.4	243	271	285	279	281	290	270	230
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
								[m]

Cylindrical illuminance		
Height of the reference plane		: 1.20 m
Average illuminance	Eav	: 283 lx
Minimum illuminance	Emin	: 218 lx
Maximum illuminance	E _{max}	: 348 lx
Uniformity U _o	E _{min} /E _{av}	: 1 : 1.30 (0.77)
Diversity U _d	E _{min} /E _{max}	: 1 : 1.60 (0.63)

-please put your own address here-

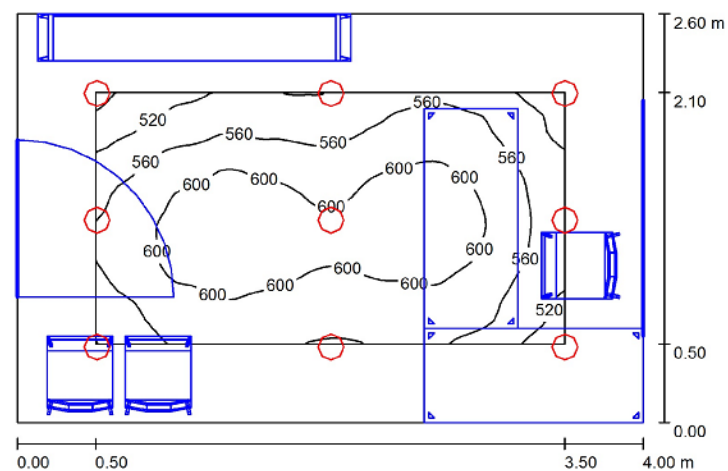
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 1 (10)

DIALux toimistotilan tulosten yhteenveto, josta näkee tärkeimpien pintojen valaistusvoimakkuudet ja tasaisuudet. Huonekuvasta näkee käyttötason valaistuksen vaihtelut.

Projekt 1 **DIALux**
30.10.2013

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Toimisto / Valaistustilanne 1 / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.800 m, Asennuskorkeus: 2.892 m, Huoltokerroin: 0.80 Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:34

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	575	471	629	0.818
Lattia	83	329	22	486	0.067
Katto	90	256	203	341	0.794
Seinät (4)	75	303	0.83	546	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 64 x 32 Pisteet
Reuna-alue: 0.500 m

Luettelo valaisimista

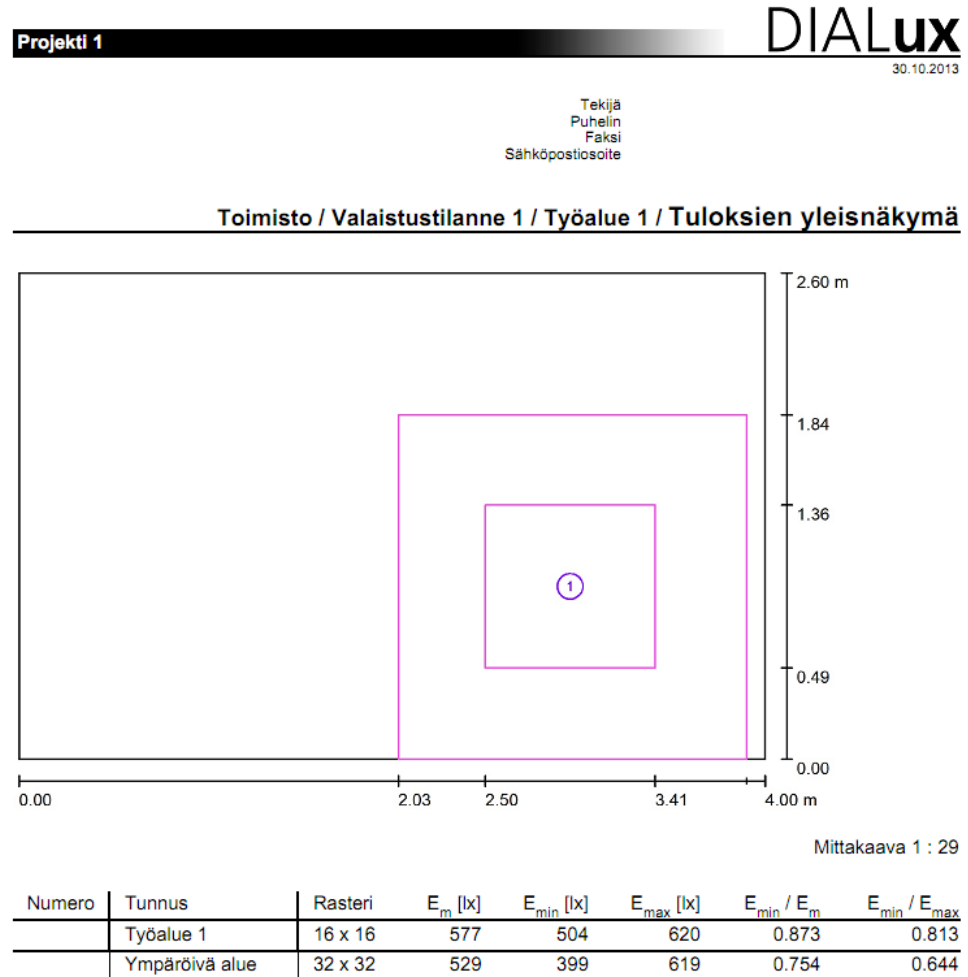
Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	9	PHILIPS BBS480 1xLLED-3000 +ZBS480 SG-FRC (1.000)	901	901	13.0

Yhteensä: 8109 Yhteensä: 8109 117.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $11.25 \text{ W/m}^2 = 1.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 10.40 m^2)

Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 2 (10)

DIALux tulosten työtaso ja ympäröivä alue, näistä näkee työtason paikan huoneessa ja valaistusvoimakkuudet.

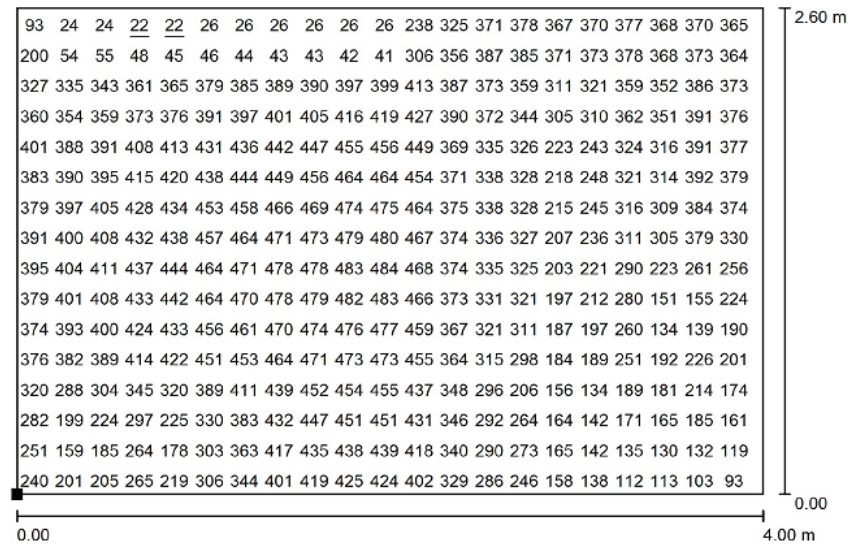


Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 3 (10)

Lattian valaistusvoimakkuus.

Projekti 1 **DIALux**
30.10.2013

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Toimisto / Valaistustilanne 1 / Lattia / Arvokaavio (E)

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 29

Kaikkia laskettuja arvoja ei voi esittää.

Pinnan sijainti tilassa:
Merkitty piste:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Rasteri: 64 x 64 Pisteet

 E_m [lx]
329

 E_{min} [lx]
22

 E_{max} [lx]
486

 E_{min} / E_m
0.067

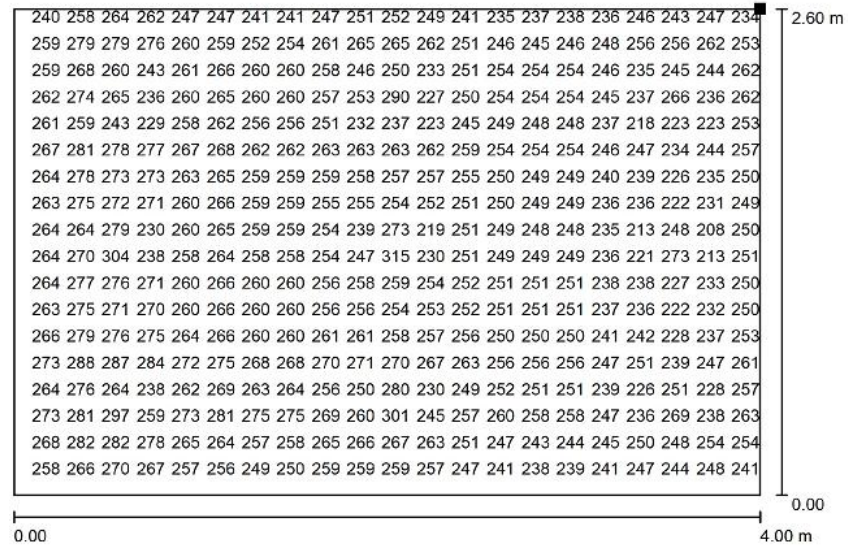
 E_{min} / E_{max}
0.045

Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 4 (10)

Katon valaistusvoimakkuus.

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Toimisto / Valaistustilanne 1 / Katto / Arvokaavio (E)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 29

Kaikkia laskettuja arvoja ei voi esittää.

Pinnan sijainti tilassa:
Merkitty piste:
(4.000 m, 0.000 m, 2.800 m)



Rasteri: 128 x 128 Pisteet

 E_m [lx]
256

 E_{min} [lx]
203

 E_{max} [lx]
341

 E_{min} / E_m
0.794

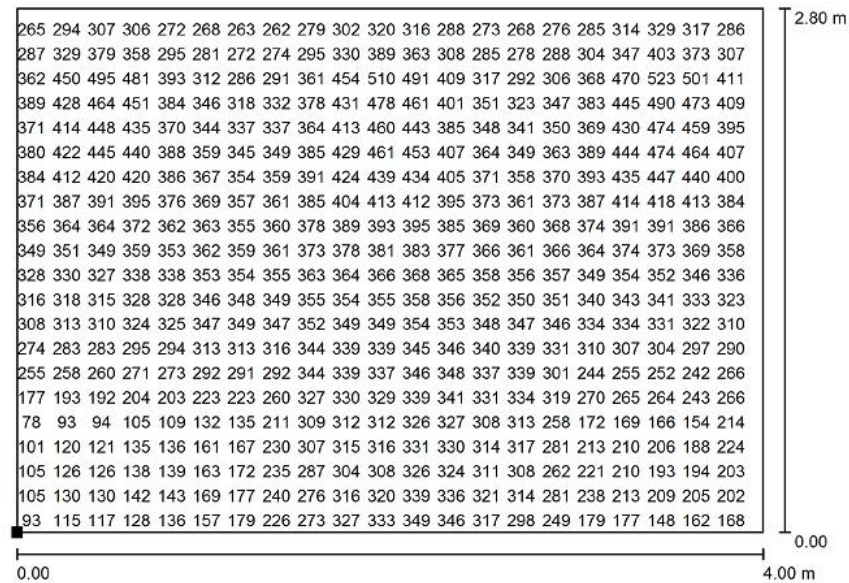
 E_{min} / E_{max}
0.595

Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 5 (10)

Seinä nro. 1 valaistusvoimakkuus.

Projekti 1 **DIALux**
30.10.2013

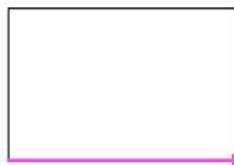
Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Toimisto / Valaistustilanne 1 / Seinä 1 / Arvokaavio (E)

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 29

Kaikkia laskettuja arvoja ei voi esittää.

Pinnan sijainti tilassa:
Merkitty piste:
(4.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Rasteri: 128 x 128 Pisteet

 E_m [lx]
319 E_{min} [lx]
72 E_{max} [lx]
532 E_{min} / E_m
0.225 E_{min} / E_{max}
0.135

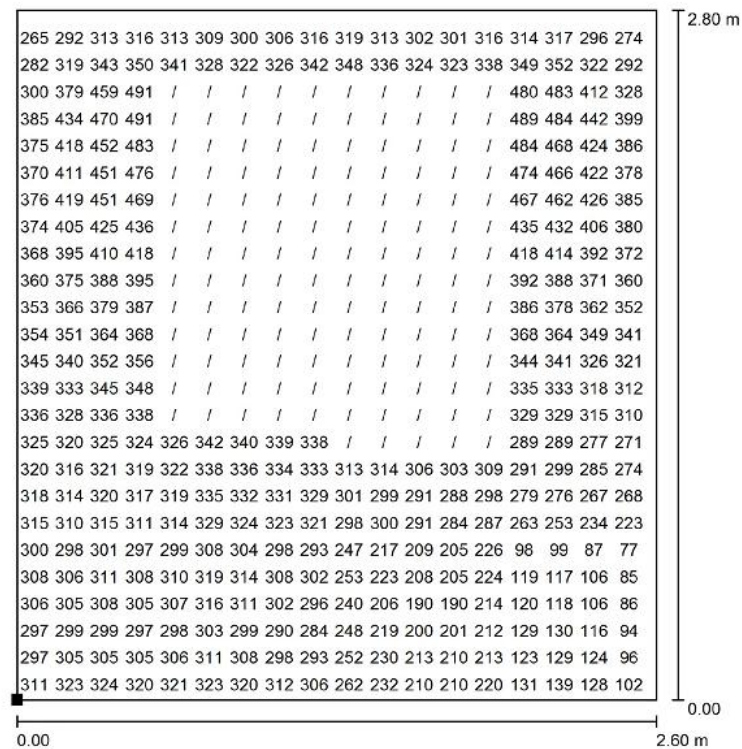
Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 6 (10)

Seinä nro. 2 valaistusvoimakkuus.



Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

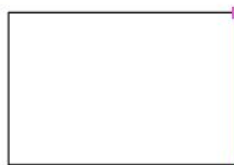
Toimisto / Valaistustilanne 1 / Seinä 2 / Arvokaavio (E)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 22

Kaikkia laskettuja arvoja ei voi esittää.

Pinnan sijainti tilassa:
Merkitty piste:
(4.000 m, 2.600 m, 0.000 m)



Rasteri: 128 x 128 Pisteet

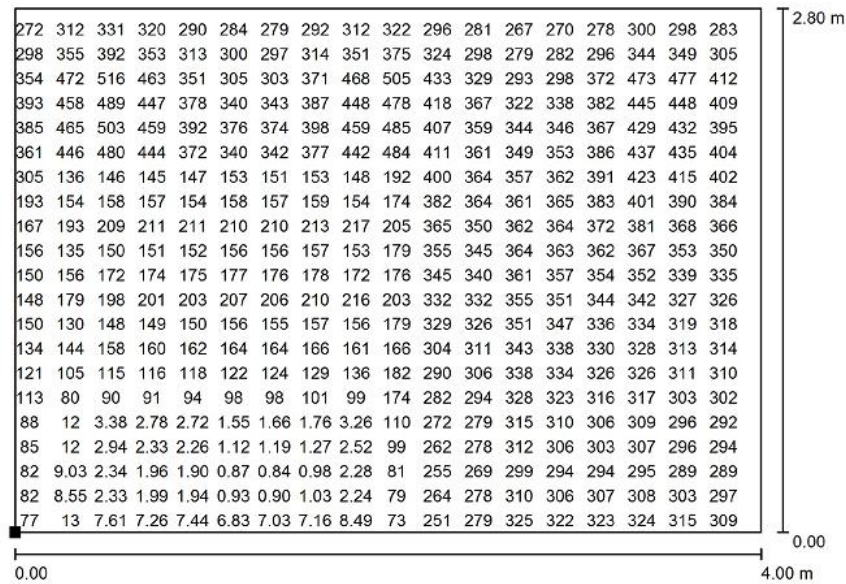
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
310	75	519	0.241	0.144

Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 7 (10)

Seinä nro. 3 valaistusvoimakkuus.

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Toimisto / Valaistustilanne 1 / Seinä 3 / Arvokaavio (E)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 29

Kaikkia laskettuja arvoja ei voi esittää.

Pinnan sijainti tilassa:
Merkitty piste:
(0.000 m, 2.600 m, 0.000 m)



Rasteri: 128 x 128 Pisteet

 E_m [lx]
260

 E_{min} [lx]
0.83

 E_{max} [lx]
546

 E_{min} / E_m
0.003

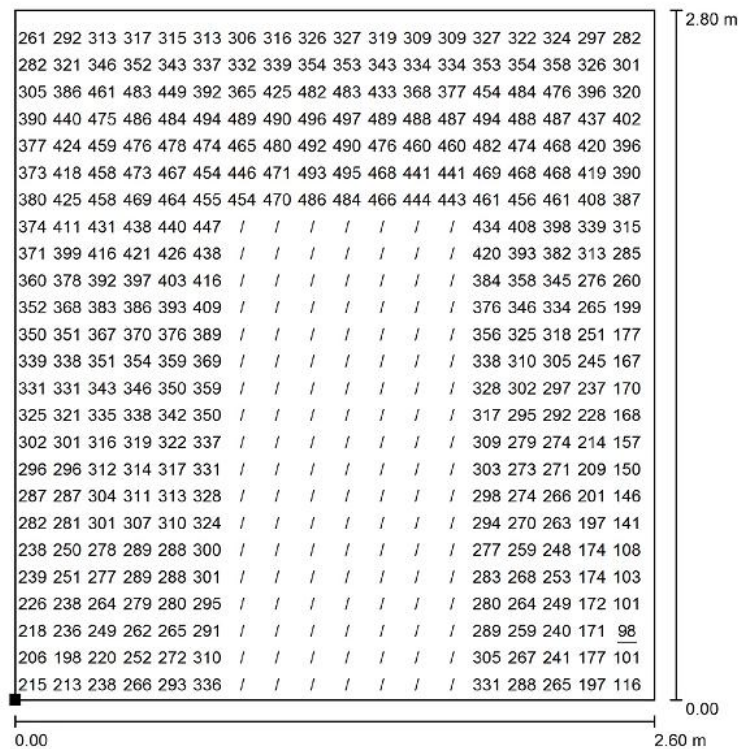
 E_{min} / E_{max}
0.002

Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 8 (10)

Seinä nro. 4 valaistusvoimakkuus.



Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Toimisto / Valaistustilanne 1 / Seinä 4 / Arvokaavio (E)

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 22

Kaikkia laskettuja arvoja ei voi esittää.

Pinnan sijainti tilassa:
Merkitty piste:
(0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Rasteri: 128 x 128 Pisteet

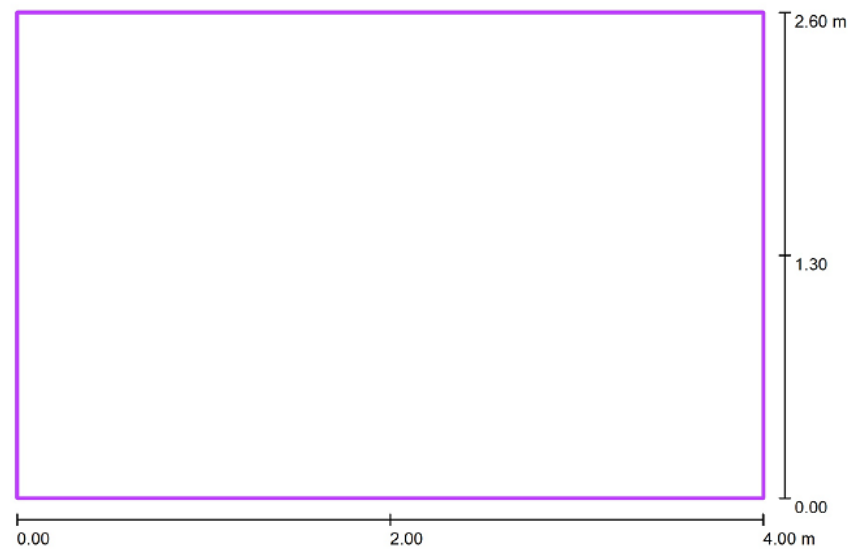
 E_m [lx]
338 E_{min} [lx]
98 E_{max} [lx]
523 E_{min} / E_m
0.289 E_{min} / E_{max}
0.187

Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 9 (10)

Laskentarasteri, josta näkee pystysuoran-, vaakatason- ja sylinterivalaistusvoimakkuuden.

Projekti 1 **DIALux**
04.11.2013

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Toimisto / Valaistustilanne 1 / Laskentarasteri 2 / Yhteenveto

Mittakaava 1 : 29

Sijainti: (2.000 m, 1.300 m, 1.200 m)
Koko: (4.000 m, 2.600 m)
Pyörahdyks: (0.0°, 0.0°, 0.0°)
Tyyppi: Normaali, Rasteri: 7 x 5 Pisteet

Tuloksien yleisnäkymä

Numero	Tyyppi	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	E_h m/ E_m	K [m]	Kamera
1	kohtisuora	573	411	677	0.72	0.61	/	0.000	/
2	horisontaalinen	573	411	677	0.72	0.61	/	0.000	/
3	pystysuora, 0.0°	279	129	361	0.46	0.36	2.05	0.000	/
4	syl.	381	327	438	0.86	0.75	/	1.000	/

$E_{h,m}/E_m$ = Keskimääräinen vaakasuoran ja pystysuoran valaistusvoimakkuuden suhde, K = Mittauskorkeus

Liite 5. DIALux toimistotilan tulokset 10 (10)

DIALux tulosten UGR-katsoja, josta näkee katsojan paikan ja suunnan sekä sen arvon.

