



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
EHITUSE JA ARHITEKTUURI INSTITUUT

Valgustustiheduse ja nõudluspõhise valgustuse energiasimulatsiooni juhend



Euroopa Liit
Ühtekuuluvusfond



Eesti
tuleviku heaks

KREDEX

Eessõna

Selles juhendis on kirjeldatud spetsiaalse uuringu võimalusi, millega sõltuvalt hoone funktsioonist saab hinnata tagatud valgustustihedust, valgustuspaigaldise vajalikku võimsust ja valgustuse erivõimsust funktsioonikohaseks kasutamiseks, päevavalguse mõju ja ebaühtlase valgusenergia kogukasutust aasta jooksul (nii koos päevavalguse mõjuga kui ka ilma). See uuring on osaks hoone nõuetelevastava energiatõhususe kontrollimiseks tehtavatest energiaarvutustest, mis on Eesti ehitusseadustikus ette nähtud. Selline hindamine võimaldab leida madalaima valgustuse erivõimsuse (W/m^2), mida kasutatakse hoone projekteerimisel seoses suurima soojuseraldusega köetava pinna ruutmeetri kohta hoone tüüpilise kasutamise korral (Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika, vastu võetud 05.06.2015 nr 58).

Juhendis on esitatud näited kolme tüüpi hoone uuringute kohta, et näidata kõige efektiivsemate valgustusseadmete valimist ja planeerimist (lähtudes madalaimast valgustuse erivõimsusest) ning aastase energiatarbe arvutamist (sealhulgas lähtudes kasutusastmest ja päevavalguse ajast).

Juhendis on selgitatud, kuidas ebaühtlase valgustuse korral saab projekti näitajaid kasutada hoone üldiste energiaarvutuste osana. Juhendis näitena kasutatud ruumiplaanid, antud soovitusel ja lisainfo ei kuulu ehitusseadustiku sätete ja juhiste hulka, mistõttu nende kasutamine kindla projekti- ja hoonetüübi korral ei ole ka kohustuslik.

Valgustuse erivõimsuse väärtused ja iga ruumi suhtelise energiatarbimise erinevad variandid ei ole ettenähtud näitajad, vaid on esitatud lihtsalt näidetena. Juhendi eesmärk on esitada selgitavaid näiteid, kuidas valgustuslahendust leida ning kasutada madala valgustuse erivõimsuse ja aastase koguenergiatarbe näitamiseks.

Juhend põhineb valgustusstandardis EVS-EN 12464-1:2011 Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus. Osa 1: Sisetöökohad (EN 12464-1 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places) esitatud soovitusel ja nõuetel. Juhend lähtub energiatõhususe arvutamise meetodikast vastavalt määrusele MTM nr 58:2018 Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika.

Juhend on valminud ühe osana KredEx-i Liginullenergia eluhoonete projektist. Projekti töös on osalenud tellijatena Kalle Kuusk KredEx-st ja Margus Tali MKM-st. Näidisprojektid ja juhendmaterjalid on valminud TTÜ Ehituse ja arhitektuuri instituudi liginullenergiahoonete uurimisrühma ning projektis osalenud ehitusettevõtete, arendajate, majatehaste, arhitektide ja eriosade projekteerijate koostöös. Ettevõtetest osalesid projekti töös Andres Jakobi ja Roman Metsaluik, YIT Ehitus, Madis Nurm ja Tiit Kuusik, Merko Ehitus, Raivo Külaots, Matek, Ivar Mardim ja Madis Lobjakas, Timbeco Ehitus, Aivar Villemson, AAKV/LAAM, Heiki Õitspuu, Energiamaja, Velle Kadalipp, Arhitektuuribüroo JVR, Kaspar Kruuse ja Anton Andres, KAMP Arhitektid, Tõnu Laigu, QP Arhitektid ja Teet Tark, Hevac. TTÜ-st osalesid Francesco de Luca, Toivo Varjas, Jarek Kurnitski, Endrik Arumägi, Raimo Simson, Targo Kalamees, Hendrik Voll, Anti Hamburg, Paul Klõšeiko, Laur Vatsfeld, Sander Jakunin ja Henri Sarevet.

Sisukord

1	SISSEJUHATUS	4
2	MÕISTED JA MÄÄRATLUSED	5
3	VALGUSTUSE STANDARDID.....	6
3.1	Valgustuse nõuded.....	6
3.2	Hoone tüüpiline kasutus.....	8
3.3	Valgustuse aastane energia tarbe arvutamine	8
3.4	Ruumi ajaline kasutusaste	9
4	VALGUSTUSE MODELLEERIMISE JA ARVUTUSTE JUHISED.....	10
4.1	Ruumi valimine	10
4.2	Valgustuspaigaldise võimsuse määramine.....	10
4.2.1	Arvutuspiirkonnad ja mudeli raster.....	11
4.2.2	Pindade peegeldustegurid.....	12
4.2.3	Hooldetegur	12
4.3	Aastase energiatarbimise määramine.....	13
4.3.1	Päevavalguse modelleerimine.....	13
4.3.2	Siseviimistlus ja mudeli raster	14
4.3.3	Keskkonnaolud	14
4.3.4	Kasutusajad.....	15
4.3.5	Valgustuse juhtimine.....	15
5	VALGUSTUSE UURINGUTE NÄITEID.....	17
5.1	Kontorivalgustuse uuringu näide.....	17
5.1.1	Valgustuslahendus ja aastane energiatarve.....	18
5.1.2	Kasutatud andmed ja tulemuste esitamine.....	19
5.2	Avatud kontori valgustusuuringu näide	21
5.2.1	Valgustuslahendus ja aastane energiatarve.....	22
5.2.2	Kasutatud andmed ja tulemuste esitamine.....	23
5.3	Kontori nõupidamisruumi valgustusuuringu näide.....	25
5.3.1	Valgustuslahendus ja aastane energiatarve.....	26
5.3.2	Kasutatud andmed ja tulemuste esitamine.....	27
5.4	Haridusasutuse klassiruumi valgustusuuringu näide	29
5.4.1	Valgustuslahendus ja aastane energiatarve.....	30
5.4.2	Kasutatud andmed ja tulemuste esitamine.....	31
5.5	Kaubandusruumi valgustusuuringu näide	34
5.5.1	Valgustuslahendus ja aastane energiatarve.....	34
5.5.2	Kasutatud andmed ja tulemuste esitamine.....	36
5.6	Valgustuse hindamise vormi näide	38
Lisa 1	41

1 SISSEJUHATUS

Elektervalgustuse arvutused on osa hoone üldisest energiatõhususe hindamisest. Valgustuse energiakulu on hoone energiakasutuse tõhususe määramisel oluline, mistõttu tuleb see projekteerimise etapil täpselt välja arvutada, et tulevaste hoonete energiatõhusus oleks suurem.

Paigaldatud valgustuse võimsuse (W) ja erivõimsuse (W/m^2) arvutamisel lähtutakse ruumi kasutusotsustarbest ja suhtelisest tagatud valgustustihedusest (lx). Valgustuse aastase energiatarbe arvutamisel võetakse arvesse ka seda, mitme tunni vältel ruumi aasta jooksul ööpäevas kasutatakse, kuidas kasutajad ruumi jõudes ja sealt lahkudes valgustust sisse ja välja lülitavad ning kuidas ruumi valgustatust võib mõjutada päevavalgus.

Eluhoonete korral on valgustite tüüpi ja võimsust ning ruumi kasutajate harjumusi keeruline ette näha. Seetõttu kasutatakse elamu valgustuse aastas tarbitava energia leidmiseks juhendis esitatud tabeleid ja valemeid. Muud tüüpi hoonete korral saab kasutada tarkvara, mis valgustuspaigaldise võimsuse (W) ja erivõimsuse (W/m^2) järgi arvutab tagatud valgustustiheduse (lx) ning modelleerib päevavalguse mõju ja kasutajate harjumusi, et valgustuse aastane energiatarve (kWh/m^2) täpselt välja arvutada.

Käesolevas juhendis tutvustatakse standardeid, selgitatakse põhimõtteid ja esitatakse selgitavaid näiteid valgustuspaigaldise energiatarbimise uuringumeetodite kohta eri tüüpi hoonete korral. Selle eesmärk on aidata valgustuse projekteerijatel ja spetsialistidel hinnata valgustuse energiatõhusust ning projekteeritud lahenduse ja paigaldatavate valgustite energiakasutust.

Elektriprojekterija ülesanne on muuhulgas välja arvutada valgustuse aastas tarbitav energia, milleks saab kasutada juhendis esitatud tabeleid ja valemeid. Samuti peab ta kõige energiatõhusama lahenduse leidmiseks võrdlema kolme varianti erineva valgustitüübi, paigutuse ja juhtimissüsteemidega. Valgustuse tarbitava energia arvutamisel tuleb arvesse võtta ka päevavalguse mõju akendega ruumis.

Selles juhendis tutvustatakse valgustuse aastas tarbitava energia arvutamise meetodeid ja parameetrite väärtusi matkemodelleerimistarkvara IDA ICE ja Radiance/Daysim korral. Muud tarkvara saab kasutada nendega sarnaselt.

2 MÕISTED JA MÄÄRATLUSED

Selles juhendis on kasutatud järgmisi mõisteid ja määratlusi.

- 1) Ettenähtud valgustustiheduse määramisel on kasutatud valgustusstandardit EVS-EN 12464-1:2011.
- 2) Valgustustihedus on näidatud luksides (lx).
- 3) Tagatud valgustustihedus (\bar{E}_m) näitab keskmist valgustugevust ja see on näidatud luksides (lx).
- 4) Valgustustiheduse ühtlus (U_0) on ruumi eri tüüpi piirkondade madalaima valgustustiheduse (E_{min}) ja keskmise valgustustiheduse (\bar{E}_m) suhe.
- 5) Paigaldatud võimsus P on näidatud vattides (W).
- 6) Valgustuse erivõimsuse on näidatud vattides ruutmeetri kohta (W/m^2).
- 7) Energiatarve on näidatud kilovatt-tundides ruutmeetri kohta (kWh/m^2) aastas.
- 8) Arvutuspiirkondade kõrgus on näidatud meetrites (m).
- 9) Mudeli rastri kõrgus ja suurus on näidatud meetrites (m).
- 10) Hoone tüüpiline kasutus ja ruumi ajaline kasutusaste on võetud määrusest „Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika“ (vastu võetud 05.06.2015 nr 58).
- 11) Valgustuspaigaldise energiatarbimise sihtväärtus, millest valgustuslahenduste pakkumisel lähtutakse, arvutatakse juhendis (määrus „Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika“, vastu võetud 05.06.2015 nr 58) esitatud tabelite ja valemi järgi.
- 12) Valgustuse paigaldusvõimsus (W) ja erivõimsus (W/m^2) määratakse valgustuslahenduse alusel, kasutades modelleerimistarkvara (DIALux Evo, Relux või Radiance).
- 13) Valgustuslahenduse arvutused tuleb teha hoone valgustusprojekti valgustite järgi. Kui andmed ei ole teada, tuleb kasutada sarnaste valgustite andmeid valgustitootjate (digi)kataloogidest.
- 14) Valgustite hooldetegur tuleb määrata keskkonna puhtuse halvima võimaliku stsenaariumi järgi.
- 15) Valgusläbivus (T_{vis} või VT) on klaasi läbipaistvuse väärtus, mida mudelites kasutatakse. See peab iseloomustama akna kogu klaasitud osa, mitte üksiku aknaklaasi läbipaistvust.
- 16) Ruumi siseviimistluse ja akende valgusläbivuse peegeldustegurite arvutamiseks tuleb kasutada projekti andmeid. Kui see ei ole võimalik, siis saab juhendis esitatud väärtusi vaidlustada.
- 17) Valgustusarvutuste ja päevavalguse modelleerimise korral võetakse tööpiirkonnaks kõrgus 0,80 m põrandast, kui ruumis on töölauad. Ruumides, kus liigutakse ringi (nt spordihallid ja koridorid), on see kõrgus 0,1–0,2 m.
- 18) Päeva- ja elektrivalguse ühildamiseks kasutatavad päevavalguse parameetrid on päevavalguse autonoomia (DA) ja päevavalguse sujuv autonoomia (CDA).
- 19) Valgustuse tarbitava energia arvutamisel kasutatakse päevavalguse modelleerimiseks aastamudeleid, mis kasutavad modelleerimistarkvaraga (nt IDA-ICE ja Radiance/Daysim) saadud ilmastikutingimuste andmeid.
- 20) Kasutusastme ajaplaanide alusel määratakse aasta kohta tundide arv, mille kestel on ruum kasutusel ja vajatakse valgustust.
- 21) Valgustuse juhtimissüsteeme kasutatakse selleks, et prognoosida, millal ruumi kasutaja valgustuse välja lülitab, kui päevavalgust on vajaliku tagatud valgustustiheduse jaoks piisavalt, või millal ruumi kasutajad seal ei viibi.

3 VALGUSTUSE STANDARDID

Selles peatükis on esitatud standardid, mida tuleb arvesse võtta valgustuslahenduse projekteerimisel, mille alla kuulub ka ruumi kasutusaste ja päevavalguse mõju hoone energiatõhususe optimeerimisel.

Valgustuse uuring viiakse läbi järgmiste sammudena:

- Valgustuse projekteerimist tuleb alustada eesmärkide määramisest.
- Tagatud valgustustiheduse väärtused otsustatakse hoone ja ruumi kasutusotstarbe alusel vastavalt punktile 3.1.
- Valgustuslahenduse projekteerimiseks tuleb valida valgustid ja nende paigutus.
- Valgustusmudelite abil hinnatakse valgustuslahenduse vastavust määratud eesmärkidele (tagatud valgustustihedus ja ühtlus). Seejärel kohandatakse lahendust, et see vastaks ettenähtud võimsustihedusele ega ületaks seda.
- Peale selle leitakse kaks alternatiivset valgustuslahendust (nii et neid on kokku kolm) eesmärgiga valida valgustite tüüp ja paigutus, mis võimaldab teha võimalikult väikese valgustuse erivõimsusega paigaldise.
- Aastase koguenergiatarbe arvutamisel arvestatakse ka päevavalguse mõju (kui on olemas) ja ruumi kasutusastet.

3.1 Valgustuse nõuded

Ruumi ja hoone tüübist sõltuvalt erinevad valgustustase ja valgustustiheduse ühtlus, mida vajatakse, et oleks lihtne töötada ja valgustus tunduks kasutajale mugav. Valgustuslahenduste leidmisel tuleb arvesse võtta tabelis 1 näidatud ruumi eri tööpiirkondade tagatud valgustustiheduse ja ühtluse väärtusi, mis on soovitatud Euroopa valgustusstandardis EN 12464-1. Valgustustiheduse ühtlus on ruumi erinevate piirkondade madalaima valgustustiheduse ja keskmise valgustustiheduse suhe. Mõõta tuleb tööpiirkonna kõrgusel (0,80 m põrandast).

Tabel 1. Euroopa valgustusstandardis EN 12464-1 ettenähtud valgustustiheduse (lx) ja ühtluse (U_0) väärtused

Hoone tüüp	Ruumi tüüp	Tagatud valgustustihedus \bar{E}_m (lx)	Ühtlus U_0
Inimeste liikumise alad hoonetes	Liikumisteed ja koridorid	100	0,4
Inimeste liikumise alad hoonetes	Puhkeruumid	100	0,4
Inimeste liikumise alad hoonetes	Liftid	100	0,4
Inimeste liikumise alad hoonetes	Trepid, eskalaatorid	100	0,4

Hoonete üldkasutatavad alad	Riietusruumid, tualettruumid, pesuruumid	200	0,4
Hoonete üldkasutatavad alad	Söömis- ja hoiuruumid	200	0,4
Hoonete üldkasutatavad alad	Trepid, eskalaatorid	100	0,4
Büroohoone	Kirjutamine, lugemine ja andmetöötlus	500	0,6
Büroohoone	Dokumentide käsitlemine ja kopeerimine	300	0,4
Büroohoone	Tehniline joonestamine	750	0,7
Büroohoone	Konverentsi- ja koosolekuruumid	500	0,6
Büroohoone	Raalprojekteerimise töökohad	500	0,6
Büroohoone	Vastuvõtulaud	300	0,6
Büroohoone	Arhiivid	200	0,4
Haridushoone	Klassiruumid	300	0,6
Haridushoone	Auditooriumid ja töökojad	500	0,6
Haridushoone	Spordisaal	300	0,6
Haridushoone	Joonestamise ruumid	750	0,7
Haridushoone	Arvutiruumid	300	0,6
Haridushoone	Raamatukogu raamatariivide ala	200	0,6
Haridushoone	Raamatukogu lugemisalad	500	0,6
Kaubandushoone	Müügipinnad	300	0,4
Kaubandushoone	Kassade alad	500	0,6
Kaubandushoone	Pakkimislaud	500	0,6

Eluruume standard EVS-EN 12464-1:2011 ei hõlma, sest selles käsitletakse spetsiifiliste ülesannetega hooneid ja ruume. Eluruumide korral on valgustustiheduse näitajad väga subjektiivsed, kuid tabelis 2 on siiski näidatud parimatel kogemustel põhinevad väärtused.

Tabel 2. Valgustustiheduse ja ühtluse soovitatud väärtused

Hoone tüüp	Ruumi tüüp	Tagatud valgustustihedus \bar{E}_m (lx)	Ühtlus U_0
Eluhoone	Elutuba	150	-
Eluhoone	Elutoa lugemisala	500	-
Eluhoone	Magamistuba	80	-
Eluhoone	Magamistoa lugemisala	500	-
Eluhoone	Esik	100	0,4
Eluhoone	Köök	300	0,6
Eluhoone	Vannitoad ja tualetid	200	0,4
Eluhoone	Majandusruum	150	0,4

Vastavalt määrusele MTM nr 52:2015 Olulise energiatarbega tehnosüsteemile esitatavad nõuded, on piiratud paigaldatavat valgustuse võimsust olemasoleva süsteemi vahetamisel või uue süsteemi paigaldamisel järgmiselt: Uue üldvalgustusseadme paigaldamisel või olemasoleva üldvalgustusseadme asendamisel büroo-, haridus- ning teadushoone tööruumis, kus valgustihedus ei ületa 500 lx, ei tohi valgustuse erivõimsus ületada 10 W/m².

3.2 Hoone tüüpiline kasutus

Kui ei ole võimalik ette teada, missuguseid valgustitüüpe ja nende paigutust hoones kasutatakse (nt eluhoones), siis saab valgustuse erivõimsuse arvutamiseks kasutada väärtusi, mis vastavad hoone tüüpilisele kasutusele (MTM nr 58:2018). Hoone tüüpilise kasutuse väärtused ei arvesta ruumikasutuse ja päevavalguse mõju. Väärtused on näidatud tabelis nr 3.

Tabel 3. Hoone tüüpiline kasutus ja sellele vastav suurim soojuseraldus köetava pinna ruutmeetri kohta

Hoone kasutusotstarve	Kasutusaeg			Kasutusaste	Valgustus (a) W/m ²	Seadmed W/m ²	Inimesed (b) W/m ²	Inim., m ² inimese kohta
	kellaeg	h/24h	p/7p					
Väikeelamu	00:00–00:00	24	7	0,6	8(c)	2,4(d)	2	42,5
Korterelamu	00:00–00:00	24	7	0,6	8(c)	3(d)	3	28,3
Büroohoone, raamatukogu, teadushoone	07:00–18:00	11	5	0,55	12	12	5	17,0
Kaubandushoone	07:00–21:00	14	7	0,55	20	1	5	17,0
Majutushoone	00:00–00:00	24	7	0,5	8	1	4	21,3
Toitlustushoone	12:00–22:00	10	7	0,4	20	4	14	6,1
Avalik hoone	08:00–22:00	14	7	0,5	14	0	5	17,0
Haridushoone (e)	08:00–16:00	8	5	0,5(f)	15	8	14	5,4
Koolieelne lasteasutus ja laste tervishoiuhoone	07:00–19:00	12	5	0,4	15	4	20	3,8
Tervishoiuhoone	00:00–00:00	24	7	0,6	9	4	8	10,6

- (a) Luminofoorlampe või sellele vastava efektiivsusega lampe kasutatakse mujal kui eluruumides. Näidatud erivõimsus hõlmab endas nii luminofoorlambi nimivõimsust ja starteri väljundit, mis moodustab umbes 25% arvutuslikust võimsusest.
- (b) Inimkeha soojuseralduse korral võetakse arvesse ainult ilmne soojus. Varjatud soojuse arvessevõtmiseks tuleb need väärtused jagada teguriga 0,6.
- (c) Elamute valgustuse ajaline kasutusaste on 0,1.
- (d) Elamute korral kasutatakse seadmete elektritarbimise jaoks tegurit 0,7.
- (e) Koolieelne lasteasutus.
- (f) Koolivaheaja perioodil 15. juunist 15. augustini on kasutusaste 0,1 ja ventilatsioon vastab kasutusaja välisele režiimile.

3.3 Valgustuse aastane energia tarbe arvutamine

Valgustusele aastas kuluva energia tarbe arvutamiseks võetakse valgustuse erivõimsuse väärtused hoone tüüpilise kasutuse kohta tabelist ja kasutatakse järgmist valemit (1):

$$Q = kP \frac{\tau_d}{24} \frac{\tau_w}{7} \frac{8760}{1000} \quad (1)$$

Q - aastane energiatarve (kWh/m²)

k - ruumi kasutusaste

P - paigaldise võimsus

τ_d - töötundide arv päevas (h)

τ_w - kasutuspäevade arv nädalas (d)

3.4 Ruumi ajaline kasutusaste

Tabelis 4 on näidatud ruumi valgustuse ajalised kasutusastmed aastas tarbitava energia arutamiseks vastavalt hoone tüüpilise kasutuse väärtustele või mudelitele.

Tabel 4. Täpsustatud kasutusastmed ja kasutusprofiilid energiaarvutuste jaoks

Kellaeg	Elamu valgustuse kasutusprofiil	Elamu seadmete kasutusprofiil	Elanike kasutusprofiil 1	Büroohoone, raamatukogu, teadushoone kasutusprofiil	Haridushoone kasutusprofiil	Koolieelse lasteasutuse kasutusprofiil
00:00–01:00	0	0,5	1	0	0	0
01:00–02:00	0	0,5	1	0	0	0
02:00–03:00	0	0,5	1	0	0	0
03:00–04:00	0	0,5	1	0	0	0
04:00–05:00	0	0,5	1	0	0	0
05:00–06:00	0	0,5	1	0	0	0
06:00–07:00	0,15	0,5	0,5	0	0	0
07:00–08:00	0,15	0,7	0,5	0,2	0	0,4
08:00–09:00	0,15	0,7	0,5	0,6	0,6	0,8
09:00–10:00	0,15	0,5	0,1	0,6	0,6	0,8
10:00–11:00	0,05	0,5	0,1	0,7	0,6	0,3
11:00–12:00	0,05	0,6	0,1	0,7	0,4	0,3
12:00–13:00	0,05	0,6	0,1	0,4	0,3	0,8
13:00–14:00	0,05	0,6	0,2	0,6	0,6	0,1
14:00–15:00	0,05	0,6	0,2	0,7	0,6	0,1
15:00–16:00	0,05	0,5	0,2	0,7	0,3	0,4
16:00–17:00	0,2	0,5	0,5	0,6	0	0,3
17:00–18:00	0,2	0,7	0,5	0,2	0	0,3
18:00–19:00	0,2	0,7	0,5	0	0	0,2
19:00–20:00	0,2	0,8	0,8	0	0	0
20:00–21:00	0,2	0,8	0,8	0	0	0
21:00–22:00	0,2	0,8	0,8	0	0	0
22:00–23:00	0,15	0,6	1	0	0	0
23:00–24:00	0,15	0,6	1	0	0	0

4 VALGUSTUSE MODELLEERIMISE JA ARVUTUSTE JUHISED

Alljärgnevides juhistes on selgitatud põhilisi samme, parameetreid ja lähteandmeid, mida on vaja arvestada paigaldise valgustuse vajaliku võimsuse ja erivõimsuse määramisel ning aastase energiatarbe arvutamisel, võttes arvesse ka ruumi ajalist kasutusastet ja päevavalguse mõju.

4.1 Ruumi valimine

Valguse modelleerimiseks ja energiaarvutuste jaoks on iga hoonetüübi korral välja valitud kõige iseloomulikumad ruumid. Kõige iseloomulikumad ruumitüübid on iga hoonetüübi jaoks näidatud tabelis 5.

Tabel 5. Hoonetüübi jaoks valitud ruum valgustuse aastas tarbitava energia arvutamiseks

Hoone tüüp	Ruumi tüüp				
	Eluhoone	köök	vannituba	majandusruum	elutoa lugemisala
Büroohoone	kontoriruum	avatud kontor	nõupidamisruum	koridor	söögiruum
Haridushoone	klassiruum	auditoorium	töökojaruum	spordisaal	raamatukogu lugemisruum
Kaubandushoone	müügipinnad	kassade alad	pakkimislaudad	inimeste liikumise ala	söögiruum

Iga ruumitüübi jaoks tuleb hoones valida üks ruum, mille kohta tehakse valgustuse uuring, millega näidatakse, et valitud on valgustuse madalaima paigaldatud võimsuse ja erivõimsusega lahendus ning arvutatud selle koguenergia tarve. Eluhoone korral ei nõuta valgustusmudelite ega arvutuste tegemist, nende asemel kasutatakse tabelis 2 näidatud väärtusi ja valemit 1.

4.2 Valgustuspaigaldise võimsuse määramine

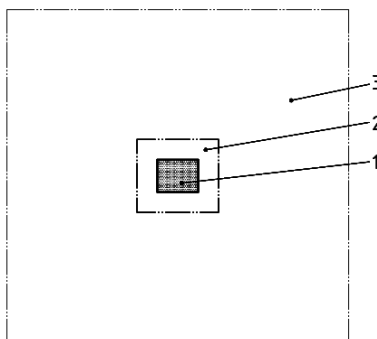
Konkreetses ruumis valgustuspaigaldise võimsus ja erivõimsus peavad vastama sellisele tagatud valgustustihedusele, mida on soovitatud Euroopa valgustusstandardis EVS-EN 12464-1:2011. Samal ajal on oluline, et ruumi erinevates piirkondades oleksid täidetud valgustustiheduse ühtluse nõuded.

Valgustuspaigaldise võimsuse, erivõimsuse ja valgustustiheduse ühtluse määramiseks saab valgustuse projekteerija kasutada modelleerimistarkvara (nt DIALux Evo, Relux või Radiance), mis on võimeline välja arvutama valgustustiheduse, kasutades digi- ja veebikataloogides olevaid valgustite andmeid.

Valgustuse projekteerija peab kontrollima kolme erineva valgustitüübi ja vajaduse korral valgustite paigutuse lahendust, et valida neist välja üks, mis võimaldab saavutada ettenähtud tagatud valgustuse ja valgustustiheduse ühtluse väikseima paigaldatud võimsuse ja valgustuse erivõimsuse korral.

4.2.1 Arvutuspiirkonnad ja mudeli raster

Valgustusstandardis EVS-EN 12464-1:2011 on soovitatud arvutada tööpiirkonna valgustustihedus ja ümbruspiirkonna valgustustiheduse ühtlus tööpiirkonnas, s.t kontorilaual. Peale selle läheb vaja vahetu ümbruse valgustustiheduse ja valgustustiheduse ühtluse näitajaid vahetu ümbruse kohta (vähemalt 0,5 m laiune riba nägemisväljas ümber tööpiirkonna) ja taustapiirkonna kohta (laiusega vähemalt 3 m vahetut ümbrust ümbritseva ruumi ulatuses) (joonis 1). Arvutuspiirkonnad peaksid paiknema ruumis kasutatava mööbli kõrgusel. Kui kõrgus ei ole teada, võetakse arvutuspiirkonna kõrguseks 0,80 m põrandast. Sellele kõrgusele paigutatakse mudeli raster.



Selgitused:

1 tööpiirkond

2 vahetu ümbrus (vähemalt 0,5 m laiune riba nägemisväljas ümber tööpiirkonna)

3 taustapiirkond (laiusega vähemalt 3 m vahetut ümbrust ümbritseva ruumi ulatuses)

Joonis 1. Vahetu ümbruse ja taustapiirkonna vähimad mõõtmed tööpiirkonna suhtes

Vahetu ümbruse ettenähtud valgustustihedus sõltub tööpiirkonnast ja tabelis 6 esitatud väärtustest. Taustapiirkonna jaoks ettenähtud tagatud valgustustihedus peab moodustama 1/3 vahetu ümbruse valgustustihedusest. Valgustustiheduse ühtluse jaoks vähim ettenähtud väärtus on 0,4 vahetu ümbruse korral ja 0,1 taustapiirkonna korral.

Tabel 6. Lähiumbruse ettenähtud valgustustihedus (lx)

Tööpiirkonna valgustustihedus ($E_{\text{ülesanne}} - lx$)	Lähiumbruse valgustustihedus (lx)
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
≤ 150	$E_{\text{ülesanne}}$

Mudeli rastri samm määratakse ruumi tegeliku suuruse järgi. Enamiku elu- ja kontoriruumide, inimeste liikumisalade ja klassiruumide korral piisab 0,5 m pikkusest sammust. Suurte ruumide korral (nt auditoriumid ja spordisaalid) võib kasutada ka 1 m sammu. Rastri samm mõjutab tulemuste täpsust: a

lühem samm, ja suurem täpsus. Rastri õige sammu määramiseks on soovitatav kasutada valgustusstandardis EVS-EN 12464-1:2011 esitatud valemit.

Arvutamisel ei arvestata seinäärset riba laiusega 0,5 m, välja arvatud juhtumeil, mil tööpiirkond on selles äärealas või ulatub selsse. Samal viisil tuleb valida sobiv raster ja 0,5 m laiune ääreala ka seintel ja lael. Rasterpunktide vahe ei tohi kokku langeda valgustite vahega. Rasterpunktide tüüpilised vahekaugused on esitatud tabelis 7.

Tabel 7. Rasterpunktide soovitatav arv

Piirkonna pikkus m	Rasterpunktide suurim vahekaugus m	Rasterpunktide vähim arv
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

4.2.2 Pindade peegeldustegurid

Oluline on, et valgustuse projekteerija kasutaks modelleerimistarkvaras ruumide põhiliste hajupeegeldavate pindade soovitatavad peegeldustegureid. Kui selle kohta andmeid ei ole, kasutatakse standardtegurit tabelist 8.

Tabel 8. Siseruumide põhiliste hajupeegeldavate pindade soovitatavad peegeldustegurid on

Pind ruumis	Peegeldustegur
Seinad	0,5–0,8
Põrand	0,2–0,4
Lagi	0,7–0,9

4.2.3 Hooldetegur

Valgustusmudelites tuleb arvestada valgusti hooldetegurist tulenevat vähendustegurit. Selle saab leida valgusti tootja tehnilistest andmetest. Kui hooldusandmed pole teada, siis saab kasutada tabelis 9 näidatud tegureid.

Tabel 9. Soovitatud hooldetegurid

Keskkond	Hooldetegur
Puhas keskkond	0,7
Normaalselt puhas keskkond	0,6
Tolmune keskkond	0,5

Leedvalgustite üldise hooldetegurina soovatakse kasutada väärtust 0,8. Veelgi täpsemaks hooldeteguri arvutamiseks ja pika kasutuskestusega leedvalgustite korral kasutatakse järgmist valemit:

$$MF=LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RMF$$

MF: hooldetegur
LLMF: lambi valgusvoo hooldetegur
LSF: lambi kasutuskestuse tegur
LMF: valgusti hooldetegur
RMF: ruumi pindade hooldetegur

4.3 Aastase energiatarbimise määramine

Elamu ruumide aastase energiatarbe arvutamiseks kasutatakse peatükkides 3.2 ja 3.3 esitatud hoonete tüüpilise kasutuse väärtuste tabelit ja valemit. Muud tüüpi hoonete korral (büroo-, haridus- või kaubandushooned) on soovitatav kasutada energiasäästlikke valgusteid, mida juhtseadised lülitavad kohalolekut arvestades sisse ja välja ning reguleerivad päevavalguse järgi. Sel juhul kasutatakse aastase energiatarbe arvutamisel aastase päevavalguse modelleerimise tarkvara.

Päevavalguse modelleerimise tarkvara võtab aluseks terve aasta kasutustunnid, mille kestel on piisavalt päevavalgust või on vaja valgustus ettenähtud valgustustiheduse tagamiseks sisse lülitada. See arvutab aja protsentides ning korrutab tunnid paigaldatud võimsusega, et saada valgustuse aastane energiatarve.

Selles juhendis tutvustatakse valgustuse aastase tarbitava energia arvutamise meetodeid ja parameetreid modelleerimistarkvara IDA ICE ja Radiance/Daysim korral, kus võetakse arvesse päevavalguse mõju ja juhtimissüsteeme. Muud tarkvara saab kasutada nendega sarnaselt.

4.3.1 Päevavalguse modelleerimine

Modelleerimistarkvaras Radiance/Daysim aastase päevavalguse mõju modelleerimiseks kasutatavad parameetrid on päevavalguse autonoomia (DA – *Daylight Autonomy*) ja päevavalguse sujuv autonoomia (CDA- *Continous Daylight Autonomy*). Päevavalguse modelleerimiseks läheb vaja tagatud valgustustiheduse andmeid (samad kui peatükis 3.1 esitatud valgustusarvutuste korral).

Päevavalguse autonoomiat (DA) kasutatakse nende tundide protsendi arvutamiseks, mille kestel on ettenähtud valgustustiheduse (lx) tagamiseks ruumis piisavalt päevavalgust, nii et elektervalgustus on välja lülitatud, või mille kestel ei ole ruumis piisavalt päevavalgust, nii et elektervalgustus peab olema sisse lülitatud. Päevavalguse sujuv autonoomia (CDA) võtab peale selle arvesse ka osaliselt päevavalguse kaetud valgustustiheduse (lx). See parameeter võimaldab arvutada elektervalgustuse täiendava energiasäästu, mis saavutatakse valgustustugevuse reguleerimisega. Soovitatav on kasutada energiasäästlikke leedvalgusteid, millest paljud on saadaval hämardatavana.

Modelleerimistarkvara kasutab sobivaid parameetreid automaatselt, lähtudes kasutatavate valgustite tüübist (sisse/välja lülitatav või hämardatav) ja juhtimissüsteemi tüübist (p. 4.3.5). Aastased päevavalguse mudelid põhinevad ilmastikutingimuste statistilistel andmetel ja kasutavad ära ilmastikutingimuste faile. Näiteks modelleerimistarkvara Radiance/Daysim kasutab Energy Plus Weather-faili laiendiga .epw.

Modelleerimistarkvara IDA-ICE kasutab valgustuse aastase energiatarbe määramiseks päevavalguse lihtsustatud mudeleid. IDA-ICE kasutab TRY-tüüpi (*Typical Reference Year* - tüüpilise võrdlusaasta) ilmastikutingimuste faili laiendiga .prn.

4.3.2 Siseviimistlus ja mudeli raster

Päevavalguse modelleerimiseks läheb vaja ruumi siseviimistlusmaterjalide peegeldustegureid. Kehtivad samad väärtused ja juhised kui valgustusarvutuste korral (vt ptk 4.2.2). IDA-ICE kasutab murdarvulist lähteväärtust (nt 0,5), Radiance/Daysim protsentides väärtust (nt 50%). Peale selle tuleb näidata ka iga aknaklaasi valgusläbivus. Valgusläbivus hõlmab akna kõiki klaase ja see näidatakse murdarvuna (IDA-ICE korral) või protsendina (Radiance/Daysimi korral). Päevavalguse mudelid kasutavad täiesti ilma mööblita ruumi mudeleid või ainult koos kõige põhilisema mööbliga nagu lauad ja kapid, kui nende asukoht on teada.

Päevavalguse mudelid kasutavad mudeli rastrit, mis paikneb 0,80 m kõrgusel põrandast ehk samal kõrgusel valgustusmudeli rastriga. IDA-ICE korral on seadeväärtuseks vahekaugus aluspinnast (põrandast), Radiance/Daysimi korral aga erinevus aluspinnast. Mudeli rastri soovituslikud sammud on samad või veidi pikemad kui valgustusrastri korral, sest arvutuskäigud on keerulisemad ja modelleerimine kestab kauem. Päevavalguse mudelite rastri jaoks soovitatud täpsus (IDA-ICE korral) või sammud (Radiance/Daysimi korral) on näidatud tabelis 10. Rastri kõrvalekalle pinna servast peab olema null.

Tabel 10. Päevavalguse mudelite rastri samm ruumi pindalaga võrreldes

Ruumi tüüp	Päevavalguse mudeli rastri samm
Väikese pindalaga ruumid (nt üksik kontor, nõupidamisruumid, klassiruumid)	0,25–0,5 m
Suure pindalaga ruumid (nt avatud kontorid, raamatukogu lugemissaalid, spordisaalid)	0,5–1 m
Väga suure pindalaga ruumid (nt müügisaalid)	2 m

4.3.3 Keskkonnaolud

Päevavalguse mudelid valgustuse aastase energiatarbitava energia arvutamiseks vajavad andmeid keskkonna kohta ja ümbruse objektide modelleerimist. Ka siin kasutab IDA-ICE murdarvulist lähteväärtust (nt 0,3), Radiance/Daysim protsentides väärtust (nt 30%).

- Ruumi suund.
- Kõrgus aluspinnast.
- Aluspinna modelleerimine peegeldusteguriga 0,1/0,2 või 10/20%.
- Ümbruses paiknevate hoonete modelleerimine peegeldusteguriga 0,3/0,35 või 30/35%.
- Rõdude või väljaulatavate konstruktsioonide modelleerimine peegeldusteguriga 0,3/0,35 või 30/35%.

4.3.4 Kasutusajad

Päevavalguse modelleerimistarkvara arvutab protsentides aja, mille kestel on ettenähtud valgustustiheduse tagamiseks ruumis piisavalt päevavalgust või vajatakse elektrivalgustust. Selleks kasutatakse ruumide kasutamise ajaplaane, mis näitavad, kas ruumi konkreetsel päeval/tunnil aasta kestel kasutatakse või ei kasutata, s.t millal ruumi on vaja valgustada. Näiteks on üks tüüpiline kontoriruumides kohaloleku periood tööpäevadel kell 9 kuni 17. Kohalolekuperioodid on eri tüüpi hoonete ja ruumide korral erinevad ning need sisalduvad IDA-ICE korral PRN-tüüpi failides ja Radiance/Daysimi korral CSV-failides. Kasutada saab olemasolevaid kohalolekuperioodide faile (mis sageli on modelleerimistarkvaras olemas) või koostada enda ajaplaane, milleks konkreetsete kasutusperioodidega ruumide jaoks saab kasutada Excelit, märkides kohalolekutundide read numbriga 1 ja äraolekutundide read numbriga 0.

4.3.5 Valgustuse juhtimine

Peale ruumis kohaloleku ja ruumist äraoleku aja arvestamise saab kasutada ka erinevat tüüpi juhtimissüsteeme, mis võtavad arvesse ruumi kasutamise ajaplaani, kasutajate harjumusi valgustuse juhtimisel ja päevavalguse olemasolu. Valgustuse juhtimissüsteemide põhitüübid on näidatud tabelis 11.

Tabel 11. Valgustuse juhtimise tüübid

	Juhtimine	Selgitus	Modelleerimistarkvara
1	Seadeväärtused ja graafik	Juhtimissüsteem, mis kasutab valgustuse seadeväärtuse (lx) ja valitud kohalolekuperioode.	IDA-ICE
2	Käsi sisse- ja väljalülitamine	Juhtimissüsteem, mis matkib kasutajate harjumusi valgustuse väljalülitamisel, kui laual on piisavalt päevavalgust.	Radiance/Daysim
3	Väljalülitamine kohaloleku korral ja äraolekul	Juhtimissüsteem, mis matkib kasutajate harjumusi valgustuse väljalülitamisel, kui laual on piisavalt päevavalgust, ja tagab, et ruumi kasutajad ei jäta valgustust sisselülitatuks öösel, mil nad ruumis ei viibi.	
4	Valgustuse reguleerimine valgusanduriga	Juhtimissüsteem, mis kasutab valgustugevuse sujuvaks reguleerimiseks päevavalgust arvestavat valgusandurit.	
5	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur	Juhtimissüsteem, mis kasutab valgustugevuse sujuvaks reguleerimiseks päevavalgust arvestavat valgusandurit ja tagab, et ruumi kasutajad ei jäta valgustust sisselülitatuks öösel, mil nad ruumis ei viibi.	

Energiasäästlike leedlampide korral on võimalik kasutada mõlemat modelleerimistarkvara (IDA-ICE ja Radiance/Daysim). IDA-ICE korral kasutatakse juhtimissüsteemi 1 ning Radiance/Daysimi korral juhtimissüsteemi 4 ja 5 (neil juhtudel kasutab modelleerimistarkvara aastase elektrienergia tarbimise arvutamiseks automaatselt päevavalguse sujuva autonoomia parameetrit). Kui reguleeritava valgusvooga valgusteid ei kasutata, siis on IDA-ICE juhtimissüsteemiks 1 ja Radiance/Daysimi juhtimissüsteemiks 2 ja 3 (neil juhtudel kasutab modelleerimistarkvara aastase elektrienergia tarbimise arvutamiseks automaatselt päevavalguse autonoomia parameetrit). Äraolekul põhinev juhtimissüsteem (3 ja 4) on soovitatav juhul, kui kasutatakse modelleerimistarkvara Radiance/Daysim, sest see tagab valgustuse väiksema võimsustarbe.

Päevavalguse ja elektervalgustuse mudeli jaoks läheb vaja järgmisi parameetreid:

- andurisõlmed paiknevad tööpiirkondade keskmes (Radiance/Daysim)
- paigaldatud võimsus (W) (IDA-ICE ja Radiance/Daysim)
- valgustuse seadeväärtus / ettenähtud valgustustihedus (lx) (IDA-ICE ja Radiance/Daysim)
- ballasti kaotegur (%) (reguleeritava valgusvooga valgustite korral) (Radiance/Daysim)
- energiatarbimine ooteseisundis (%) (reguleeritava valgusvooga valgustite korral) (Radiance/Daysim).

4.3.6 Valgustirühmad

Valgustuse aastase energiatarbe täpsemaks arvestamiseks (eelkõige suure pindalaga ruumides, kus päevavalguse erinevused on märkimisväärsed) on soovitatav ruumi eri piirkondades kasutada erinevaid valgustirühmi. Seda on vaja, sest kui suure pindalaga ruumis on kasutusel vaid üks andurisõlm ja see paikneb päevavalguserikkas kohas, siis jäävad valgustid kas hämardatuks või sootuks väljalülitatuks ka seal, kus päevavalgust ei ole piisavalt. Kui aga andurisõlm paikneb vähese päevavalgusega kohas, siis on ka hea loomuliku valgustustihedusega alades valgustid sisse lülitatud, kuigi see ei ole vajalik.

Iga valgustirühma jaoks on võimalik valida erinevat tüüpi juhtimissüsteem ja oma andurisõlm, sest need saab määrata vastavalt ruumi tööpiirkondadele. Iga valgustirühma jaoks määratakse oma osa valgustuse koguvõimsusest, arvestades selles piirkonnas kasutatavaid valgustitüüpe. Kõigi valgustirühmade paigaldatud võimsuste summa moodustab ruumi valgustuspaigaldise summaarse võimsuse.

Valgustirühmi saab määrata modelleerimistarkvara Radiance/Daysim korral, kuid IDA-ICE seda ei võimalda.

5 VALGUSTUSE UURINGUTE NÄITEID

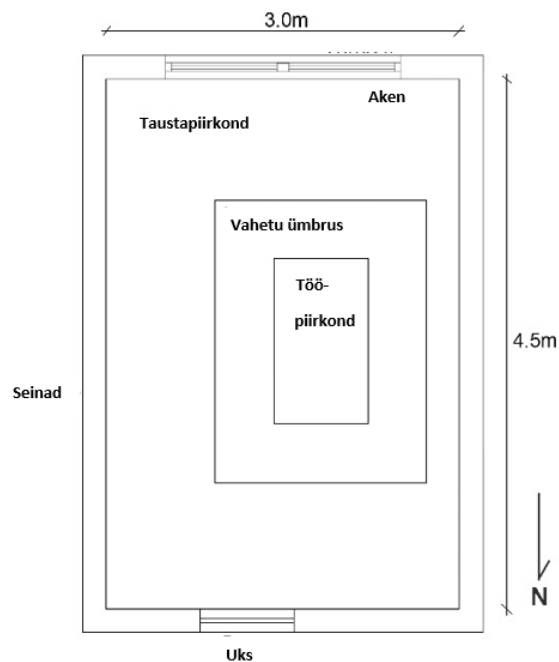
Selles peatükis näidatakse, kuidas teha valgustuse uuringut, mis hõlmab juhtimissüsteemi ja päevavalguse mõju. Näiteks tuuakse kolme tüüpi hooned ja nelja tüüpi ruumid: kontor, avatud kontor, haridusasutuse klassiruum ja kaubandusasutuse müügisaal. Eluhooneid ei ole siin käsitletud, sest nende korral ei saa mudeleid kasutada, teadmata paigaldatavate valgustite tüüpe ja paigutust. Elamu korral saab kasutada valgustuse erivõimsuse väärtusi, mis on näidatud punkti 3.2 tabelis.

Iga näite korral vaadeldakse kolme valgustuslahendust ja võrreldakse neid sarnase kasutusega hoonete näitajatega, mis on esitatud tabelis. Nendes kolmes lahenduses kasutatakse erinevat tüüpi valgusteid ja juhtimissüsteemi. Pärast võrdlemist valitakse välja ja võetakse kasutusele selline valgustustiheduse ja ühtluse nõudeid täitev lahendus, mille valgustuse paigaldatud võimsus või erivõimsus on aastase energiatarbe katmiseks kõige väiksem, arvestades ka päevavalguse mõju.

Iga ruumi kolm valgustuslahendust on näidatud ühises tabelis. Valgustuse projekterija esitab ainult parima energiakasutusega lahenduse hinnangu.

5.1 Kontorivalgustuse uuringu näide

Büroohoone valgustuse hindamiseks tüüpiliste ruumide valimist on kirjeldatud punktis 4.1. Esimene on üksik kontoriruum. CAD-failina saadud ruumiplaani kasutatakse mudeli loomisel, mis sobib nii elektervalgustuse kui ka päevavalguse modelleerimiseks. Näite jaoks on valitud kontoriruum pindalaga $3\text{ m} \times 4,5\text{ m}$, kõrgusega $2,8\text{ m}$ ja lõuna suunas aknaga, mille mõõtmed on $2\text{ m} \times 1,5\text{ m}$. Aknalaua kõrgus on $0,8\text{ m}$ ja akna-seina suhe on seega 37% (joonis 2). Näidiskontor asub Tallinnas, mistõttu kasutatakse Tallinna ilmastikutingimuste andmete faili.



Joonis 2. Kontoriruumi plaan koos arvutuspiirkondadega

5.1.1 Valgustuslahendus ja aastane energiatarve

Valgustuslahendus hõlmab kontori aknast tuleva päevavalguse mõju. Tööpiirkond, lähiümbrus ja taustapiirkond on määratud vastavalt peatükile 4.2.1 (joonis 2) ja need paiknevad kirjutuslaua kõrgusel (0,80 m põrandast). Euroopa valgustusstandard EN 12464-1 soovib kontori kirjutamis-, lugemis- ja andmetöötlusülesannete korral järgmisi näitajaid:

- tööpiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 500 lx
- tööpiirkonna valgustustiheduse ühtlus - 0,6
- lähiümbruse keskmine tagatud valgustustihedus - 300 lx
- lähiümbruse valgustustiheduse ühtlus - 0,4
- taustapiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 100 lx
- taustapiirkonna valgustustiheduse ühtlus - 0,1.

Kolm valgustite ja juhtimissüsteemi varianti on järgmised:

- Variant 1. Lakke riputatavad luminofoorlampidega valgustid TL5 (38 W × 4, paigaldatud võimsus kokku 152 W) kohaloleku arvestamiseta ja päevavalguse järgi käsitsi lülitamisega.
- Variant 2. Lakke süvistatavad leedvalgustid (41 W × 3, paigaldatud võimsus kokku 123 W) kohaloleku arvestamisega ja päevavalguse järgi käsitsi lülitamisega.
- Variant 3. Lakke paigaldatavad energiasäästlikud hämardatavad leedvalgustid (47,5 W × 2, paigaldatud võimsus kokku 95 W) kohaloleku arvestamisega ja valgusanduri abil päevavalguse järgi reguleerimisega.

Valgustuslahendused on arvutatud tarkvaraga DIALux Evo. Aastane energiatarve, mis hõlmab ka päevavalguse mõju, on arvutatud modelleerimistarkvaraga Radiance/Daysim.

Kui päevavalguse ja elektervalgustuse ühise mudeli jaoks kasutatakse modelleerimistarkvara Radiance/Daysim, siis on oluline rakendada kõrge kvaliteedi seadeid, et saavutada võimalikult täpne valgustuse tarbitava energia prognoos. Ümbruskonna peegeldussuhe peaks olema vähemalt 4 (-ab 4). Modelleerimistarkvaras IDA-ICE ei saa seada arvutuse kvaliteeti.

Kolme projektivariandi arvutuste tulemused on esitatud tabelis 12: valgustuse erivõimsus, tööpiirkonna keskmine valgustustihedus, tööpiirkonna valgustustiheduse ühtlus, juhtimissüsteemi tüüp ja aastane energiatarve koos päevavalguse mõjuga.

Tabel 12. Aastase energiatarbe tulemuste ja kolme variandi arvutamise tabel

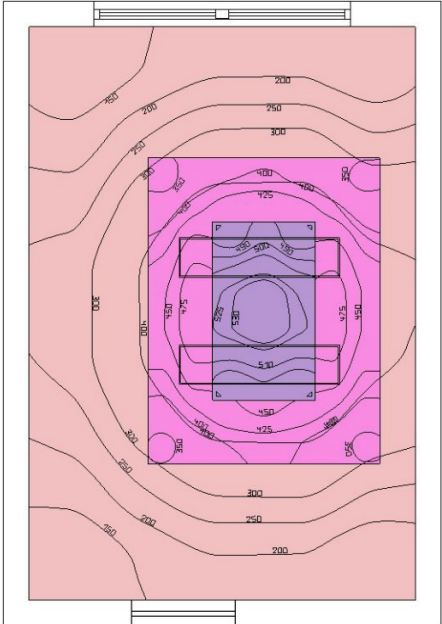
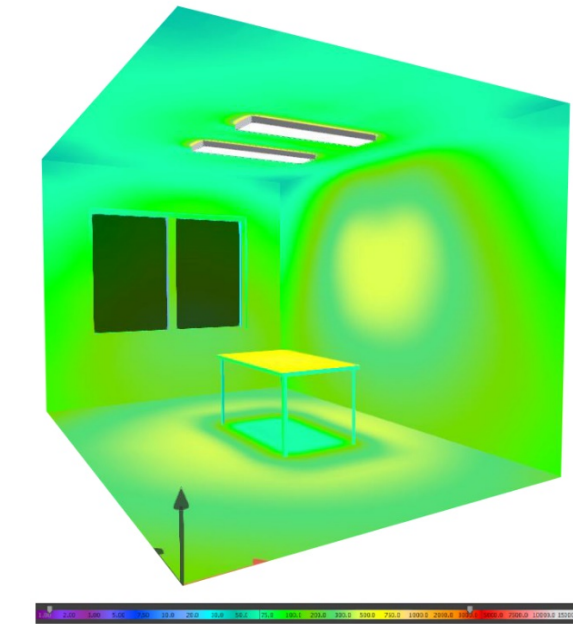
Variant	Valgustuse erivõimsus (W/m ²)	Keskmine valgustustihe dus (lx)	Valgustus-tiheduse ühtlus (U ₀)	Juhtimissüsteemi tüüp	Aastane energiatarve (kWh/m ²)
Tabeli-väärtus	12,0	-	-	-	18,91
1	11,2	531	0,96	Käsitsi sisse- ja väljalülitamine	7,36
2	9,1	523	0,96	Väljalülitamine kohaloleku korral	4,10
3	7,04	512	0,94	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur	2,49

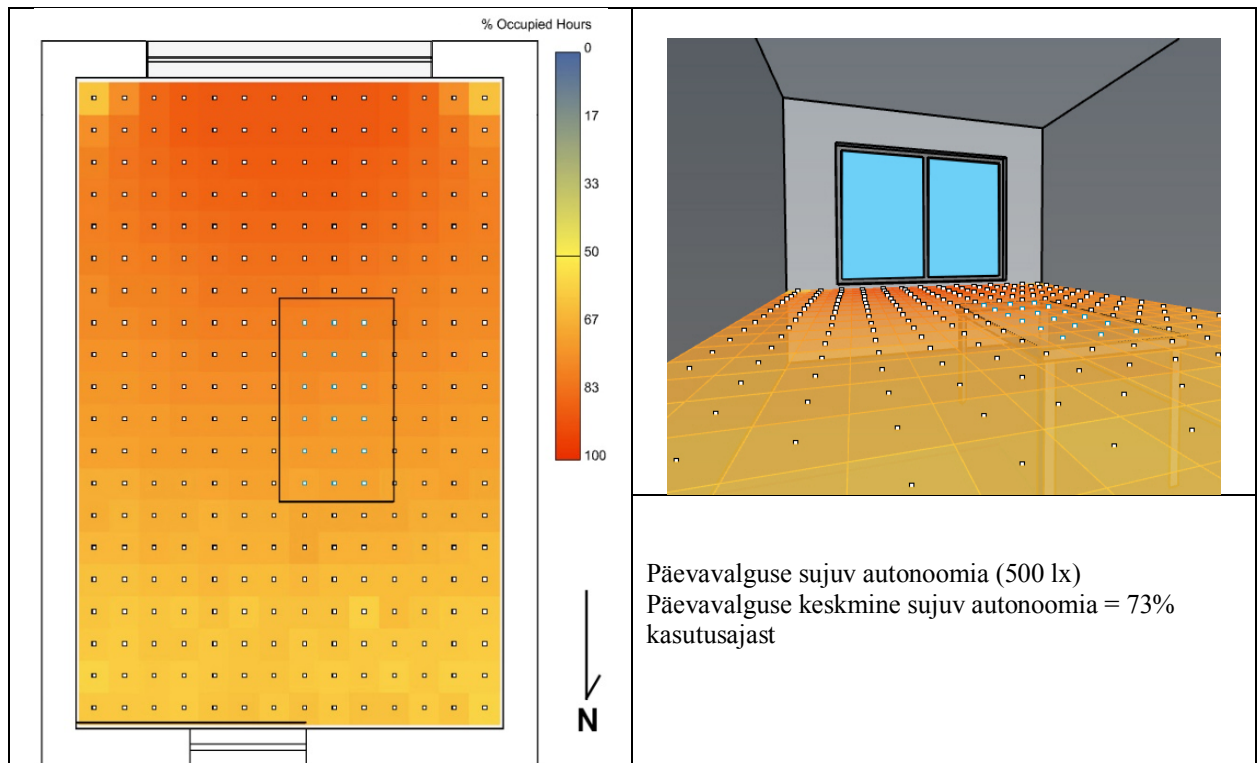
Esitatud tulemuste põhjal valitakse variant 3.

5.1.2 Kasutatud andmed ja tulemuste esitamine

Alljärgnevas tabelis on esitatud näide, kuidas valgustuse projekteerija kasutab elektriprojekti andmeid ja võrdleb valitud lahendust modelleerimistulemustega.

VALGUSTUSE TARBITAVA ENERGIA ARUANDEVORM			
HOONE ANDMED			
Adress			
Hoone tüüp	kontor		
Põrandapindala kokku			
RUUMI ANDMED			
Ruumi tüüp	üksik kontoriruum		
Ruumitüübi pindala hoones kokku			
Valgustussüsteemi kirjeldus	lakke paigaldatav energiasäästlik hämardatav leedvalgusti 47,5 W × 2		
Valgustuspaigaldise koguvõimsus (W)	95		
Kasutatav valgusti	Philips SlimBlend Rectangular SP402P LED50S/830		
Valgusti andmed	Valgustuse hooldetegur	Ballasti kaotegur (%)	Hämarduse maksimumtase (%)
	0,7	0	1
Ruumi kasutatavus	p / 7 p	h / 24 h	h
	5	8	9–17

Andmed	Põranda- pindala (m ²)	Arvutuspiirkonna kõrgus (m)	Pindade peegeldustegur (%)		
			Seinad	Lagi	Põrand
Ruumi nimetus: kontor 1	13,5	0,80	50	70	20
MODELLEERIMISTARKVARA					
Valgustuslahendus	DIALux Evo				
Päevavalguse mudelid ja elektervalgustuse arvutused	Radiance/Daysim				
Kuupäev	Nimi (teostaja)		Allkiri (teostaja)		
VALGUSTUSLAHENDUSE ARVUTUSED					
Valgustuse erivõimsus s (W/m ²)	7,04				
	Tööpiirkond	Vahetu ümbrus	Taustapiirkond		
Keskmine valgustustihedus (lx)	512 (≥500)	421 (≥300)	238 (≥100)		
Valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	0,94 (≥0,6)	0,80 (≥0,4)	0,45 (≥0,1)		
GRAAFILISELT					
					
Väärtused luksides					
PÄEVAVALGUSE JA ELEKTERVALGUSTUSE MUDELI SEADED					
Kohalolekuperiood	Tööpäeval kell 09–17				
Juhtimissüsteemi tüüp	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur				
Aknaklaasi valgusläbivus (%)	70				
Rastri-samm (m)	0,25				
PÄEVAVALGUSE PARAMEETRID JA MODELLEERIMISTULEMUSED (ainult Radiance/Daysim)					
Ümbruskonna peegeldussuhte parameeter (-ab)	4				
Päevavalguse keskmine autonoomia (%)	57				
Päevavalguse keskmine sujuv autonoomia (%)	73				
GRAAFILISELT					

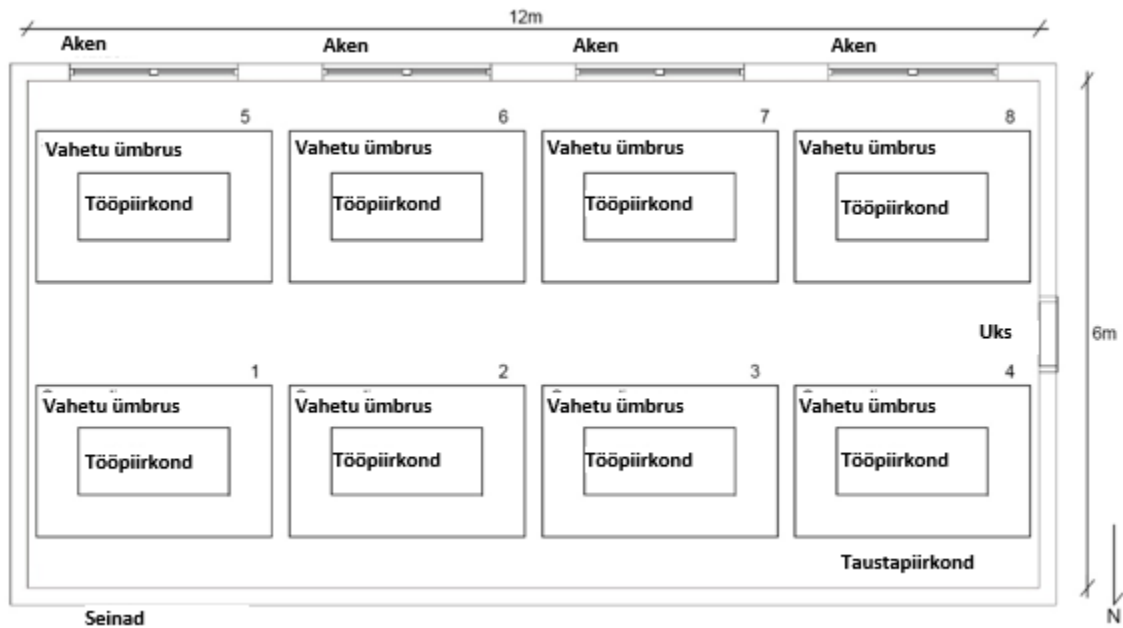


VALGUSTUSE TARBITAVA ENERGIA TULEMUSED		
Aastane energiatarve (kWh/m ²)		2,49
Kuupäev	Nimi	Allkiri

% Occupied Hours	kohalolekutundide %
------------------	---------------------

5.2 Avatud kontori valgustusuuringu näide

Teine valgustuse hindamise jaoks valitud kontoriruumi tüüp vastavalt punktile 4.1 on avatud kontor. CAD-failina saadud ruumiplaani kasutatakse mudeli loomisel, mis sobib nii elektervalgustuse kui ka päevavalguse modelleerimiseks. Näite jaoks on valitud avatud kontoriruum pindalaga 12 m × 6 m, kõrgusega 2,8 m ja lõuna suunas aknaga, mille mõõtmed on 2 m × 1,35 m. Aknalaua kõrgus on 0,8 m ja akna-seina suhe on seega 32% (joonis 3). Näidiseks olev avatud kontor asub Tallinnas, mistõttu kasutatakse Tallinna ilmastikutingimuste andmete faili.



Joonis 3. Avatud kontoriruumi plaan koos arvutuspiirkondadega

5.2.1 Valgustuslahendus ja aastane energiatarve

Valgustuslahendus ja aastase energiatarbe arvutused hõlmavad avatud kontori akendest tuleva päevavalguse mõju. Iga laua jaoks on määratud oma tööpiirkond ja lähiümbrus vastavalt punktile 4.2.1 (joonis 3) ja taustapiirkonnaks on kogu ülejäänud avatud kontoriruum. Arvutuspiirkonnad paiknevad kirjutuslaua kõrgusel, põrandast 0,8 m. Euroopa valgustusstandard EN 12464-1 soovib kontori kirjutamis-, lugemis- ja andmetöötlusülesannete korral järgmisi näitajaid:

- tööpiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 500 lx
- tööpiirkonna valgustustiheduse ühtlus - 0,6
- lähiümbruse keskmine tagatud valgustustihedus - 300 lx
- lähiümbruse valgustustiheduse ühtlus - 0,4
- taustapiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 100 lx

Kolm valgustite ja juhtimissüsteemi varianti on järgmised:

- Variant 1. Lakke paigaldatavad luminofoorlampidega valgustid TL5 (100 W × 8, paigaldatud võimsus kokku 800 W) kohaloleku arvestamiseta ja päevavalguse järgi käsitsi lülitamisega.
- Variant 2. Lakke süvistatavad leedvalgustid (41 W × 16, paigaldatud võimsus kokku 656 W) kohaloleku arvestamisega ja päevavalguse järgi käsitsi lülitamisega.
- Variant 3. Lakke paigaldatavad energiasäästlikud hämardatavad leedvalgustid (24,5 W × 16, paigaldatud võimsus kokku 392 W) kohaloleku arvestamisega ja valgusanduri abil päevavalguse järgi reguleerimisega.

Iga variandi korral on kogu avatud kontoriruumi jaoks valgustuse aastase energiatarbe arvutamisel aluseks võetud üks konkreetne valgustirühm ja kaks eraldi valgustirühma, millest üks on ette nähtud aknale lähemal paiknev lauarida ja teine tagaseinapoolne lauarida.

Valgustuslahendused on arvatud tarkvaraga DIALux Evo. Aastane energiatarve, mis hõlmab ka päevavalguse mõju, on arvatud modelleerimistarkvaraga Radiance/Daysim.

Kui päevavalguse ja elektervalgustuse ühise mudeli jaoks kasutatakse modelleerimistarkvara Radiance/Daysim, siis on oluline rakendada kõrge kvaliteediga seadeid, et saavutada võimalikult täpne valgustuse tarbitava energia prognoos. Ümbruskonna peegeldussuhte parameetri väärtus peaks olema vähemalt 4 (-ab 4). Modelleerimistarkvaras IDA-ICE ei saa seada arvutuse kvaliteeti.

Kolme projektivariandi arvutuste tulemused on esitatud tabelis 13: valgustuse erivõimsus, tööpiirkonna kõigi laudade keskmise valgustustiheduse miinimum ja maksimum, tööpiirkonna kõigi laudade valgustustiheduse ühtluse miinimum ja maksimum, juhtimissüsteemi tüüp ja aastane energiatarve koos päevavalguse mõjuga ühe või kahe valgustirühma korral.

Tabel 13. Aastase energiatarbe tulemuste ja kolme variandi arvutamise tabel

Variant	Valgustuse erivõimsus (W/m ²)	Keskmine (min) valgustihedus (lx)	Valgustiheduse ühtlus (U ₀)	Juhtimissüsteemi tüüp	Valgustirühmad	Aastane energiatarve (kWh/m ²)
Tabeliväärtus	12,0	-	-	-	-	18,91
1	11,1	509	0,83	Käsitsi sisse ja välja lülitamine	1–2	10,25/8,23
2	9,11	519	0,86	Väljalülitamine kohaloleku korral	1–2	6,26/5,04
3	5,44	505	0,86	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur	1–2	3,06/2,37

Esitatud tulemuste põhjal valitakse kahe valgustigrupiga variant 3.

5.2.2 Kasutatud andmed ja tulemuste esitamine

Alljärgnevas tabelis on esitatud näide, kuidas valgustuse projekteerija kasutab elektriprojekti andmeid ja võrdleb valitud lahendust modelleerimistulemustega.

VALGUSTUSE TARBITAVA ENERGIA ARUANDEVORM			
HOONE ANDMED			
Aadress			
Hoone tüüp	kontor		
Põrandapindala kokku			
RUUMI ANDMED			
Ruumi tüüp	avatud kontor		
Ruumitüübi pindala hoones kokku			
Valgustussüsteemi kirjeldus	lakke paigaldatav energiasäästlik hämardatav leedvalgusti 24,5 W × 16		
Valgustuspaigaldise koguvõimsus (W)	392		
Kasutatav valgusti	Philips SlimBlend Rectangular SP400P LED50S/830		
Valgusti andmed	Valgustuse hooldetegur	Ballasti kaotegur (%)	Hämarduse maksimumtase (%)
	0.8	0	1
Ruumi kasutatavus	p / 7 p	h / 24 h	h
	5	8	9–17

Andmed	Põranda- pindala (m ²)	Arvutuspiirkonna kõrgus (m)	Pindade peegeldustegur (%)		
			Seinad	Lagi	Põrand
Ruumi nimetus: kontor 1	72	0,80	50	70	20

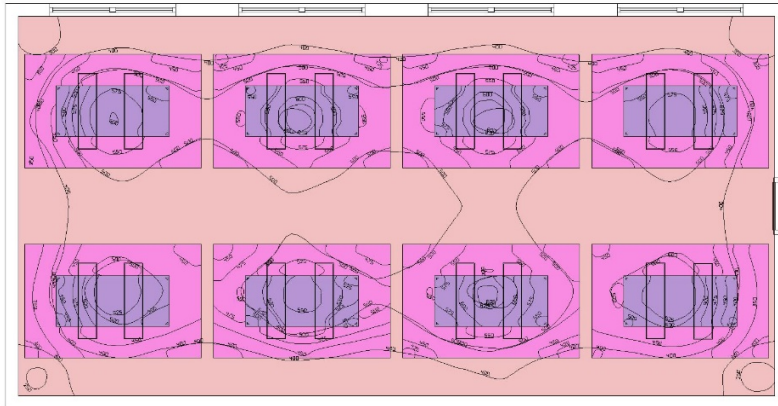
MODELLEERIMISTARKVARA

Valgustuslahendus	DIALux Evo	
Päevavalguse mudelid ja elektervalgustuse arvutused	Radiance/Daysim	
Kuupäev	Nimi (teostaja)	Allkiri (teostaja)

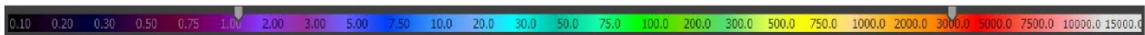
VALGUSTUSLAHENDUSE ARVUTUSED

Valgustuse erivõimsus (W/m ²)	5,44		
Piirkond	Tööpiirkond ≥500/≥0,6	Vahetu ümbrus ≥300/≥0,4	Taustapiirkond ≥100/≥0,1
1 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	505/0,86	282/0,66	231/0,51
2 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	533/0,93	477/0,80	448/0,52
3 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	594/0,92	514/0,79	445/0,52
4 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	507/0,84	434/0,63	452/0,51
5 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	559/0,86	474/0,65	449/0,51
6 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	584/0,94	515/0,81	445/0,52
7 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	587/0,93	517/0,80	445/0,52
8 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	553/0,84	467/0,62	449/0,51

GRAAFILISELT



Väärtused luksides

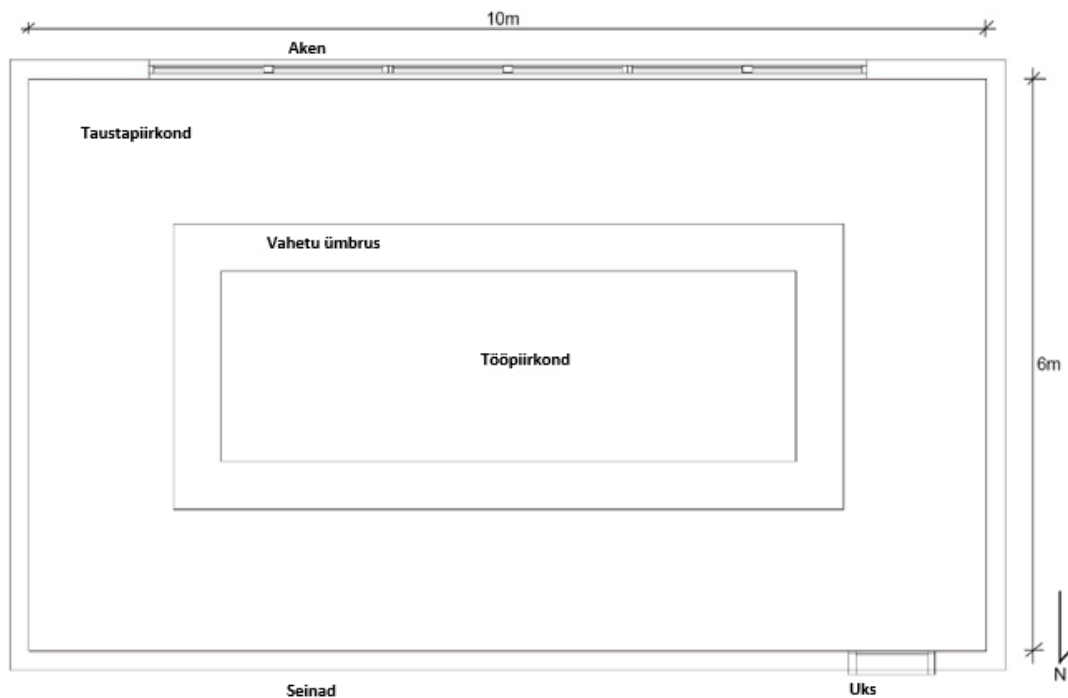


Väärtused luksides

PÄEVAVALGUSE JA ELEKTERVALGUSTUSE MUDELI SEADED			
Kohalolekuperiood	Tööpäevadel kell 09–17		
Juhtimissüsteemi tüüp	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur		
Aknaklaasi valgusläbivus (%)	70		
Rastri samm (m)	0,5		
PÄEVAVALGUSE PARAMEETRID JA MODELLEERIMISTULEMUSED (ainult Radiance/Daysim)			
Valgustatud alad	2		
Ümbruskonna peegeldussuhte parameeter (-ab)	4		
Päevavalguse keskmine autonoomia (%)	50		
Päevavalguse keskmine sujuv autonoomia (%)	68		
GRAAFILISELT			
% Occupied Hours			
Päevavalguse sujuv autonoomia (500 lx) Päevavalguse keskmine sujuv autonoomia = 68% kasutusajast			
VALGUSTUSE TARBITAVA ENERGIA TULEMUSED			
Aastane energiatarve (kWh/m ²)	2,37		
Kuupäev	Nimi	Allkiri	

5.3 Kontori nõupidamisruumi valgustusuuringu näide

Kolmas valgustuse hindamise jaoks valitud kontoriruum vastavalt punktile 4.1 on nõupidamisruum. CAD-failina saadud ruumiplaani kasutatakse mudeli loomisel, mis sobib nii elektervalgustuse kui ka päevavalguse modelleerimiseks. Näite jaoks on valitud nõupidamisruum pindalaga 10 m × 6 m, kõrgusega 2,8 m ja ühe pika lõuna suunas aknaga, mille mõõtmed on 7,5 m × 1,5 m. Aknalaua kõrgus on 0,8 m ja akna-seina suhe on seega 40% (joonis 4). Näidiskontor asub Tallinnas, mistõttu kasutatakse Tallinna ilmastikutingimuste andmete faili.



Joonis 4. Kontori nõupidamisruumi plaan koos arvutuspiirkondadega

5.3.1 Valgustuslahendus ja aastane energiatarve

Valgustuslahendus hõlmab kontori aknast tuleva päevavalguse mõju. Tööpiirkonnaks on võetud ruumi keskel paiknev suur laud mõõtmetega 6 m × 2 m. Tööpiirkond, lähiümbrus ja taustapiirkond on määratud vastavalt peatükile 4.2.1 (joonis 4) ja need paiknevad kirjutuslaua kõrgusel (0,80 m põrandast). Euroopa valgustusstandard EN 12464-1 soovib kontori kirjutamis-, lugemis- ja andmetöötlusülesannete korral järgmisi näitajaid:

- tööpiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 500 lx
- tööpiirkonna valgustustiheduse ühtlus - 0,6
- lähiümbruse keskmine tagatud valgustustihedus - 300 lx
- lähiümbruse valgustustiheduse ühtlus - 0,4
- taustapiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 100 lx
- taustapiirkonna valgustustiheduse ühtlus - 0,1.

Kolm valgustite ja juhtimissüsteemi varianti on järgmised:

- Variant 1. Lakke paigaldatavad luminofoorlampidega valgustid TL5 (100 W × 3, paigaldatud võimsus kokku 300 W) kohaloleku arvestamiseta ja päevavalguse järgi käsitsi lülitamisega.
- Variant 2. Lakke süvistatavad leedvalgustid TL5 (41 W × 6, paigaldatud võimsus kokku 246 W) kohaloleku arvestamisega ja päevavalguse järgi käsitsi lülitamisega.
- Variant 3. Lakke paigaldatavad energiasäästlikud hämardatavad leedvalgustid (47,5 W × 4, paigaldatud võimsus kokku 190 W) kohaloleku arvestamisega ja valgusanduri abil päevavalguse järgi reguleerimisega.

Valgustuslahendused on arvatud tarkvaraga DIALux Evo. Aastane energiatarve, mis hõlmab ka päevavalguse mõju, on arvatud modelleerimistarkvaraga Radiance/Daysim.

Kui päevavalguse ja elektervalgustuse ühise mudeli jaoks kasutatakse modelleerimistarkvara Radiance/Daysim, siis on oluline rakendada kõrge kvaliteedi seadeid, et saavutada võimalikult täpne valgustuse tarbitava energia prognoos. Ümbruskonna peegeldussuhte parameetri väärtus peaks olema vähemalt 4 (-ab 4). Modelleerimistarkvaras IDA-ICE ei saa seada arvutuse kvaliteeti.

Kolme projektivariandi arvutuste tulemused on esitatud tabelis 14: valgustuse erivõimsus, tööpiirkonna keskmine valgustustihedus, tööpiirkonna valgustustiheduse ühtlus, juhtimissüsteemi tüüp ja aastane energiatarve koos päevavalguse mõjuga.

Tabel 14. Aastase energiatarbe tulemuste ja kolme variandi arvutamise tabel

Variant	Valgustuse erivõimsus (W/m ²)	Keskmine valgustustihedus (lx)	Valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	Juhtimissüsteemi tüüp	Aastane energiatarve (kWh/m ²)
Tabeliväärtus	12,0	-	-	-	18,91
1	5	509	0,84	Käsitsi sisse- ja väljalülitamine	3,60
2	4,1	509	0,74	Väljalülitamine kohaloleku korral	2,06
3	3,17	519	0,6	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur	1,26

Esitatud tulemuste põhjal valitakse variant 3.

5.3.2 Kasutatud andmed ja tulemuste esitamine

Alljärgnevas tabelis on esitatud näide, kuidas valgustuse projekteerija kasutab elektriprojekti andmeid ja võrdleb valitud lahendust modelleerimistulemustega.

VALGUSTUSE TARBITAVA ENERGIA ARUANDEVORM			
HOONE ANDMED			
Aadress			
Hoone tüüp	kontor		
Põrandapindala kokku			
RUUMI ANDMED			
Ruumi tüüp	nõupidamisruum		
Ruunitüübi pindala hoones kokku			
Valgustussüsteemi kirjeldus	lakke paigaldatav energiasäästlik hämardatav leedvalgusti 47,5 W x 4		
Valgustuspaigaldise koguvõimsus (W)	190		
Kasutatav valgusti	Philips SlimBlend Rectangular SP402P LED50S/830		
Valgusti andmed	Valgustuse hooldetegur	Ballasti kaotegur (%)	Hämarduse maksimumtase (%)
	0,8	0	1
Ruumi kasutatavus	p / 7 p	h / 24 h	h
	5	8	9–17

Andmed	Põranda- pindala (m ²)	Arvutuspiirkonna kõrgus (m)	Pindade peegeldustegur (%)		
			Seinad	Lagi	Põrand
Ruumi nimetus: kontor 1	60	0,80	50	70	20

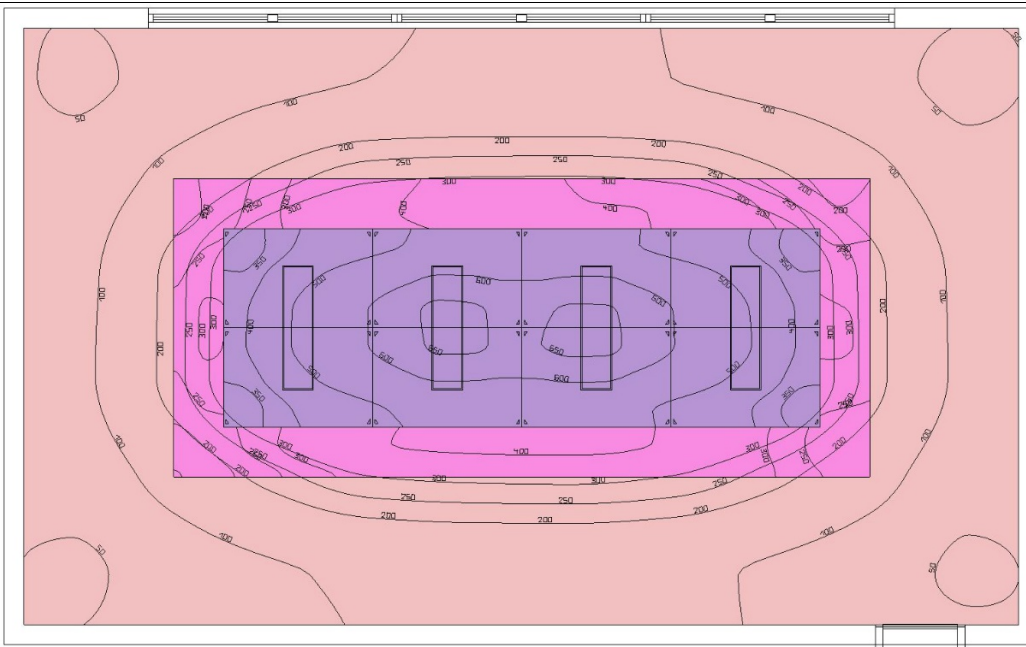
MODELLEERIMISTARKVARA

Valgustuslahendus	DIALux Evo	
Päevavalguse mudelid ja elektervalgustuse arvutused	Radiance/Daysim	
Kuupäev	Nimi (teostaja)	Allkiri (teostaja)

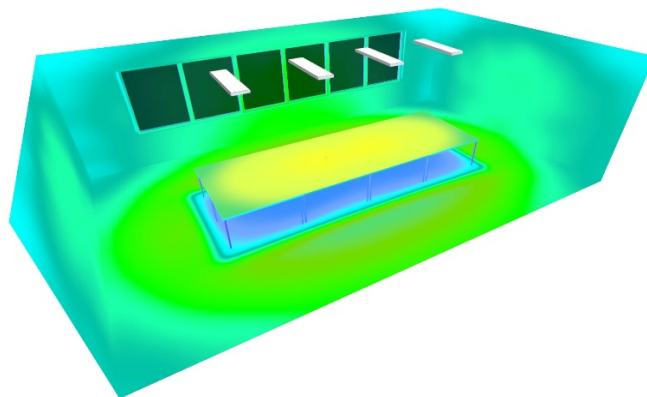
VALGUSTUSLAHENDUSE ARVUTUSED

Valgustuse erivõimsus (W/m ²)	3,17		
	Tööpiirkond	Vahetu ümbrus	Taustapiirkond
Keskmine valgustustihedus (lx)	519 (≥500)	309 (≥300)	121 (≥100)
Valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	0,60 (≥0,6)	0,48 (≥0,4)	0,36 (≥0,1)

GRAAFILISELT



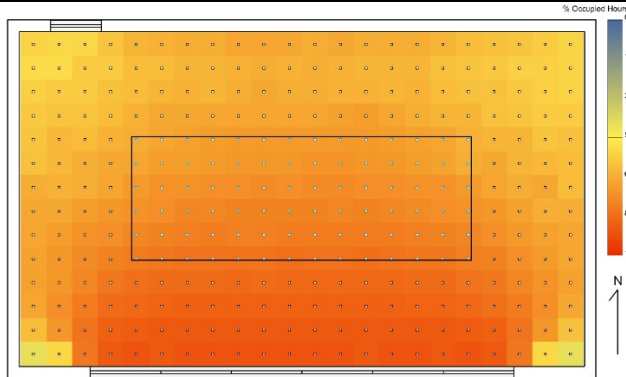
Väärtused luksides



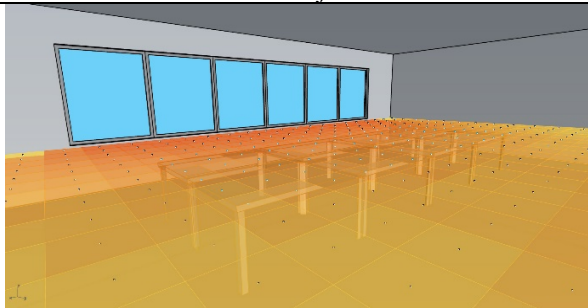
Väärtused luksides

PÄEVAVALGUSE JA ELEKTERVALGUSTUSE MUDELI SEADED

Kohalolekuperiood	Tööpäevadel kell 09–17
Juhtimissüsteemi tüüp	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur
Aknaklaasi valgusläbivus (%)	70
Rastri samm	0,5
PÄEVAVALGUSE PARAMEETRID JA MODELLEERIMISTULEMUSED (ainult Radiance/Daysim)	
Ümbruskonna peegeldussuhte parameeter (-ab)	4
Päevavalguse keskmine autonoomia (%)	58
Päevavalguse keskmine sujuv autonoomia (%)	73
GRAAFILISELT	



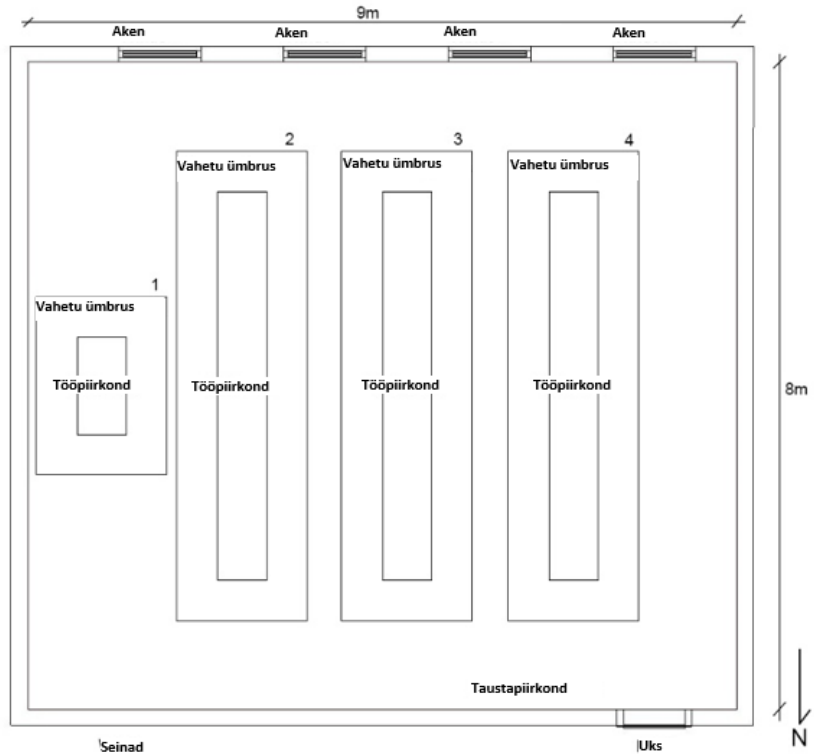
Päevavalguse sujuv autonoomia (500 lx)
Päevavalguse keskmine sujuv autonoomia = 73% kasutusajast



VALGUSTUSE TARBITAVA ENERGIA TULEMUSED		
Aastane energiatarve (kWh/m ²)	1,26	
Kuupäev	Nimi	Allkiri

5.4 Haridusasutuse klassiruumi valgustusuuringu näide

Kolmas valgustuse hindamise jaoks valitud ruumitüüp vastavalt punktidele 4.1 on koolihoone klassiruum. CAD-failina saadud ruumiplaani kasutatakse mudeli loomisel, mis sobib nii elektervalgustuse kui ka päevavalguse modelleerimiseks. Näite jaoks on valitud klassiruum pindalaga 9 m × 8 m, kõrgusega 2,8 m ja nelja lõuna suunas aknaga, mille mõõtmed on 2,4 m × 1 m. Aknad paiknevad põrandaga samal kõrgusel ja akna-seina suhe on seega 38% (joonis 5). Näidiseks olev klassiruum asub Tallinnas, mistõttu kasutatakse Tallinna ilmastikutingimuste andmete faili.



Joonis 5. Klassiruumi plaan koos arvutuspiirkondadega

5.4.1 Valgustuslahendus ja aastane energiatarve

Valgustuslahendus ja aastase energiatarbe arvutused hõlmavad klassiruumi akendest tuleva päevavalguse mõju. Tööpiirkonnad ja lähiümbrus on määratud õpetaja laua jaoks ja iga lauarea jaoks vastavalt peatükile 4.2.1 (joonis 5) ja taustapiirkonnaks on kogu ülejäänud klassiruum. Arvutuspiirkonnad paiknevad kirjutuslaua kõrgusel, põrandast 0,8 m. Euroopa valgustusstandardi EN 12461-1 soovitusel klassiruumide jaoks on järgmised:

- tööpiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 300 lx
- tööpiirkonna valgustustiheduse ühtlus - 0,6
- lähiümbruse keskmine tagatud valgustustihedus - 200 lx
- lähiümbruse valgustustiheduse ühtlus - 0,4
- taustapiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 66,7 lx
- taustapiirkonna valgustustiheduse ühtlus - 0,1.

Kolm valgustite ja juhtimissüsteemi varianti on järgmised:

- Variant 1. Lakke paigaldatavad luminofoorlampidega valgustid TL5 (29 W × 10, paigaldatud võimsus kokku 290 W) kohaloleku arvestamiseta ja päevavalguse järgi käsitsi lülitamisega.
- Variant 2. Lakke paigaldatavad energiasäästlikud leedvalgustid (24,5 W × 7, paigaldatud võimsus kokku 171,5 W) kohaloleku arvestamisega ja päevavalguse järgi käsitsi lülitamisega.
- Variant 3. Lakke riputatavad energiasäästlikud hämardatavad leedvalgustid (21,5 W × 7, paigaldatud võimsus kokku 150,5 W) kohaloleku arvestamisega ja valgusanduri abil päevavalguse järgi reguleerimisega.

Variantide 1 ja 2 korral on valgustuse aastas tarbitava energia arvutamiseks kasutatud ainult ühte valgustirühma, sest klassiruumis ei ole ei õpetajal ega õpilastel päevavalgusest sõltuvalt valgustust klassiruumi eri piirkondades kerge sisse ja välja lülitada. Variandi 3 korral kasutati samas nii ühte konkreetset valgustirühma kui ka kolme eraldi valgustirühma. Need kolm valgustirühma on järgmised: lauad aknale lähemal paikneva valgustirea all, õpetaja laud ja lauad aknast kaugemal paikneva valgustirea all.

Valgustuslahendused on arvutatud tarkvaraga DIALux Evo. Aastane energiatarve, mis hõlmab ka päevavalguse mõju, on arvutatud modelleerimistarkvaraga Radiance/Daysim.

Kui päevavalguse ja elektervalgustuse ühise mudeli jaoks kasutatakse modelleerimistarkvara Radiance/Daysim, siis on oluline rakendada kõrge kvaliteedi seadeid, et saavutada võimalikult täpne valgustuse tarbitava energia prognoos. Ümbruskonna peegeldussuhte parameetri väärtus peaks olema vähemalt 4 (-ab 4). Modelleerimistarkvaras IDA-ICE ei saa seada arvutuse kvaliteeti.

Kolme projektivariandi arvutuste tulemused on esitatud tabelis 15: valgustuse erivõimsus, tööpiirkonna kõigi laudade keskmise valgustustiheduse miinimum ja maksimum, tööpiirkonna kõigi laudade valgustustiheduse ühtluse miinimum ja maksimum, juhtimissüsteemi tüüp ja aastane energiatarve koos päevavalguse mõjuga ühe või kolme valgustirühma korral.

Tabel 15. Aastase energiatarbe tulemuste ja kolme variandi arvutamise tabel

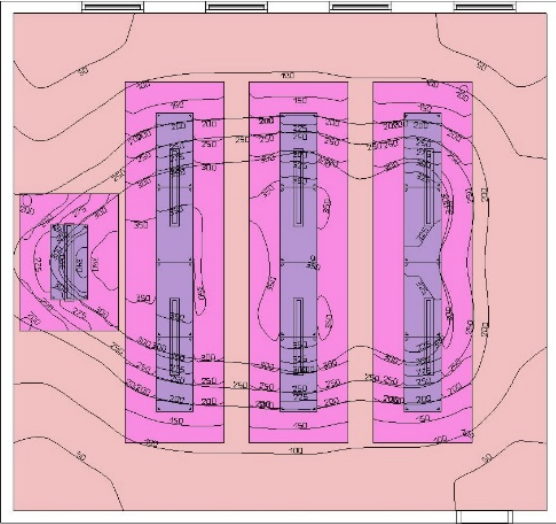
Variant	Valgustuse erivõimsus (W/m ²)	Keskmine (min) valgustustihedus (lx)	Valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	Juhtimissüsteemi tüüp	Valgustirühmad	Aastane energiatarve (kWh/m ²)
Tabeli-väärtus	15	-	-	-	-	15,64
1	4,03	318	0,85	Käsitsi sisse- ja väljalülitamine	1	6,17
2	2,38	319	0,66	Väljalülitamine kohaloleku korral	1	3,71
3	2,09	300	0,62	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur	1/3	2,22/1,99

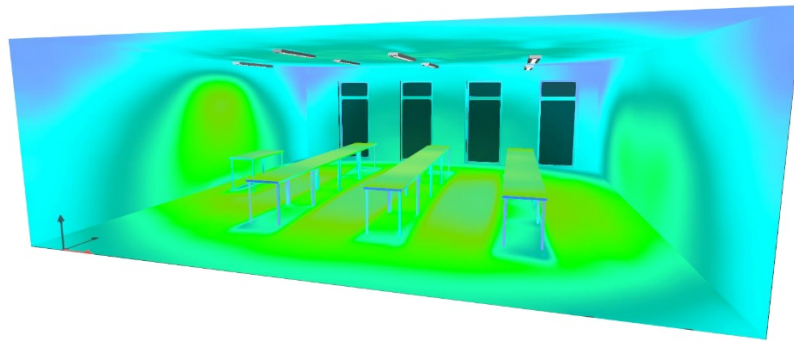
Esitatud tulemuste põhjal valitakse kolme valgustigrupiga variant 3.

5.4.2 Kasutatud andmed ja tulemuste esitamine

Alljärgnevas tabelis on esitatud näide, kuidas valgustuse projekteerija kasutab elektriprojekti andmeid ja võrdleb valitud lahendust modelleerimistulemustega.

VALGUSTUSE TARBITAVA ENERGIA ARUANDEVORM	
HOONE ANDMED	
Address	
Hoone tüüp	haridushoone
Põrandapindala kokku	
RUUMI ANDMED	
Ruumi tüüp	klassiruum

Ruunitüübi pindala hoones kokku					
Valgustusüsteemi kirjeldus	lakke riputatav energiasäästlik hämardatav leedvalgusti (21,5 W x 7)				
Paigaldise koguvõimsus (W)	150,5				
Kasutatav valgusti	SmartForm BCS460 LED24/840				
Valgusti andmed	Valgustuse hooldetegur	Ballasti kaotegur (%)		Hämarduse maksimumtase (%)	
	0,8	0		1	
Ruumi kasutatavus	p / 7 p	h / 24 h		h	
	5	8		8-16	
Andmed	Põranda-pindala (m ²)	Arvutuspiirkonna kõrgus (m)	Pindade peegeldustegur (%)		
			Seinad	Lagi	Põrand
Ruumi nimetus: kontor 1	72	0.80	50	70	20
MODELLEERIMISTARKVARA					
Valgustuslahendus	DIALux Evo				
Päevavalguse mudelid ja elektervalgustuse arvutused	Radiance/Daysim				
Kuupäev	Nimi (teostaja)		Allkiri (teostaja)		
VALGUSTUSLAHENDUSE ARVUTUSED					
Valgustuse erivõimsus (W/m ²)	2,09				
Piirkond	Tööpiirkond ≥300/≥0,6	Vahetu ümbrus ≥200/≥0,4	Taustapiirkond ≥66,7/≥0,1		
1 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	321/0,90	286/0,68	180/0,17		
2 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	308/0,60	263/0,40	173/0,17		
3 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	326/0,64	276/0,46	170/0,18		
4 - Keskmine valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	300/0,62	245/0,40	178/0,17		
GRAAFILISELT					
					
Väärtused luksides					

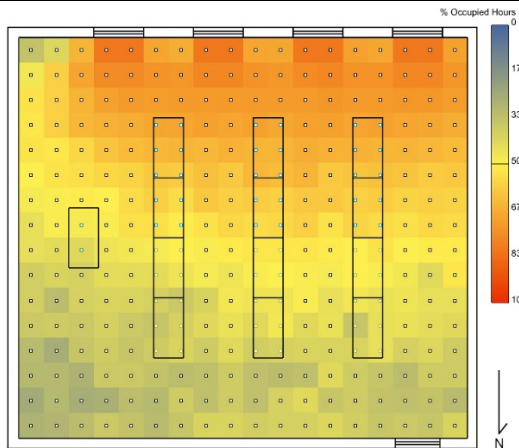


Väärtused luksides

PÄEVAVALGUSE JA ELEKTERVALGUSTUSE MUDELI SEADED

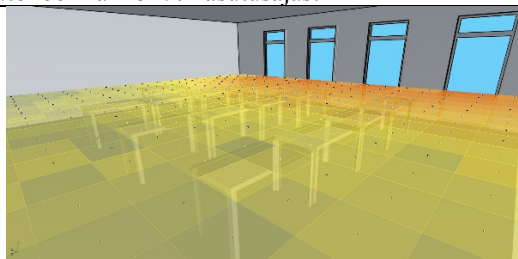
Kohalolekuperiood	Tööpäevadel kell 08–16
Juhtimissüsteemi tüüp	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur
Aknaklaasi valgusläbivus (%)	70
Rastri samm (m)	0,5
PÄEVAVALGUSE PARAMEETRID JA MODELLEERIMISTULEMUSED (ainult Radiance/Daysim)	
Valgustatud alad	3
Ümbruskonna peegeldussuhte parameeter (-ab)	4
Päeva valguse keskmine autonoomia (%)	34
Päeva valguse keskmine sujuv autonoomia (%)	52

GRAAFILISELT



Päeva valguse sujuv autonoomia (500 lx)

Päeva valguse keskmine sujuv autonoomia = 52% kasutusajast

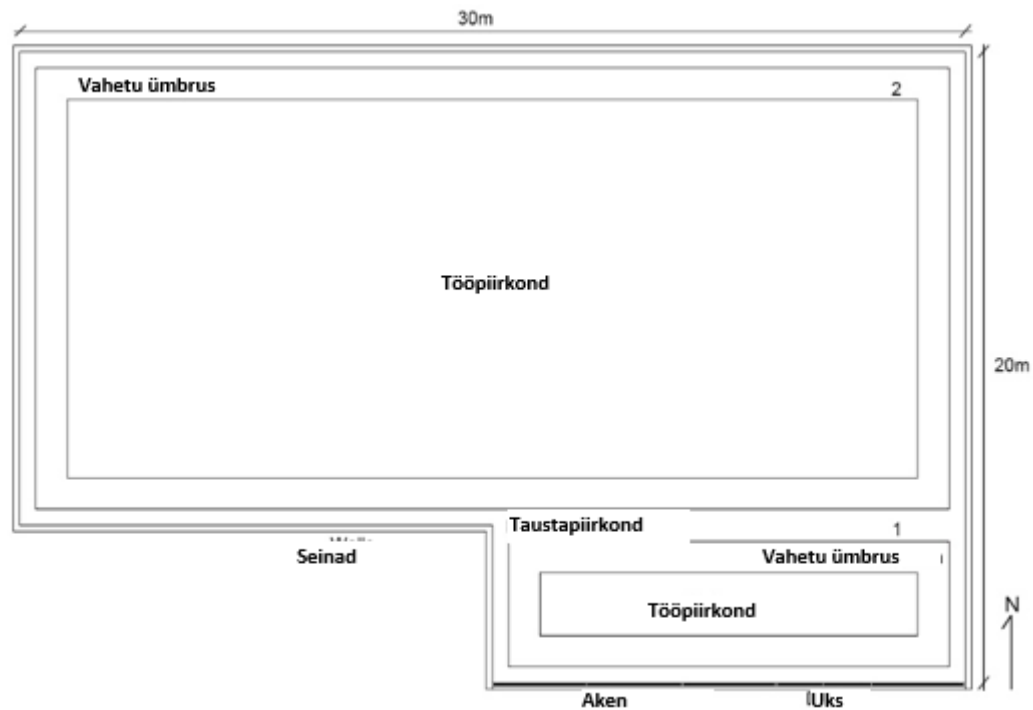


VALGUSTUSE TARBITAVA ENERGIA TULEMUSED

Aastane energiatarve (kWh/m ²)	1,99		
Kuupäev	Nimi		Allkiri

5.5 Kaubandusruumi valgustusuuringu näide

Neljas valgustuse hindamise jaoks valitud ruumitüüp vastavalt punktile 4.1 on kaubandusasutuse müügisaal. CAD-failina saadud ruumiplaan kasutatakse mudeli loomisel, mis sobib nii elektrivalgustuse kui ka päevavalguse modelleerimiseks. Näite jaoks valiti suur L-tähe kujuline ruum, mille müügipinna suurus on 30 m × 15 m ning kassade ja pakkimislaudade ala 15 m × 5 m, mõlema ala kõrgus on 4 m. Hoone fassaad jääb kassadest ja pakkimislaudadest 15 m kaugusele, paikneb lõuna suunas, on täielikult klaasitud, akende kõrgus 2,5 m (joonis 6). Näidiseks olev kaubandusruum asub Tallinnas, mistõttu kasutatakse Tallinna ilmastikutingimuste andmete faili.



Joonis 6. Kaubandusruumi plaan koos arvutuspiirkondadega

5.5.1 Valgustuslahendus ja aastane energiatarve

Valgustuslahendus ja aastase energiatarbe arvutused hõlmavad klaasitud fassaadist tulevat päevavalguse mõju, mis on kõige suurem kassade ja pakkimislaudade alal. Määratud on kaks tööpiirkonda ja lähiümbrust, neist üks müügisaali jaoks ning teine kassade ja pakkimisala jaoks vastavalt punktile 4.2.1 (joonis 6), taustapiirkonnaks on aga kogu ülejäänud müügisaal. Arvutuspiirkonnad paiknevad põrandast 0,8 m kõrgusel. Euroopa valgustusstandardi EN 12461-1 soovitusel kahe ala jaoks on järgmised:

Kassade ja pakkimislaudade ala (ala 1)

- tööpiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 500 lx
- lähiümbruse keskmine tagatud valgustustihedus - 300 lx
- taustapiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 100 lx

Müügipind (ala 2)

- tööpiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus - 300 lx
- lähiümbruse keskmine tagatud valgustustihedus - 200 lx
- taustapiirkonna keskmine tagatud valgustustihedus -- 66,7 lx

Mõlema ala valgustustiheduse ühtluse väärtused on:

- tööpiirkonna valgustustiheduse ühtlus - 0,6
- lähiümbruse valgustustiheduse ühtlus - 0,4
- taustapiirkonna valgustustiheduse ühtlus - 0,1.

Kolm valgustite ja juhtimissüsteemi varianti on järgmised:

- Variant 1. Lakke paigaldatavad luminofoorlampidega valgustid TL5 (110 W × 32, paigaldatud võimsus kokku 3520 W) kohaloleku arvestamiseta ja päevavalguse järgi käsitsi lülitamisega.
- Variant 2. Lakke süvistatavad leedvalgustid (41 W × 68, paigaldatud võimsus kokku 2788 W) kohaloleku arvestamiseta ja päevavalguse järgi käsitsi lülitamisega.
- Variant 3. Lakke riputatavad energiasäästlikud hämardatavad leedvalgustid (24,5 W × 69, paigaldatud võimsus kokku 1690,5 W) kohaloleku arvestamiseta ja valgusanduri abil päevavalguse järgi reguleerimisega.

Nende kolme variandi valgustuse aastas tarbitava energia arvutamisel võeti alati aluseks kaks valgustirühma, sest kummaski piirkonnas (müügisaalis ning kassade ja pakkimislaudade alas) on ette nähtud erinev valgustustihedus. Variantide 1 ja 2 korral kasutatakse juhtimissüsteemina käsitsi lülitamist ning variandi 3 korral valgusanduriga juhtimist. Kohalolekut arvestavat juhtimissüsteemi ei kasutata, sest kaubandushoonetes lülitab turvapersonal valgustuse ööseks välja.

Valgustuslahendused on arvatud tarkvaraga DIALux Evo. Aastane energiatarve, mis hõlmab ka päevavalguse mõju, on arvatud modelleerimistarkvaraga Radiance/Daysim.

Kui päevavalguse ja elektervalgustuse ühise mudeli jaoks kasutatakse modelleerimistarkvara Radiance/Daysim, siis on oluline rakendada kõrge kvaliteedi seadeid, et saavutada võimalikult täpne valgustuse tarbitava energia prognoos. Ümbruskonna peegeldussuhte parameetri väärtus peaks olema vähemalt 4 (-ab 4). Modelleerimistarkvaras IDA-ICE ei saa seada arvutuse kvaliteeti.

Kolme projektivariandi arvutuste tulemused on esitatud tabelis 16: valgustuse erivõimsus, kahe tööpiirkonna keskmine valgustustihedus, kahe tööpiirkonna valgustustiheduse ühtlus, juhtimissüsteemi tüüp ja aastane energiatarve koos päevavalguse mõjuga.

Tabel 16. Aastase energiatarbe tulemuste ja kolme variandi arvutamise tabel

Variant	Valgustuse erivõimsus (W/m ²)	Keskmine valgustihedus (lx)	Valgustiheduse ühtlus (U ₀)	Juhtimissüsteemi tüüp	Valgustirühmad	Aastane energiatarve (kWh/m ²)
Tabeliväärtus	20	-	-	-	-	56,18
1	6,70	569–334	0,73–0,66	Käsitsi sisse- ja väljalülitamine	2	31,7
2	5,31	543–349	0,73–0,52	Käsitsi sisse- ja väljalülitamine	2	25,6
3	3,22	501–330	0,71–0,66	Valgustuse reguleerimine valgusanduriga	2	15,62

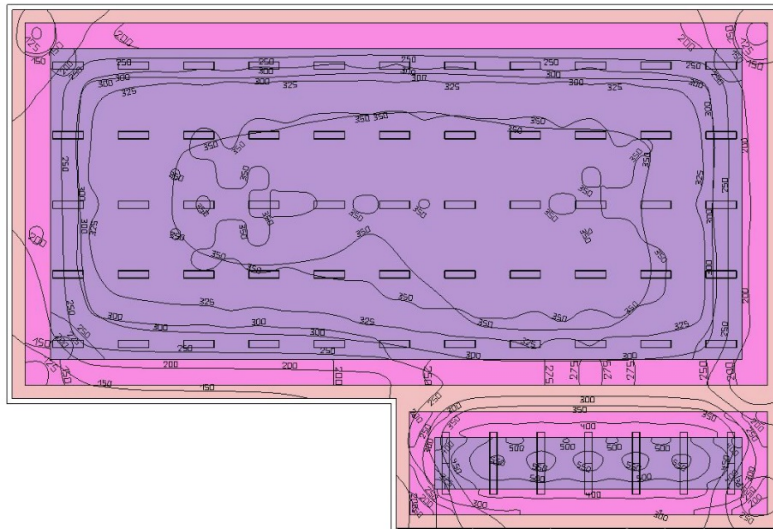
Esitatud tulemuste põhjal valitakse variant 3.

5.5.2 Kasutatud andmed ja tulemuste esitamine

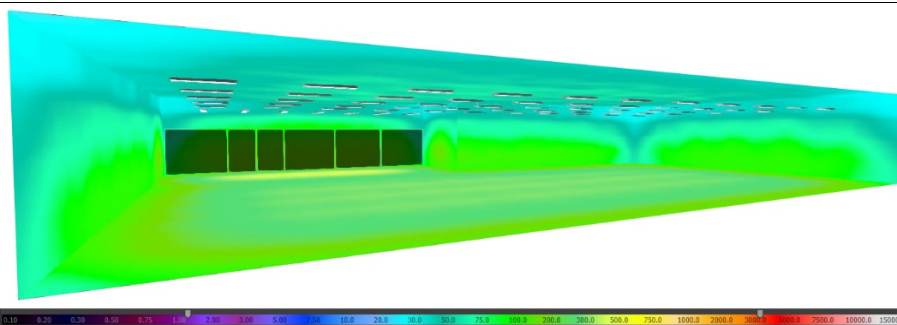
Alljärgnevas tabelis on esitatud näide, kuidas valgustuse projekteerija kasutab elektriprojekti andmeid ja võrdleb valitud lahendust modelleerimistulemustega.

VALGUSTUSE TARBITAVA ENERGIA ARUANDEVORM					
HOONE ANDMED					
Address					
Hoone tüüp	kaubandushoone				
Põrandapindala kokku					
RUUMI ANDMED					
Ruumi tüüp	müügisaal				
Ruunitüübi pindala hoones kokku					
Valgustusüsteemi kirjeldus	lakke riputatav energiasäästlik hämardatav leedvalgusti (24,5 W x 69)				
Paigaldise koguvõimsus (W)	1690,5				
Kasutatav valgusti	SlimBlend Rectangular SP400P POE W30L120				
Valgusti andmed	Valgustuse hooldetegur	Ballasti kaotegur (%)	Hämarduse maksimumtase (%)		
	0.7	0	1		
Ruumi kasutatavus	p / 7 p	h / 24 h	h		
	7	14	9-23		
Andmed	Põranda-pindala (m ²)	Arvutuspiirkonna kõrgus (m)	Pindade peegeldustegur (%)		
			Seinad	Lagi	Põrand
Ruumi nimetus: kontor 1	525	0.80	50	70	20
MODELLEERIMISTARKVARA					
Valgustuslahendus	DIALux Evo				
Päevavalguse mudelid ja elektervalgustuse arvutused	Radiance/Daysim				
Kuupäev	Nimi (teostaja)		Allkiri (teostaja)		
VALGUSTUSLAHENDUSE ARVUTUSED					
Valgustuse erivõimsus (W/m ²)	3,22				
Ala 1 (kassa ja pakkimislauad)	Tööpiirkond ≥500/≥0,6	Vahetu ümbrus ≥300/≥0,4	Taustapiirkond ≥100/≥0,1		
1 - Keskmise valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	501/0,71	341/0,44	288/0,35		
Ala 2 (müügipinnad)	Tööpiirkond ≥300/≥0,6	Lähiümbrus ≥200/≥0,4	Taustapiirkond ≥66,7/≥0,1		
2 - Keskmise valgustustihedus (lx) / valgustustiheduse ühtlus (U ₀)	330/0,66	202/0,55	389/0,57		

GRAAFILISELT



Väärtused luksides



Väärtused luksides

PÄEVAVALGUSE JA ELEKTERVALGUSTUSE MUDELI SEADED

Kohalolekuperiood	Kogu nädala jooksul kell 09–23
Juhtimissüsteemi tüüp	Valgustuse reguleerimine valgusanduriga

Aknaklaasi valgusläbivus (%)	70
------------------------------	----

Rastri suurus (m)	1
-------------------	---

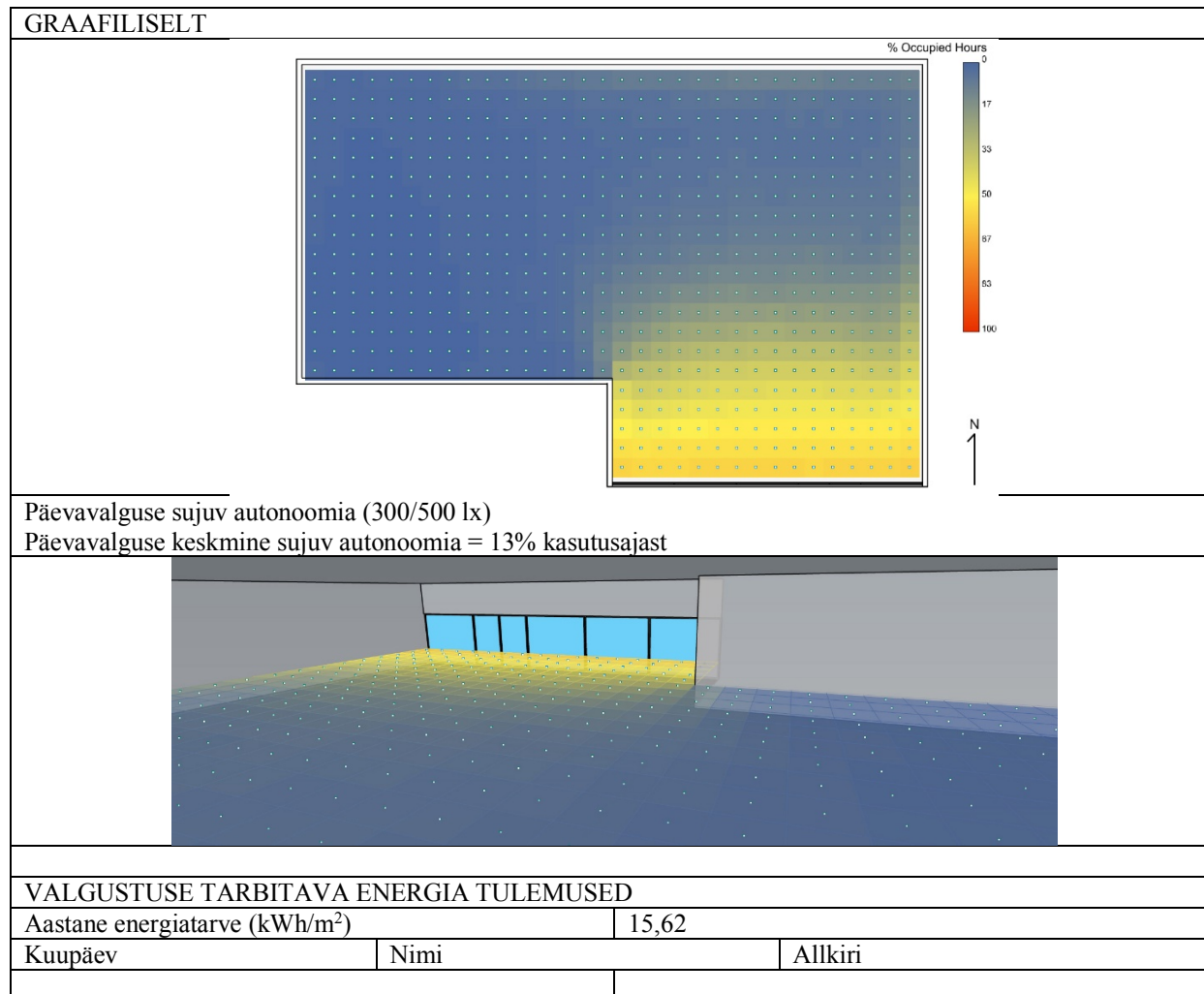
PÄEVAVALGUSE PARAMEETRID JA MODELLEERIMISTULEMUSED (ainult Radiance/Daysim)

Valgustatud alad	2
------------------	---

Ümbruskonna peegeldussuhte parameeter (-ab)	4
---	---

Päevavalguse keskmine autonoomia (%)	6
--------------------------------------	---

Päevavalguse keskmine sujuv autonoomia (%)	13
--	----



5.6 Valgustuse hindamise vormi näide

See täidetud vorm on valgustuse hindamise näide büroohoone kohta, kus kasutatakse kolme näidisruumi (vt ptk 5.1 kontor, ptk 5.2 avatud kontor ja ptk 5.3 nõupidamisruum).

Hoone andmed	
Aadress	
Hoone tüüp	büroohoone
Hoone pindala kokku	
Hoone ruumide pindala kokku (m ²)	
Ruum 1	
Ruum 2	
Ruum 3	
Elektrilahenduse andmed	
Nimetus	Kirjutamine, lugemine ja andmetöötlus
Ruum 1	kontor

Ruum 2	avatud kontor					
Ruum 3	nõupidamisruum					
Ruumi pindala (m ²)						
Ruum 1	13,5					
Ruum 2	72					
Ruum 3	60					
Valgustuse seadeväärtus tööpiirkonna/lähiümbruse/taustapiirkonna jaoks (vastavalt Euroopa valgustusstandardile EN 12464-1)						
Ruum 1	500/300/100					
Ruum 2	500/300/100					
Ruum 3	500/300/100					
Valgustuslahenduse 1 paigaldatud võimsus (W)						
Ruum 1	lakke paigaldatav energiasäästlik hämardatav leedvalgusti 47,5 W x 2 / 95					
Ruum 2	lakke paigaldatav energiasäästlik hämardatav leedvalgusti 24,5 W x 16 / 392					
Ruum 3	lakke paigaldatav energiasäästlik hämardatav leedvalgusti 47,5 W x 4 / 190					
Andmed arvutamiseks	Rastri kõrgus (m)	Rastri samm (m)	Valgustuse hooldetegur	Pindade peegeldustegur		
				Katus	Seinad	Põrand
Ruum 1	0,80	0,25		0,7	0,5	0,2
Valgustuslahendus 1			0,7			
Valgustuslahendus 2						
Ruum 2	0,80	0,25		0,7	0,5	0,2
Valgustuslahendus 1			0,8			
Valgustuslahendus 2						
Ruum 3	0,80	0,25		0,7	0,5	0,2
Valgustuslahendus 1			0,8			
Valgustuslahendus 2						
Valgustugevuse taseme andmed						
Ruum 1						
Valgustuse erivõimsus (W/m ²)			7,04			
Tööpiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)			512			
Valgustustiheduse ühtlus			0,94			
Lähiümbrus						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)			421			
Valgustustiheduse ühtlus			0,80			
Taustapiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)			238			
Valgustustiheduse ühtlus			0,45			
Ruum 2						
Valgustuse erivõimsus (W/m ²)			5,44			
Tööpiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)			505			
Valgustustiheduse ühtlus			0,86			
Lähiümbrus						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)			282			
Valgustustiheduse ühtlus			0,66			
Taustapiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)			231			
Valgustustiheduse ühtlus			0,51			
Ruum 3						
Valgustuse erivõimsus (W/m ²)			3,17			

Tööpiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)		519				
Valgustustiheduse ühtlus		0,6				
Lähikümbrus						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)		309				
Valgustustiheduse ühtlus		0,48				
Taustapiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)		121				
Valgustustiheduse ühtlus		0,36				
Modelleerimismudeli pildid						
Arvutamiseks kasutatav tarkvara						
Kokkuvõtte põhineb arvutustarkvaral: DIALux Evo						
Kuupäev	Allkiri					Nimi
Aastase elektervalgustuse arvutus (koos päevavalguse mõjuga)						
Ruumi kasutatavus	Kohalolek tundides		h / 24 h		p / 7 p	
	9–17		8		5	
Mudeli andmed	Juhtimissüsteemi tüüp	Aknaklaasi valgusläbivus (%)	Rastri samm (m)	Valgustuse seadeväärtus (lx)	Ballasti kaotegur (%)	Võimsus ooteseisundis (W)
Ruum 1		70	0,5			
Valgustirühm 1	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur			500	0	1
Valgustirühm 2	-					
Ruum 2		70	0,5			
Valgustirühm 1	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur			500	0	1
Valgustirühm 2	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur			500	0	1
Ruum 3		70	0,5			
Valgustirühm 1	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur			500	0	1
Valgustirühm 2	Valgustuse reguleerimine ja äraolekuandur			500	0	1
Päevavalguse taseme andmed (päevavalguse autonoomia / päevavalguse sujuv autonoomia)						
Ruum 1	57/73					
Ruum 2	50/68					
Ruum 3	58/73					
Valgustuse aastas tarbitava energia tulemused (kWh/m ²)						
Ruum 1	2,49					
Ruum 2	2,37					
Ruum 3	1,26					
Arvutamiseks kasutatav tarkvara						
Kokkuvõtte põhineb arvutustarkvaral: Radiance/Daysim						
Kuupäev	Allkiri					Nimi

Lisa 1

Järgmist vormi saab valgustuse projekteeerija kasutada elektrilahenduste hindamiseks ja energiamõõtmise spetsialist valgustuse aastase energiatarbe hindamiseks.

Hoone andmed						
Aadress						
Hoone tüüp						
Hoone pindala kokku						
Hoone ruumide pindala kokku (m ²)						
Ruum 1						
Ruum 2						
Ruum 3						
Elektrilahenduse andmed						
Nimetus						
Ruum 1						
Ruum 2						
Ruum 3						
Ruumi pindala (m ²)						
Ruum 1						
Ruum 2						
Ruum 3						
Valgustuse seadeväärtus tööpiirkonna/lähiümbruse/taustapiirkonna jaoks						
Ruum 1						
Ruum 2						
Ruum 3						
Valgustuslahenduse 1 paigaldatud võimsus (W)						
Ruum 1						
Ruum 2						
Ruum 3						
Andmed arvutamiseks	Rastri kõrgus (m)	Rastri samm (m)	Valgustuse hooldetegur	Pindade peegeldustegur		
				Katus	Seinad	Põrand
Ruum 1						
Valgustuslahendus 1						
Valgustuslahendus 2						
Ruum 2						
Valgustuslahendus 1						
Valgustuslahendus 2						
Ruum 3						
Valgustuslahendus 1						
Valgustuslahendus 2						
Valgustugevuse taseme andmed						
Ruum 1						
Valgustuse erivõimsus (W/m ²)						
Tööpiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)						
Valgustustiheduse ühtlus						
Lähiümbrus						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)						
Valgustustiheduse ühtlus						
Taustapiirkond						

Valgustustiheduse keskmine tase (lx)						
Valgustustiheduse ühtlus						
Ruum 2						
Valgustuse erivõimsus (W/m ²)						
Tööpiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)						
Valgustustiheduse ühtlus						
Lähiümbrus						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)						
Valgustustiheduse ühtlus						
Taustapiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)						
Valgustustiheduse ühtlus						
Ruum 3						
Valgustuse erivõimsus (W/m ²) (W/m ²)						
Tööpiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)						
Valgustustiheduse ühtlus						
Lähiümbrus						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)						
Valgustustiheduse ühtlus						
Taustapiirkond						
Valgustustiheduse keskmine tase (lx)						
Valgustustiheduse ühtlus						
Modelleerimismudeli pildid						
Arvutamiseks kasutatav tarkvara						
Kokkuvõtte põhineb arvutustarkvaral:						
Kuupäev	Allkiri	Nimi				
Aastase elektervalgustuse arvutus (koos päevavalguse mõjuga)						
Ruumi kasutatavus	Kohalolek tundides	h / 24 h	p / 7 p			
Mudeli andmed	Juhtimissüsteemi tüüp	Aknaklaasi valgus-läbivus (%)	Rastri samm (m)	Valgustuse seadeväärtus (lx)	Ballasti kaategur (%)	Võimsus potentsiaalselt (W)
Ruum 1						
Valgustirühm 1						
Valgustirühm 2						
Ruum 2						
Valgustirühm 1						
Valgustirühm 2						
Ruum 3						
Valgustirühm 1						
Valgustirühm 2						
Päevavalguse taseme andmed (päevavalguse autonoomia / päevavalguse sujuv autonoomia)						
Ruum 1						
Ruum 2						
Ruum 3						
Valgustuse aastas tarbitava energia tulemused (kWh/m ²)						
Ruum 1						
Ruum 2						

Ruum 3		
Arvutamiseks kasutatav tarkvara		
Kokkuvõtte põhineb arvutustarkvaral:		
Kuupäev	Allkiri	Nimi