

Tiiu Tamm,
Tiiu Tamm Inseneri-
büroo OÜ



Produktiivsust toetav valgustus* 1.

Koroonaviiruse levik on pannud inimesi oma tervisele rohkem mõtlema. Suurtest kontorihoonetest jäädakse võimalusel kodukontorisse, vältimaks otseseid kontakte võimalike viirus kandjatega. Siiski ehitatakse üha uusi ühiskondlikke hooneid juurde. Vaadates kodukontorite üha kasvavat trendi, tekib küsimus: kellele neid hooneid ehitatakse? Kui paljud töötajad soovivad peale korona seljatamist kontorisse naasta? Ja kui jah, siis millistesse?

Küsitlused üle maailma on näidanud, et töötajatele on olulisim produktiivne heaolu töökohal. USA töötajatest üle poole peavad töökohal tähtsaimaks head enesetunnet, alles seejärel tööelu ja heaolu tasakaalu. Produktiivse heaolu kontoris moodustavad sakslaste Sedus ja Hagstotz ITM uuringute kohaselt erinevad aspektid nagu tööga rahulolu, kontori keskkond tervikuna, tööaja regulatsioon, ettevõtte kultuur, tööohutus, palk, arenguvõimalused, kolleegid ja ülemused. Kõik loetletud tegurid on olulised. Kontori keskkonna aga moodustavad juba ülejäänud tegurid nagu valgustustingimused, sisekliima, müratase, tehnoloogia koos seadmetega jne. Siin peetakse olulisimaks just valgustustingimusi, mis kahjuks jääb enamikel juhtudel alla keskmise vajaliku taseme. Erandiks ei ole ka Eesti töökohad. Hea valgustus on midagi enam kui vaid nägemiseks, see mõjutab nähtamatul moel inimese ööpäevarütmi.

Valgustusprojekte lahendatakse Eestis valdavalt töökohapõhiselt, pidades silmas pigem odavat hankehinda, kuid unustatakse töötajate heaolu. Lisaks ei tähenda odav hankehind madalaid käidukulusid, rääkimata töötajate produktiivsusest.

Valgustuse mõju inimese tervisele ja produktiivsusele on uuritud kogu aeg, kuid eriti hoogsalt viimasel kümnendil, mil leedvalgustuse kasutusele võtmine ja valgusvärvi muutmine ööpäevarütmi toetavaks on muutunud lihtsamast lihtsaimaks. Ka mitmed Eesti ettevõtted on hakanud huvi tundma, kuidas luua oma töötajatele parimaid töötingimusi. On selle põhjuseks kõrgelt kvalifitseeritud tööjõu puudus ja sellest tingitud sundseisund hoida töötajaid oma ettevõttes või tõesti hea tahe saavutada omal alal parimaid tulemusi, ei ole vahet. Heast töökeskkonnast võidavad kõik – nii töötaja, tööandja kui ka ühiskond. Artiklis püüan tutvustada tänaseks teadlaste poolt tõestatud ja kasutust leidnud võimalusi, kuidas valgustustingimusi parandada nii, et nendega rahul ollakse.

*Järg artiklile „Ööpäevarütmi järgiv valgustus kontorihoones” Elektrialas nr 8 / 2019.

Inimese heaolu põhineb õigel ööpäevarütmil. Valgustus omab alati ööpäevarütmile mittevisuaalset mõju, on see siis positiivne või negatiivne. Kui ööpäevarütm on sassis, ei ole mõtet oodata ka häid tulemusi üheski valdkonnas. Pikaajalise korratu ööpäevarütmi tulemusena tekivad masendus, depressioon, halveneb tervis. Seetõttu keskendubki produktiivne ja tervist toetav valgustus ööpäevarütmi toetamisele. ISO/DTR 9241-610:2020 „Ergonomics of human-system interaction – Part 110: Interaction principles” toob välja, et päike on bioloogilise kella mõjutaja ning kellakeeramine on poliitiline otsus, mis ei vasta meie bioloogilisele vajadusele. Tuleks tõsiselt mõelda, millisesse kellaega me lõplikult jääme, kui vastu võetakse otsus kellakeeramise lõpetamiseks. Kui töötajatele antaks vabadus otsustada oma tööaja eest ise, ei tekitaks pikkade valgete suveõhtute armastajatel probleeme oma tööaega tunni võrra nihutada nii, et oma suveõhtuid pikemaks muuta ilma ülejäänud rahva tervisega mängimata. Eriti kannatavad kellakeeramise tõttu lapsed ja vanemad inimesed. Vastavalt ISO/DTR 9241-610:2020 viidatud uurimistöödele põhjustab valgus kehale 24-tunnise mälu efekti ööpäevarütmi osas, kuid teiste nähtamatute mõjude puhul on mälu efekt tunduvalt pikem. Uuringute kohaselt kulub 1 tunni magamatuse kompenseerimiseks 1 ööpäev, 2 tunni kompenseerimiseks 2 ööpäeva jne.

Renesselaer Polütehnilise Instituudi Valgustuse Uuringute Keskuse (*Lighting Research Center, LRC*) teadlased uurisid, kuidas inimese ajukeskus silma sattunud valgust läbi närvikanalite organismile edastab. Nad töötasid välja ööpäevarütmi valgusel (ingl *Circadian Light, CL_A*) põhineva mudeli, kuidas arvutada erinevateks kellaegadeks sobivat valgust, mis jõuab inimese silma. *LRC* tutvustas oma ööpäevastiimuli (ingl *Circadian Stimulus, CS*) meetodikat üldsusele juba mitu aastat tagasi, kui katsed nende teooria toimivusest olid läbi viidud viies suures ühiskondlikus hoones mitme aasta vältel. See meetodika põhineb hüpotaalamuse närvikanalite valgustundlikkusel, mis arvestab silmas asuvate, tänaseks teadaolevate valgustundlike retseptorite – kepikeste, ipRGC, L-kolvikeste, M-kolvikeste ja S-kolvikeste valgustundlikkust. *CS* väärtus saab jääda vahemikku 0 kuni 0,7. Nende mudeli kohaselt toob silma jõudev valgus inimese päevasesse rütmi siis, kui *CS* on paari järjestikuse tunni jooksul vähemalt 0,3. Normaalseks ööpäevarütmiks peaks see toimuma hommikul enne keskpäeva. Kui *CS* jääb alla 0,3, saab ajukeskus aru, et

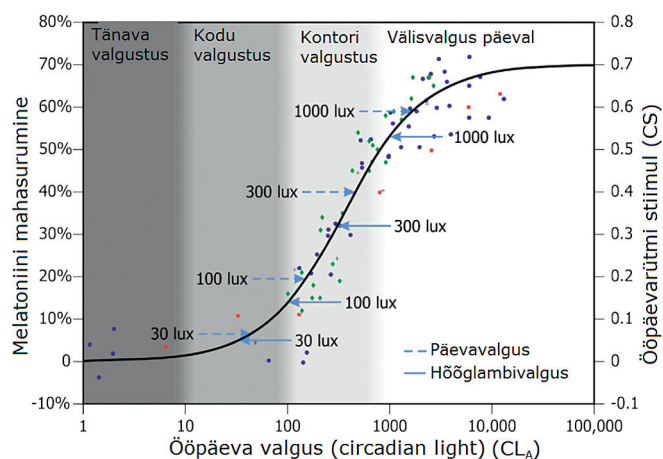
on aeg hakata inimest magamaminekuks ette valmistama. Öhtusel ajal võiks **CS** olla isegi alla 0,1. **LRC** kodulehel on ka tasuta allalaadimiseks programm, mis aitab ööpäevarütmi valgustust arvutada, kui valguse spekter on teada. Dr Mariana Figueiro poolt juhitud Valgustuse Uuringute Keskus sai 2019.aastal USA valitsuselt rekordilise 3,8 miljoni dollari suuruse toetuse uurimaks, kas ööpäevarütmi valgustuse kasutamine vanemate inimeste puhul parandab nende une, taju ja mälu kvaliteeti.

WELL Building Standard kasutab valgustusest tingitud heaolu määramiseks nii ekvivalentse melanoopilise valgustustiheduse (**EML**) väärtust kui ka päevavalguse (D65) valgustustiheduse melanoopilist ekvivalenti **m-EDI** (selgitus järgmises lõigus). Esimene neist põhineb sajandi algul avastatud silmapõhjas paiknevate melanopsiini sisaldavate ipRGC rakukeste tundlikkusel silma võrkkestal. **EML** võtab arvesse inimese vanuse, silma jõudva valgustustiheduse ja valguse spektraalse jaotuse, kuid ei arvesta seda, et ka silmas asuvad kepikeused ning kolvikesed annavad oma osa ööpäevarütmile. WELL Building Standardis on välja töötatud nõuded mistahes keskkonnale tagamaks seal viibivatele inimestele rahulolu. Arvesse võetakse mitte üksnes valgustustingimusi, vaid kõikvõimalikke tingimusi, mis seda mõjutavad. Et saada WELL sertifitseerituks, on valgustuse osas terve hulk nõudeid, mida Eestis veel oluliseks ei peeta. Näiteks **EML** ≥ 150 lx või **m-EDI** ≥ 136 lx annab sertifitseerimisprotsessis 1 punkti, **EML** ≥ 240 lx või **m-EDI** ≥ 240 lx annab juba 3 punkti. Värviesitusindeks peab olema kas **CRI** ≥ 90 või kui **CRI** ≥ 80 , peab valguse spektris olema sügavpunase värvi väärtus **R** ≥ 50 . Räägus töökohtadel ei tohi kuskil ületada väärtust 16.

2020. aasta novembri seisuga on maailmas juba 4915 WELL projekti, neist enim USAs – 2119. Euroopast enim on neid registreeritud Suurbritannias – 1394 projekti. Lähimaadest Soomes – 14, Rootsis 25, Venemaal 5, Leedus 2, Lätis 1 ja Eestis 0.

Teadlased on välja selgitanud, et silmaava suurust, melatoniini mahasurumist ja ööpäevarütmi rikkumist ei põhjusta mitte ainult melanopsiini sisaldavad ipRGC rakukesed, vaid ka teised seni teada olevad fotoretseptorid, kusjuures nende mõju sõltub valguskiirguse intensiivsusest, spektrist, kestvusest, ajalisest ajastusest, eelnevast valguse muustrist ja unekestvuse seisundist. Rahvusvahelises standardis CIE S026:2018 „CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light” on ööpäevarütmi valgustuse arvutamiseks kasutusele võetud päevavalguse (D65) valgustustiheduse melanoopilise ekvivalent **m-EDI**. See ekvivalent kombineerib viie teada oleva fotoretseptori tundlikkuse päevavalgusega. Hetkel on teada vaid üks mõõteriist, mis seda ka mõõta ja tulemust genereerida suudab, kuid lähitulevikus võib eeldada sama väärtuse võimekust ka konkureerivatelt mõõteseadmetelt.

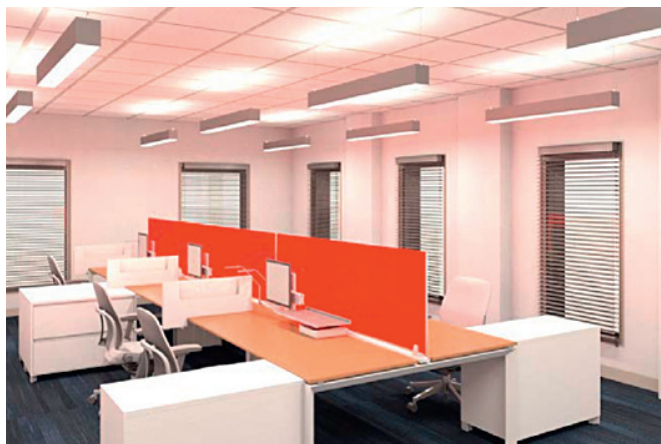
Ükski nendest eespool nimetatud valgustuse mõõtmise meetoditest ei ole täiuslik. Näiteks hämaras ruumis tagavad visuaalse nägemise just kepikeused, millel on oma mittevisuaalne mõju. Kaasaegsed spektromeetrid suudavad mõõta nii **CS**i, **CL_A** kui **EML**i väärtust. Allakirjutanu on erinevatel objektidel mõõtmiste käigus saanud



LRC poolt välja arvutatud mudel, kuidas inimese ajukeskus reageerib silma jõudvale valgusele. Ärkvelolekusignaal edastatakse ajukeskusesse $CS > 0,3$ korral



Üks LRC poolt välja töötatud võimalustest, kuidas kontoris simuleerida hommikust äratusvalgust. Töökohtade vahele on paigaldatud sinist valgust andev leedpaneel, $CS > 0,3$



Kui päeval valgusküllasel ajal on leedpaneel välja lülitatud, siis enne tööpäeva lõppu alandati punase leedvalguse abil $CS < 0,1$

tulemuseks, et kui ei vasta neist **CS** või **EML** väärtusest üks suurus, siis enamasti ei vasta ka teine, st mõõtmisel on näha, kas töötaja saab oma töökohal piisavalt äravatavat valgust või mitte. (Järgneb)