ROHEMÄRGISE STANDARD 2015

Sisukord

Eessõna **2**

1 Teoreetiline taust **3**

2 Kriteeriumite põhjendus **12**
2.1 Sisekliima kategooria 12
2.2 Energia kategooria 16
2.3 Asukoha kategooria 18

Viited **20**

Eessõna

Maailmas on hoonete kvaliteedi hindamisel hetkel enim kasutust leidnud nn. teise põlvkonna rohemärgised. Kui esimese põlvkonna rohemärgised keskendusid keskkonnamõjudele, siis teise põlvkonna rohemärgistesse on kaasatud lisaks eelnevale ka sotsiaalsed ja majanduslikud mõjud. Sotsiaalsete mõjude all käsitletakse hoonete mõju inimestele, seda nii hoone kasutajate kui ka hoone naabruses elavate/töötavate inimeste seisukohast. Majanduslikud mõjud käsitlevad peamiselt hoone rajamise, kasutamise ja lammutamisega seotud kulutusi.

Käesolev Rohemärgis 2015 klassifikatsioon on ette nähtud hoone keskkondliku, sotsiaalse ja majandusliku kvaliteedi ehk jätkusuutlikuse hindamiseks hoone projekteerimise faasis ja projektdokumentatsiooni hindamisel. Rohemärgis 2015 klassifikatsiooni saab kasutada nn. '*roheliste riigihangete*' korraldamisel kui juhis- ja nõudedokumenti hangetel kandideerijatele. Selle abil on tellijal mugav esitada nõudeid kavandatavale hoonele *Parima*, *Väga hea* või *Hea* kvaliteedile vastava hoone ehitamiseks. Rohemärgis sobib kasutamiseks ka eratellijate poolt kvaliteetsete ja keskkonnasäästlike hoonete kavandamisel. Rohemärgise kategooriad ja kriteeriumid põhinevad TTÜ-s läbi viidud originaaluuringu teaduslikel tulemustel [1].

Rohemärgise klassifikatsiooni süsteem on välja töötatud töökohtadega hoonetele ehk mitte-eluhoonetele, kuid selle põhimõtted on rakendatavad ka elamutes. Lisaks juba praegu kohustuslikule energiamärgise nõudele, seab rohemärgise klassifikatsioon kohustuse hoone kavandamisel ja hindamisel käsitleda sisekliima ja asukoha kategooriat. Energia, sisekliima ja asukoha kategooriad koos nendes hinnatavate kriteeriumitega on Eesti tingimustes jätkusuut-likuse seisukohalt keskse tähtsusega kattes ligikaudu 95% jätkusuutlikuse aspektidest. Kriteeriumid ja nende erinevad sertifikaadi tasemed on määratle-tud Eestis kehtivate standardite ning regulatsioonide alusel. Rohemärgise tasemetel on tõendatud seosed ka LEED ja BREEAM sertifikaatide tasemetega.

Kõik kolm kategooriat koosnevad põhi- ja abikriteeriumitest. Kõik põhikriteeriumid on täitmiseks kohustuslikud, kuid abikriteeriumeid on võimalik täita valikuliselt vastavalt tellija eelistustele. Millisel hulgal ja mis tasemele vastavalt on vaja kriteeriumie täita on täpsemalt selgitatud iga kategooria peatüki alguses. Kategooriate sertifikaadid määratletakse individuaalselt, seega hoone kohta väljastatakse informatsioon iga kategooria sertifikaadi taseme kohta. Hoone üldine sertifikaadi tase vastab madalaimale ühes kategoorias saavutatud sertifikaadi tasemele. Kriteeriumid on reeglina hinnatavad 3-astmeliselt. Olenevalt taotletava sertifikaadi tasemest tuleb kriteeriumid täita vähemalt sellele tasemele vastavalt.

Rohemärgis 2015 klassifikatsiooni saab kasutada nn. '*roheliste riigihangete*' korraldamisel kui juhis- ja nõudedokumenti hangetel kandideerijatele. Rohemärgis sobib kasutamiseks ka eratellijate poolt kvaliteetsete ja keskkonnasäästlike hoonete kavandamisel.

Rohemärgis 2015 on välja töötatud Riigi Kinnisvara AS-i, Eesti Arengufondi,

Keskkonna Investeeringute Keskuse ja Tallinna Tehnikaülikooli poolt koostöös ehitus-, kinnisvara- ja projekteerimisorganisatsioonidega. Tegemist on jätkuprojektiga varasemalt RKAS-i poolt tellitud ja TTÜ Keskkonnatehnika instituudi Kütte ja ventilatsiooni õppetoolis läbiviidud uuringule 'Hoonete keskkonnamõju arvestamine, nn. "roheline märk" ' [2].

Uurimistöö teostajad tänavad ekspertkomisjonides osalenuid, Riigi Kinnisvara AS-i, Keskkonna Investeeringute Keskust ja Eesti Arengufondi eraldatud toetuse eest ja loodavad, et käesolevast aruandest on kasu Eesti vabariigi arhitektidele, inseneridele ja konsultantidele nende igapäevases töös.

Tallinna Tehnikaülikooli poolt olid uurimistöösse kaasatud prof. Jarek Kurnitski, prof. Henrdik Voll ja ass. Erkki Seinre.

1 Teoreetiline taust

Eesti tingimuste jaoks olulised kategooriad on tuvastatud Tallinna Tehnikaülikoolis läbi viidud uuringu tulemuste kohaselt. Mainitud uuringu autoriteks olid E. Seinre, J. Kurnitski ja H. Voll. Vastavalt uuringu tulemustele koosneb kavandatav Eesti Rohemärgis 2015 klassifikaator mitte-eluhoonetele kolmest põhikategooriast ning nendega kaetud kriteeriumitest. Uuringu tulemused on ka avaldatud teadusajakirjas Energy and Buildings [3].

Nimetatud uuring seadis eesmärgiks tuvastada teaduslikult põhjendatult kategooriate olulisus rohemärgiste standardites. Selleks võrdlesime enam levinud rohemärgise standardi põhikategooriaid, võttes igas kategoorias iseloomustavaks näitajaks ühe põhikriteeriumi. Võrreldud põhikategooriad olid järgnevad: sisekliima, energia, materjalid, transport ja vesi. Tuvastasime iga kriteeriumi rahalise ja keskkondliku mõju. Selleks määratlesime iga kriteeriumi minimaalse taseme, nn. baastaseme, ja parima võimaliku taseme (rohemärgise standardist tulenev eelistus või lahendus, mis annab vastava kriteeriumi puhul kõrgeima hinnangu). Selline lähenemine võimaldas tuvastada erinevate lahenduste mõju ja nende ulatust.

Sisekliima kategoorias moodustasid uuritava vahemiku EVS-EN 15251 [4] *III klassi* kohane ventilatsioon jahutuse seadetemperatuuriga 25 °C (baastase). Parima lahenduse korral arvestasime EVS-EN 15251 *klass I* ventilatsiooni õhuvooluhulgaga ja jahutuse seadetemperatuuriga 23 °C. Mõlema variandi puhul eeldasime materjalide emissiooniks madalat taset EVS-EN 15251 kohaselt. Energia kategooria võrdluse baastasemeks arvestasime Vabariigi Valitsuse määruse nr. 68 [5] miinimumnõuetele vastava hoonet (C klass, joonistel tähistatud '*Min. nõud*') ja parimaks sama määruse kohaselt liginullenergia hoonet (A klass, joonistel tähistatud '*nZEB*'). Sisekliima ja energia kategooria mõju leidmiseks kasutasime IES-VE simulatsioonitarkvara kasutades kliimafailina Eesti TRY baasaastat. Materjalide osas võrdlesime terase, betooni ja puidu mõju keskkonnale, arvestades neid kui põhikonstruktsioonimaterjale millest kontorihoone rajada. Konkreetseid konstruktsioone ei vaadeldud detailselt. Transpordi osas võrdlesime äärmustena ühistranspordi kasutajate osakaa-

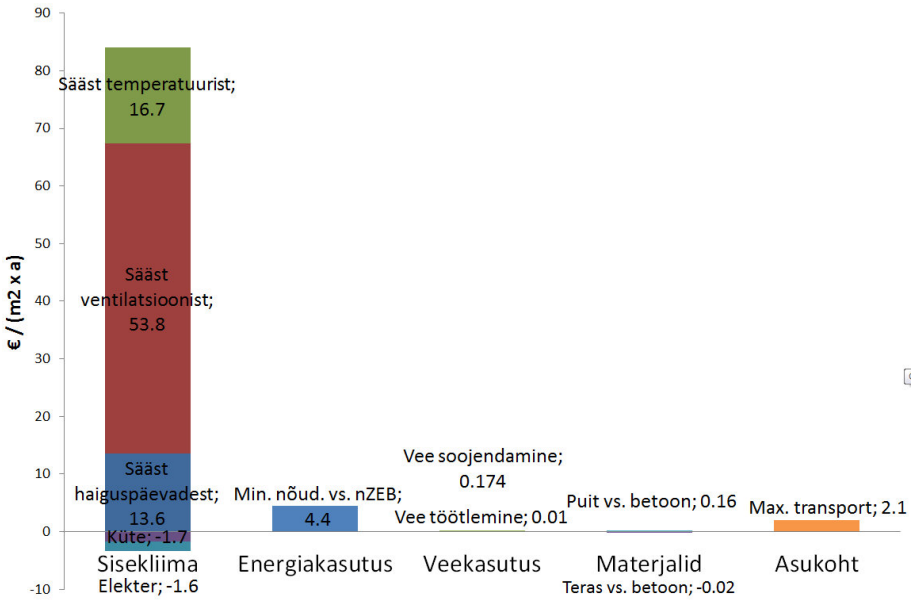
lu hoone töötajaskonnast. Baastaseme korral eeldasime kasutajate arvuks 35% ja parima lahenduse korral 70%. Viimase sisendiks oli LEED-i [6] hinnang, et sõitude arvu suurendamine 4-kordseks suurendab kasutajate arvu 2 korda. Analüüsisime olukorra mõju nii 8 kui 12 km ühe otsa töölesõidu teekonna pikkuse korral. Vee kategoorias oli baastasemeks Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi määrus nr. 63 [7] kohane juhis sooja tarbevee aastasse hulga kohta büroohoonele ning eeldus, et soe vesi moodustab üldisest veetarbest 40%. Parima lahenduse korral kasutasime -40% vähendatud veetarbimist, mis annab maksimaalsed punktid LEED standardi kohaselt veetarbe vähendamise eest. Toodud kategooriat esindavate kriteeriumite baastaseme ja parima lahenduse võrdluses tuvastasime kategooriate keskkondliku ja rahalise mõju.

Kategooriate rahaline mõju on toodud Joonisel 1. Antud rahaline mõju arvestab kulusid tööandja seisukohalt. Arvestatud on jooksvate kuludega tööjõu palgale, tarbitavale energiale ja veele ning materjalide ja transpordi osas eeldatud keskkonnatasudele. Konkreetsed eeldused kulude leidmiseks on detailsemalt lahti seletatud teadusajakirja Energy and Buildings [3] artiklis, millest kokkuvõte on saadaval ka TTÜ-s kaitstud doktoritöös [1]. Selgelt domineeriv on sisekliima mõju. Joonisel esitatud toetab selgelt ideed investeerida sisekliima parandamisse: suurenevad küll kulud küttele ja elektrile, kuid tänu paremale sisekliimale toob suurenev tööviljakus investeeringu maksumuse mitmekordselt tagasi. Tööviljakuse paranemine on tingitud sobilikumast siseõhu temperatuurist (jahtuse seadetempeatuur 23 ℃ baastaseme 25 ℃ asemel) ja suuremast ventilatsiooni õhuvooluhulgast (*I klass* EVS-EN 15251 *III klassi* asemel). Lisaks väheneb suuremate ventilatsiooni õhuvooluhulkade korral haiguspäevade arv töötajaskonna kohta, kuna ruumis vahetub õhk kiiremini ja haigustekitajate levik on selle võrra piiratum.

Jooniselt 1 näitab energiatõhusamate hoonete säästu võrreldes vähem energiatõhusate hoonetega. C klassi (joonisel *Min. nõud.*) hoone jooksevkulutusi A klassi (joonisel *nZEB*) hoonega võrreldes on viimase kasutuskulud selgelt väiksemad.

Vee ja materjali kategooria rahaline mõju on Joonisel 1 toodud tulemuste kohaselt praktiliselt olematu võrreldes teiste kategooriatega. Siin tuleb arvestada, et vee puhul on arvestatud vee töötlemise elektrienergia kulu ja vee kaugküttega soojendamise kulu. Üleminekul energia väärtustelt (kWh) eurodesse on arvestatud vastavalt elektri (93.36 €/MWh) ja kaugkütte (74.53 €/MWh) hinda.

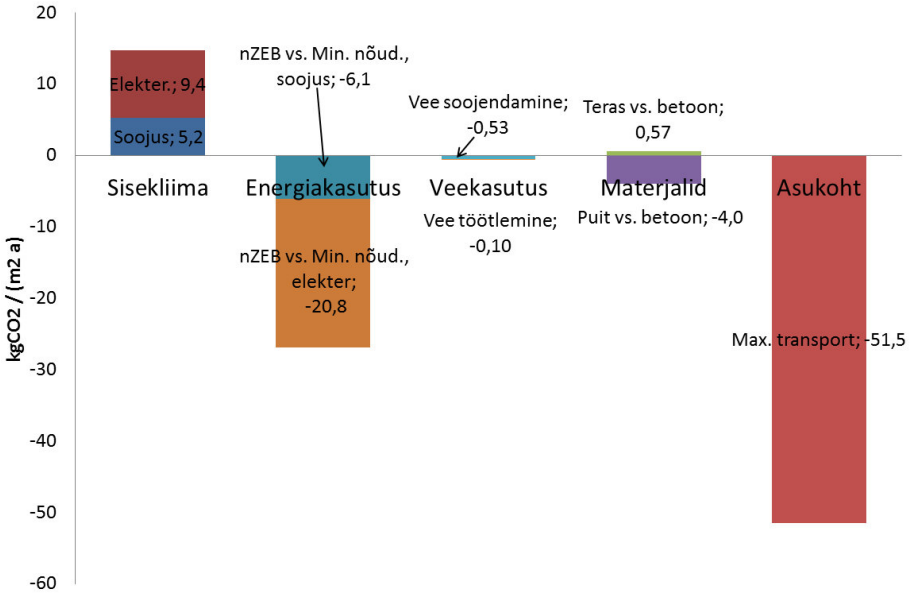
Materjalide puhul on rahaline väärtus saadud materjalide CO_2 emissioonide konventeerimisel eurodesse arvestades CO_2 kvoodi hinnaks 40 €/ton. Teadlaste poolt hinnatuna peaks just selline olema CO_2 kvoodi hind soodustamaks alternatiivenergia tehnoloogiate konkurentsivõimekust fossiilkütustega [8]. Kuniks vähemalt selline hinnatase pole saavutatud on sisuliselt tegemist fossiilkütuste subsideerimisega. Siin on arvestatud tingimusega nagu oleks hoone omanik vastutav CO_2 emissioonide eest ja seega kohustatud tasuma trahvi vastavalt emissioonide kogusele. Toodud väärtus on selgelt suurem kui hetkel kehtiv CO_2-kvoodi hind. Seega praegused CO_2-kvoodi hinnad ei soodusta alternatiivtehnoloogiate kasutuselevõttu tänu nende kõrgele hinnale ja odavale fossiilkütusest tulenevale trahvile.



Joonis 1: Kategooriate rahaline mõju. Positiivsed väärtused näitavad säästu või sissetulekut, negatiivsed väärtused väljaminekuid või kulu.

Asukoha puhul on näidatud rahalist säästu suurima ühistranspordi kasutajate hulgaga olukorra jaoks, mil keskmine töölesõidu distants on 12 km, hoones on inimese kohta arvestatud 10 m^2 (sellest tuleneb suurem inimeste koguarv hoones) ja võrreldud CO_2 emissioonide erinevust olukorras kus on 35 ja 70% ühistranspordi kasutajaid. Arvutustes ei ole arvestatud emissioonide suurenemist ühistranspordist. Nagu näha Joonisel 2 on CO_2 emissioonide erinevus suur, aga selle viimisel üle eurodesse (arvestades kvoodi hinnaks 40 €/ton) on rahaline mõju suhteliselt tagasihoidlik.

Joonis 2 näitab kategooriate mõju keskkonnale CO_2 emissioonidena. Tegemist on suhtelisi CO_2 emissioone kujutava joonisega: näidatud on CO_2 emissioonide muutu tingituna erinevatest äärmsulikest lahendustest. Nagu jooniselt näha nõuab parem sisekliima ohverdusi: tuleb kasutada rohkem elektrit ja soojust, mis toob kaasa energia tootmisest tingituna suurenenud CO_2 emissiooni. Energiakasutuse kategoorias on näha mõju ulatus olenevalt hoone energiatõhususest. Toodud on miinimumnõuetele (*Min. nõud.*) ehk klass C-le vastav ja liginullenergia (*nZEB*) hoone ehk klass A energiatarbimise erinevus. Jooniselt on näha energiatõhusamate hoonete selgelt väiksemat keskkonnamõju kasutusea jooksul. Veetarbimine ja sellest tingitud keskkonnamõju CO_2 emissioonide näol on tühine: veetarbimise vähendamine -40% muudab CO_2 emissioone (seotud vee töötlemisele ja soojendamisele kuluva energialiigiga) 0.63 kg/m^2 aastas. Konstruktsioonide materjalide valik omab teatud mõju: puit on selgelt väiksema mõjuga kui teras või betoon. Terase ja betooni erinevus on samasse järku veekasutuse emissioonide vähenemisega. Asukoht, sellega seotud ühistranspordi juurdepääs ja inimeste osakaal, kes ühistransporti kasutavad võib uuringu meetodi-

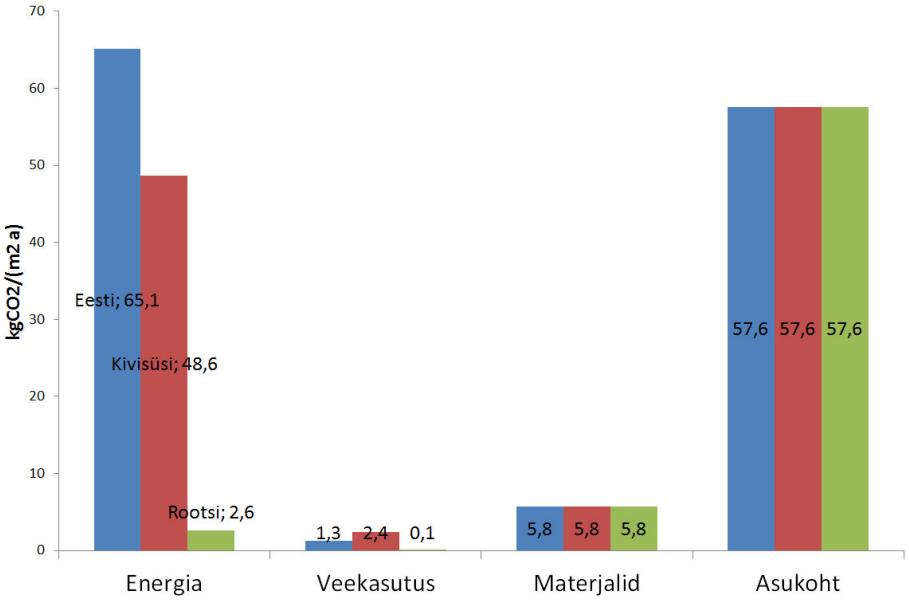


Joonis 2: Kategooriate CO_2 emissioonid erinevate projektlahenduste korral.

te kohaste eelduste järgi omada suurimat keskkonnamõju: kaks korda suurem ühistranspordi kasutajate osakaal vähendab oluliselt individuaalsõitude CO_2 emissioone. Joonisel 2 toodud väärtus vastab olukorrale kus keskmine töölesõidu distants on 12 km, hoones on inimese kohta arvestatud 10 m^2 ja võrreldud CO_2 emissioonide erinevust olukorras kus ühistranspordi kasutajaid on 35 (baastase) ja 70% (parim lahendus). Ühistransporti mitte kasutavad inimesed on mõju arvestuses eeldatud kasutama fossiilsetel kütustel (bensiin/diisel) liikuvaid sõidukeid.

Lisaks erinevate projektlahenduste (sisekliima klass, energiatõhusus, veekasutuse määr, materjalide ja asukoha valik) mõjule CO_2 emissioonile on Joonisel 3 toodud absoluutne CO_2 emissioonide ulatus. Kategooriate CO_2 emissioonide absoluutne mõju on leitud baastaseme ja parima lahenduse variantide emissioonide keskmisena. Erandiks on materjalide kategooria, kus on toodud betooni emissioon kui kõige tavalisem põhikonstruktsioonimaterjal mitte-eluhoonetes. Siin on arvestatud, et materjalide ja asukoha kategooriat CO_2 emissioone primaarenergia allikad ei mõjuta. Detailsem selgitus graafiku koostamiseks kasutatud arvväärtuste kohta on toodud Energy and Buildings artiklis [3]. Jooniselt on selgelt näha energia ja asukoha kategooria olulisus Eesti kontekstis, samas kui materjalide ja veekasutuse tähtsus jääb tagasihoidlikuks. Joonis näitab selgelt energia tootmisviisi ja kütuse liigi olulisust: näiteks Rootsi energiaallikate korral kahaneb energia kategooria emissioon suuruselt kolmandaks.

Nagu uuringu tulemused näitavad on Eesti kontekstis selgelt olulisim sisekliima kategooria, mis mõjutab tööviljakust. See on kooskõlas ka varasemate uuringute tulemustega mujalt maailmas, mille tulemused on samuti rõhutanud tööviljakuse positiivset mõju ja olulisust. Näiteks olgu toodud Kats et al. [9], Issa et al. [10] ja Fisk et al. [11]. TTÜ-s teostatud uuringu tulemused näitasid



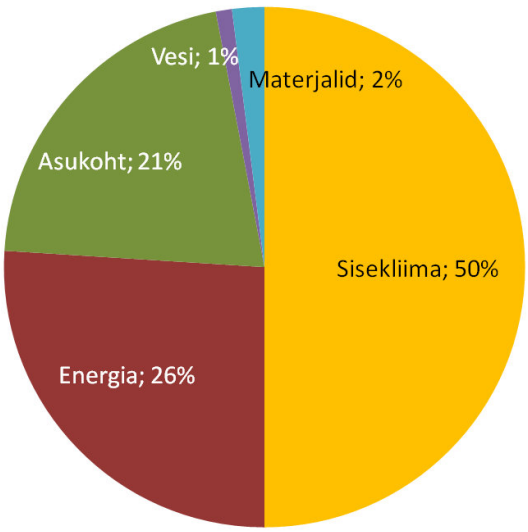
Joonis 3: Absoluutne CO_2 emissioon kategooriate lõikes. Iseloomustamaks primaarenergia allika olulisust on toodud võrdlus erinevate primaarenergia allikatega. Eesti olukorra kirjeldamiseks on soojuse tootmisel arvestatud CO_2 emissiooniks 225, elektri tootmisel 1080 gCO_2/kWh. Kivisöe puhul on emissiooniks arvestatud 503.5, Rootsi kaugküttel 21.6 ja elektril 33.4 gCO_2/kWh.

kahe kategooria praktiliselt olematut tähtsust Eesti kontekstis – materjalide ja veekasutuse kategooria moodustasid kogu osakaalust vastavalt ainult 2 ja 1%. Viimane on tingitud analüüsitud materjalide variantide väiksest keskkonnamõju erinevusest ja vee hinna ning töötlemise madalast maksumusest. Kategooriate osakaaludude jaotus olulisuse järgi Eesti Rohemärgise klassifikaatoris peaks uuringu tulemuste järgi jagunema Joonis 4 kohaselt. Siin on arvestatud nii rahalist kui keskkondlikku mõju. Kui läheneda kategooriate olulisuse määramisel ainult rahalisest mõjust lähtudes, peaks sisekliima kategooria osakaal moodustama ligi 90% kogu osakaalust. Sisekliima kategooria on piiratud maksimaalse osakaaluga (50%), et jätta teistele kategooriatele arvestatavat kaalu. Ülejäänud 50% osakaal on jagatud kategooriate vahel vastavalt rahalise ja keskkondliku mõju osakaalude keskmisena. Keskkondlikus mõjus on arvestatud nii suhtelist (emissioonide vähenemine parima lahendusega võrreldes baastasemega) kui absoluutset mõju (parima ja baastaseme keskmine).

Joonisel 5 on toodud LEED ja BREEAM kategooriate osakaalud. Võrreldes Joonis 4 ja Joonis 5 omavahel on selgelt näha erinevused:

1. hinnatavate kategooriate arvus, ja
2. kategooriate osakaalus.

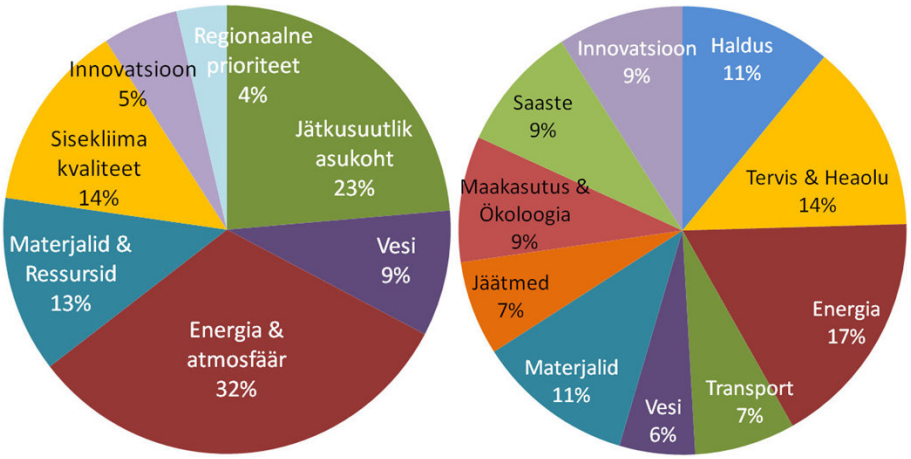
LEED ja BREEAM jaotavad hoone kvaliteedi hindamise ära suurema hulga kategooriate vahel, samas kui Rohemärgis 2015 klassifikaator baseerub kolmel põhikategoorial. Oluline on erinevus ka olulisimas kategoorias: Rohemärgis 2015



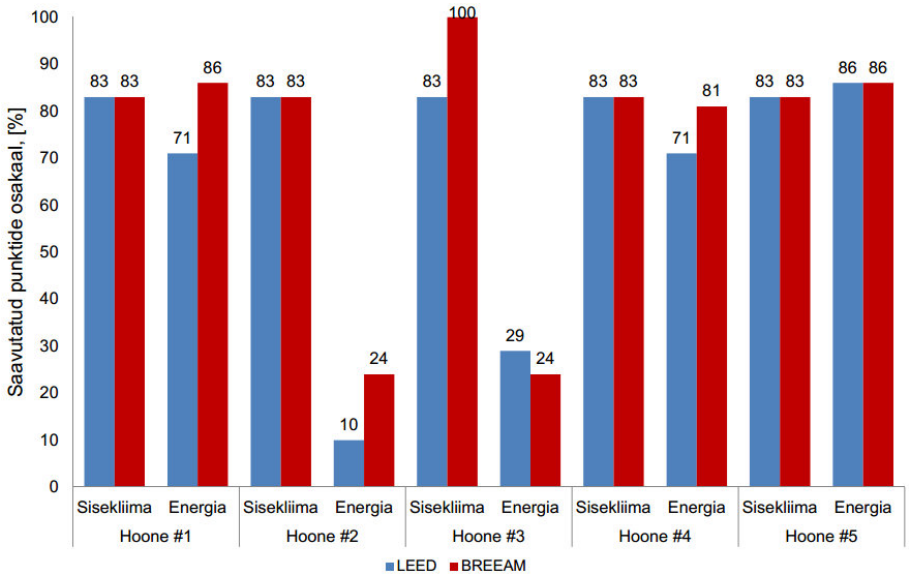
Joonis 4: Eesti Rohemärgise klassifikaatori kategooriate osakaalud tulenevalt nende rahalisest ja keskkondlikust mõjust.

puhul on see selgelt sisekliima, samas kui LEED-is ja BREEAM-is on selleks energia. Energia kategooria on Rohemärgis 2015 olulisuselt teine.

Olles määratlenud Rohemärgis 2015 klassifikaatori olulised kategooriad - sisekliima, energia ja hoone asukoht - teostasime Tallinna Tehnikaülikoolis uuringu valitud kategooriatele. Vaatluse alla võtsime LEED ja BREEAM vastavate kategooriate või vastavat valdkonda katvate kategooriate kriteeriumite sisu. Võrreldes LEED ja BREEAM kriteeriumite sisu ja taotluslävendeid ning nende erinevust Eestis standardite ja regulatsioonidega esitatud nõudmistega tuvastasime olulisemad neist. Selleks võrdlesime viie, hiljuti ehitatud või alles projektee-



Joonis 5: LEED ja BREEAM standardi kategooriad ja kategooriate osakaalude jaotus. Ühtivad kategooriad on sama värvi.

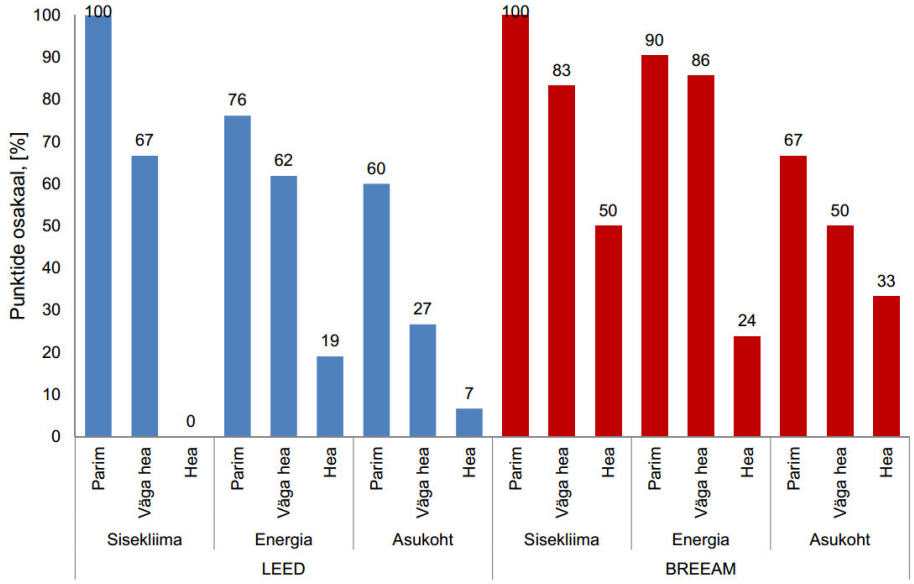


Joonis 6: Viie analüüsitud kontorihoone kogutud punktise osakaal võimalikust punktide arvust vastavas kategoorias.

rimsie järgus oleva, kontorihoone projektlahendusi LEED ja BREEAM energia ja sisekliima kriteeriumitega. Võrreldes ainult neid kriteeriume, mis on Eestis standardite või regulatsioonidega reguleeritud, on vastavad Eesti nõudmised võrreldavad LEED ja BREEAM nõudmistega. Joonisel 6 on toodud viie hoone tulemused energia ja sisekliima kategooriatele LEED ja BREEAM skaalas. Sisekliima kategooria eest saavutatud punktid moodustavad protsentuaalselt rohkem kui 80% kogu võimalikest punktidest kõigi viie hoone puhul. Energia kategoorias saavutatud punktide osakaal kõigub suuremates piirides. See on tingitud ennekõike energiatõhususe klassist: tegemist on kriteeriumiga, millega on võimalik koguda enim punkte. Kuigi ülejäänud energia kategooria kriteeriumid võivad olla korrektselt täidetud, on madalal energiatõhususe klassil selgelt eristuvad tagajärjed saavutatud punktide osas. A (hoone #5) ja B (hooned #1 ja #4) energiatõhususe klassiga hooned saavutasid tulemusena vähemalt 70% võimalikest punktidest. C (hoone #3) ja D (hoone #2) klassi hoonete punktide osakaal jäi tagasihoidlikuks tänu väiksele kogutud punktide arvule energiatõhususe kriteeriumis.

Kuigi täpset vastet viie uuringus osalenud hoone ja LEED ning BREEAM energia ja sisekliima kategooria nõudmiste vahel ei olnud võimalik teostada, kuna mitte kõik viimastes hinnatavad kriteeriumid ei ole Eestis reguleeritud, võib ühe üldistuse siiski teha: Eesti regulatsioonid on piisavalt ranged, et neid kaasata rohemärgise klassifikaatorisse. Ühtlasi võib eeldada, et reguleerides kriteeriume, mis hetkel ei ole reguleeritud on nende kooskõla LEED ja BREEAM nõudmistega saavutatav. Seda enam, et Eestis hetkel reguleerimata kriteeriumid on enamasti kvalitatiivse iseloomuga.

Järgnevalt käsitlesime Rohemärgise potentsiaalseid kriteeriumite tasemeid.

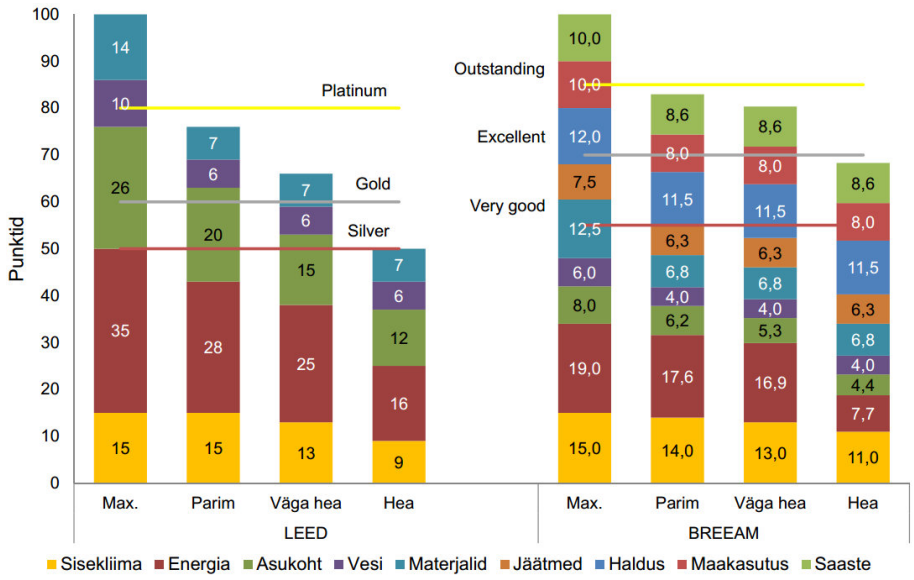


Joonis 7: Eesti rohemärgise kriteeriumite klasside vastavus LEED ja BREEAM vastavate kriteeriumitega. Näidatud on saavutatud punktide osakaalu maksimaalsest võimalikust.

Eesmärgiks seadsime, et võimaluse korral võiks iga kriteeriumit olla võimalik järjestada kolme klassi: A (*Parim*), B (*Väga hea*) ja C (*Hea*). Vastavad kriteeriumite klassid on loodud Eestis kehtivate standardite alusel, mida on vajadusel täiendatud täiendavate nõudmistega. Kategooriate sisesed kriteeriumid ja erinevad klassid on välja toodud antud dokumendiga koos välja töötatud Rohemärgise 2015 klassifikaatoris. Joonis 7 on toodud Eesti rohemärgise kolme klassi võimalik punktide osakaal LEED ja BREEAM skaalas kategooriate kaupa. Siin on eeldatud, et kõik kriteeriumid on kooskõlas täpselt konkreetse kriteeriumi klassi nõudmistega.

Nagu Jooniselt 7 näha on Eesti kategooriate vastavus BREEAM kriteeriumitega suurem kui LEED-iga. See on tingitud mitmest põhjusest, aga ennekõike sellest, et Rohemärgise klassifikaatoris ja BREEAM-is viidatud standardid on mitmel kriteeriumil samad. Lisaks on Eesti kriteeriumite määratlemisel lähtutud rohkem BREEAM-ist kui LEED-ist. Ühtlasi on näha, et Rohemärgise klassifikaatori transpordi kategooria klassid on suhteliselt tagasihoidlikud - maksimaalne saavutatav osakaal, A (*Parim*) klassi korral, on 60 ja 67%, vastavalt LEED ja BREEAM võimalikest punktidest. Sisekliima ja energia kategooria parimad klassid saavutavad LEED-is ja BREEAM-is aga väga kõrgeid osakaale. Siin on mõistlik veel kord rõhutada, et osakaalud on määratud Rohemärgises sisalduvate kriteeriumite mahus. See tähendab, et vastavad kategooriad LEED ja BREEAM standardites võivad sisaldada täiendavaid kriteeriume, mida Rohemärgise klassifikaatorisse pole kaasatud.

Et anda terviklikumat pilti LEED ja BREEAM standardite kategooriatest ning võimalikest punktidest nendes on Joonisel 8 toodud Rohemärgise klassifi-



Joonis 8: Eesti Rohemärgise klassifikaatori klasside vastavus LEED ja BREEAM sertifikaatide tasemetega. Vasakpoolseim tulp mõlemas standardis näitab maksimaalset võimalikku punktide arvu vastavas kategoorias. Joonisel on näidatud ka mõlema standardi kolme kõrgema sertifikaadi lävendid.

kaatori kolme klassi hoone järjestus vastavate standardite kohaselt. Rohemärgises mitte-käsitletud kriteeriume on hinnatud Eesti ehituspraktika hea tava eelduste kohaselt. See ei tähenda, et kriteeriumite mitte-täitmise korral pole seda võimalik täita - eraldi spetsiaalselt konkreetsele kriteeriumile keskendudes on võimalik kõiki täita. Kuna mitte-käsitletud kriteeriumid on Rohemärgise klassidest sõltumatud, siis kõiki peale alumise kolme joonisel näidatud kategooria, on hinnatud sama väärtusega kõikides klassides. Välja on jäetud innovatsiooni kategooria (LEED ja BREEAM) kui ka regionaalne prioriteet (LEED), kuna need ei ole standardselt hinnatavad ja regionaalne prioriteet on kehtiv ainult USA-s hinnatavatele hoonetele.

Nagu uuringu tulemused näitavad on Eesti standardite ja regulatsioonide nõudmiste tase üpris kõrge. Arvestades ainult sisekliima ja energia kategooriate nõudmisi (transport rohemärgise nõudmiste mõttes ei ole Eestis reguleeritud), on võimalik Eesti kõrgeimate nõudmiste kohaselt kavandatud hoonega koguda protsentuaalselt suur osakaal punktidest ka LEED-is ja BREEAM-is. Kõigest sellest ja ka viiest uuringusse kaasatud kaasaegsete büroohoone tulemustest saab täpsemalt lugeda teadusajakirjas *Building and Environment* avaldatud artiklis [12].

2 Rohemärgise klassifikaatorisse kaasatud kriteeriumite põhjendus

Vastavalt kriteeriumite olulisusele ja võimalikule mõjule liigitasime kriteeriumid kategooriate siseselt põhi- ja abikriteeriumiteks. Esimesed nendest on Rohemärgis 2015 klassifikaatori sertifikaati taotleva hoone jaoks kohustuslikud, teised valikuliselt vabatahtlikud. Näiteks sisekliima kategooria kaheksast valikulisest abikriteeriumist tuleb hoonel täita 6 vähemalt taotletava Rohemärgise sertifikaadi klassi nõudmiste kohaselt.

Kuigi soovituslik ja eesrindlik on täita kõik kriteeriumid vastavates kategooriates on siiski võimalik Rohemärgis 2015 klassifikaatori sertifikaat saavutada ka kõikide põhikriteeriumite ja valikuliste abikriteeriumite täitmisel.

Alljärgnevalt on kategooriate kaupa käsitletud kõik Rohemärgis 2015 klassifikaatorisse kirjutatud kriteeriumid. Lisaks kriteeriumi liigitamisele (põhi- või abikriteerium) on iga kriteeriumi juurde toodud lühikokkuvõte kas ja kuidas see on reguleeritud LEED-is, BREEAM-is ja Eesti kohalike standardite ning regulatsioonidega. Lisatud on ka viited normdokumentatsioonile.

2.1 Sisekliima kategooria

Põhikriteerium: Ventilatsioon. Ventilatsiooni õhuvooluhulk

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED viitab ASHRAE Standard 62.1-le [13], BREEAM EN 13779-le [14]. Standard 62.1 seab ette minimaalse õhuvooluhulga, EN 13779 jagab õhuvooluhulga järgi hooned klassidesse (I, II, III). Standard 62.1 nõutud õhuvooluhulk inimese kohta on ligilähedaselt võrreldav EN 13779 III klassi nõudmisega. EN 13779 klasside II ja I nõudmised ületavad selgelt ASHRAE 62.1 nõudmised ja on märgatavalt nõudlikumad. EN 13779 on kehtiv ja kasutatav standard ka Eestis. Lisaks sellele kasutatakse Eestis tihti EVS-EN 15251 [4] standardit. Nagu 13779 jagab ka EVS-EN 15251 hoone ventilasiooni õhuvooluhulga alusel klassideks. EN 13779 kirjutab nõudmised õhuvooluhulgale inimese kohta, EVS-EN 15251 jagab ventilatsiooni õhuvooluhulga kaheks:

1. õhuvooluhulk inimese kohta, ja
2. õhuvooluhulk põrandapinna kohta.

Viimane nendest arvestab siseviimistlusmaterjalidest tekkivate emissioonide eemaldamisega. EVS-EN 15251 klasside nõudmised on EN 13779 vastavate nõudmistega samaväärsed või veidi rangemad. Seda olukorras kus materjalide emissioonina arvestatakse '*madalat*' või '*mitte-madalat*' emissiooni. Kui materjalide emissioonina arvestada '*väga madalat*' olukorda, siis on EN 13779 nõudmised kolmele klassile rangemad kui EVS-EN 15251 nõudmised.

Põhikriteerium: Soojuslik mugavus. Ruumitemperatuurid.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED viitab ASHRAE Standard 55-le [15], BREEAM ISO 7730-le [16]. ASHRAE 55 seab ette minimaalsed nõudmised, ISO 7730 jagab sisekliima olenevalt lubatud temperatuuridest kolme klassi. ASHRAE 55 nõumdised on võrreldavad ISO 7730 III klassiga. Esimesed kaks klassi ISO 7730 kohaselt piiravad lubatud temperatuurivahemikke suve- ja talvehooajal kitsamas vahemikus. Seega ISO 7730 seab operatiivsele temperatuurile (olenevalt klassist) karmimad tingimused. Eestis on siseõhu temperatuurid olenevalt hoone sisekliima klassist (I-III) reguleeritud standardiga EVS-EN 15251 [4]. Viimane seab klassidele täpselt samad temperatuurivahemikud nagu ISO 7730.

Abikriteerium: Soojuslik mugavus. Õhu liikumiskiirused.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. Esimene viitab ASHRAE Standard 55-le [15], teine ISO 7730-le [16]. Mõlemad standardid seavad piirid tõmbusele (*draft rate* (DR)). Viimane on protsentuaalne väärtus, mis näitab õhu liikumisest tingitud rahulolematute osakaalu. Standard 55 seab miinimumnõude, ISO 7730 jagab hoone kolme klassi. Mõlemas standardis on nõutud alla 20% rahulolematute osakaal. ISO järgi vastab see klassile II (klass I nõuab alla 10 ja klass III alla 30% rahulolematute osakaaluks). BREEAM nõuab vähemalt II klassile vastavat sisekliimat, seega LEED ja BREEAM nõudmised on antud kriteeriumi puhul võrdsed. Eesti standard EVS 916 [17], mis on EVS-EN 15251 rahvuslik lisa, jagab samuti hoone kolme klassi olenevalt rahulolematute osakaalust: I klass alla 15, II klass alla 20 ja III klass alla 25%. Juhindudes II klassist on kõik kolm standardit võrdsed lubades alla 20% rahulolematuid. Tõmbuse protsentuaalsetele väärtustele saab vastavusse seada konkreetsed õhu liikumise kiirused. Viimaste alusel on antud kriteeriumi klassifikatsioon välja pakutud.

Abikriteerium: Ruumide ventileerimine enne kasutusse võtmist.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED-is omaette kriteeriumina, BREEAM-is on osana üldisest siseõhu kvaliteedi (*Indoor Air Quality* (IAQ)) plaanist. LEED seab ette konkreetse numbrilise väärtuse millises mahus tuleb hoonet põrandapinna kohta ventileerida. BREEAM-il konkreetsed numbrilised väärtused puuduvad. Seega LEED seab rangemad tingimused antud kriteeriumile. Eesmärgiks on tagada kõrge siseõhu kvaliteet. Selleks aitab antud kriteerium viia hoonest välja esialgsed emissioonid viimistlusmaterjalidest, mille emissioon on suurim vahetult paigaldusjärgsel perioodil. Eestis on antud kriteerium reguleerimata.

Abikriteerium: Visuaalne mugavus. Päevavalgus.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. Mõlemad nõuavad piisava päevavalgusest tingitud valgustustaseme olemasolu teatud osakaaluga (75% LEED-is, 80% BREEAM-is) hõivatavast pinnast (reeglina kontoripinnast). Viisid kuidas päevavalgustuse kriteeriumi täitmist kontrollida on LEED-il ja BREEAM-il erinevad. LEED seab vahemiku päevavalgusest tuleneva valgustus-

tiheduse väärtusele ja nõuab simulatsiooni ühele konkreetsele päevale aastas. BREEAM seab miinimumnõude keskmisele päevavalgusteguri (*daylight factor* (DF)) väärtusele ja selle ühtlusele ning nõuab aastast simulatsiooni. Kriteeriumi eesmärgiks vähendada tehisvalgustuse (elektrivalgustuse) peale kuluvat energiat, aga ka tõsta ruumide kasutajate rahulolu ning tööviljakust. Lisaks päevavalguse positiivsele efektile on soovituslik käsitleda ka otseset päikesekiirgusest tingitud räigust, mis võib oluliselt halvendada töötingimusi. Seega sobiva päevavalgusteguri tagamine on optimeerimisülesanne energiakokkuhoiu (elektrivalgustus, jahutuskoormus) ja mugava töökeskkonna (räigus, operatiivne temperatuur) vahel. Rohkem infot päevavalguse, räiguse ja fassaadide kavandamise kohta leiab prof. Hendrik Voll poolt kirjutatud raamatust [18].

Abikriteerium: Visuaalne mugavus. Sise- ja välisvalgustus.

Kriteerium reguleeritud BREEAM-is. Antud kriteeriumi all on mõeldud tehisvalgustuse kvaliteeti, mitte energiatarvet (viimane on ka LEED-is reguleeritud). BREEAM viitab EN 12464-1 [19] ja EN 12464-2 [20] standarditele vastavalt sise- ja välisvalgustuse nõudmistele. Need standardid kehtivad ka Eestis. Tehisvalgustusest tingitud töökeskkonna kvaliteeti saab hästi hinnata *ühtse räigusteguri* (UGR), *värviesituse indeksi (Ra)* ja *valgustustiheduse* (E) ja *valgustusühtsuse järgi*. Numbriliselt samad soovituslikud väärtused on toodud ka EVS-EN 15251 [4] standardi Lisas D.

Abikriteerium: Visuaalne mugavus. Vaade väliskeskkonda.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. Eesmärgiks on suurendada töötajate rahulolu sisekeskkonnaga ning võimaldada puhkepausidel silmadele puhkust fokuseerides lähivaate ümber kaugvaateks. LEED nõuab vaadet väliskeskkonda vähemalt 90% regulaarselt hõivatud pindadest. BREEAM nõuab kõikidele tööpositsioonidele (või 95% neto töötsoonide põrandapinnast) sobilikku vaadet väliskeskkonda. Eestis on vaade väliskeskkonda reguleeritud üldise juhisega EVS 894:2008 [21] kohaselt. Viimases olev tabel soovitusliku aknapinna suuruse kohta olenevalt töökohtade kaugusest välisseinast ühtib BREEAM-is viidatud tabeliga.

Abikriteerium: Ehituse järgne. Emissioonid materjalidest.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED seab üldiselt limiidid materjalide VOC sisaldusele. Vaikimisi 50 g/L. Esineb erandeid suuremate lubatud limiitidega. Puidutooted ei tohi sisaldada formaldehüüdide jäänuseid. BREEAM seab limiidid VOC ja formaldehüüdide konstsentratsioonile. VOC-ide eraldust tuleks testida standardite kohaselt toodete tootmisel. Lisaks nõutud TVOC ja formaldehüüdide kontsentratsiooni mõõtmine ruumides pärast viimistlust. Eestis Tervisekaitse amet väljastab toodetele lubasid vastavalt Keskkonnaministri määruse nr. 63 [22] Lisa 1 lubatud limiitidele, ühikuga (g/L). Eestis juhiseks lisaks veel EVS-EN 15251 [4], Lisa C mis defineerib '*madala*' ja '*väga madala*' saaste eraldusega hooned. Viimasega seatakse piirid TVOC-ile, formaldehüüdidele, ammoniaagile, kantserogeensetele ühenditele ja materjali lõhna eraldusele, ühikuga (mg/m^2 h).

Abikriteerium: Ehituse järgne. Müra.

Kriteerium reguleeritud BREEAM-is. BREEAM seab kontoritele sisekeskkonna müralimiidiks ≤40 db(A). Lisaks on nõutud ka ehitusjärgne mõõtmine. Eestis kehtiv EVS-EN 15251 [4] Tabel E.1 seab kontori limiidiks 35 (40) dB(A).

Abikriteerium: Ehituse järgne. Kasutaja rahulolu.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED nõuab soojusliku mugavuse rahulolu uuringu läbiviimist 6-18 kuud pärast kasutusse võtmist. Parandused kohustuslikud kui on üle 20% rahulolematuid. BREEAM nõuab lisaks soojusliku mugavuse küsitlusele ka üldise sisekeskkonna (müra, valgus, õhu kvaliteet) rahulolu küsitluse; tehnosüsteemide reguleerimise, kasutuse ja hoolduse; teenuste ja võimaluste; paigutuse ja ligipääsu ning muude oluliste valdkondade küsitluse teostamist aasta pärast hoone kasutusse võtmist. Eestis vastav nõue puudub. Küll on olemas EVS-EN 15251 [4] Lisas H viie küsimusega küsimustik sisekliima hindamiseks.

2.2 Energia kategooria

Põhikriteerium: Energiatõhusus.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED nõuab kavandatavale hoonele vähemalt -10% energiakulu (*energy cost*) baashoonega võrreldes. Baashoone mudel tuleb koostada ASHRAE standardi 90.1 [23] Lisa G kohaselt. Täiendavaid punkte (1-19) on võimalik koguda kui energiakulu on vähendatud 12-48% võrreldes baashoonega. BREEAM nõuab simulatsiooni teostamist nii kavandatavale hoonele kui ka baashoonele, mille tulemusel määratakse kavandatava hoone EPR (*Energy Performance Ratio*) ehk kavandatava hoone energiakasutuse ja keskkonnamõju suhe baashoonesse. Baashoone peab vastama miinimumõuete tasemele. Kavandatav hoone peab viimasega vähemalt võrdne olema, aga eelistatult ikkagi energiatõhusam. Energiatõhusamad hooned on BREEAM-is kõrgemalt hinnatud võimaldades koguda täiendavaid punkte. EPR ise arvestab kolme näitajaga: kasutusenergia vajaduse (vaikimisi kaalumistegur 0.23), primaarenergia kasutuse (0.38) ja CO_2 emissioonidega (0.39), mille alusel hoone energiatõhusust ja keskkonnamõju hinnatakse. Baashoone koostamisel juhinduda võimalusel kohalikest regulatsioonidest. Kui viimased puuduvad või on lahjemad kui ASHRAE standard 90.1 Lisa G, siis samuti viimasest või UK NCM-ist (*National Calculation Methodology*). Võimalik koguda kuni 15 punkti. Eestis kehtib hoonetele VV määrus nr. 68 "*Energiatõhususe miinimumnõuded*" [5], mida täiendab MKM määrus nr. 63 "*Hoonete energiatõhususe arvutamise metoodika*" [7]. Viimaste nõudmised on rangemad kui ASHRAE 90.1-l.

Põhikriteerium: Tehnosüsteemide kaasatus hooneautomaatikasüsteemi.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED nõuab tehnosüsteemide töö mõõtmist ja kontrolli, et need töötaks nagu ette nähtud. Konkreetseid energiakandjaid nimetatud ei ole. Tuleb jälgida vähemalt 1-aastane periood pärast kasutusse võtmist. BREEAM nõuab järgnevate süsteemide *Building Management Systems*-i (BMS) kaasatust või pulseeriva väljundiga ligipääsetavaid mõõtureid: ruumide küte, soe tarbevesi, niisutus, jahutus, (olulisemad) ventilaatorid, valgusuts, väikevõimsused, muud olulised energiatarbijad. RKAS juhend [24] Osa 1, punkt 1.4.2 "*Energiatarbimise mõõtmine*" on analoogne BREEAM-iga mõõdistatavate tehnosüsteemide osas. Nõutud integreerimine automaatikasüsteemi. Mõõtmine üürnike kaupa ja energiakulu kokku.

Põhikriteerium: Kasutajate ja hooldusspersonali koolitus.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED nõuab halduspersonali ja kasutajate koolitust ning süsteemide töötamise juhendmaterjalide koostamist süsteemide kasutajatele. BREEAM kohustab kasutajate ja hooldusspersonali koolituseks. Lisaks kohustab koostama ja saadavaks tegema kasutus- ja hooldusjuhendid. RKAS juhendi [24] ptk. 13.5 nõuab kasutus- ja hooldusjuhendite koostamist ja üleandmist. Sama juhendi ptk. 13.8 nõuab personalikoolituse läbiviimist igale tehnosüsteemile eraldi.

Abikriteerium: Liftide energiatõhusus.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED (viitega ASHRAE 90.1 [23] standardile) seab nõudmisi lifitide valgustusele, kabiini ventilatsiooni elektritarbimisele ja kabiini ventilatsiooni ning valgustuse väljalülitamisele. BREEAM seab nõudeid liftide ventilatsiooni ja valgustuse väljalülitamisele, valgustitele, mootori efektiivsusele ja energia regenereerimisele. Eestis puuduvad liftide efektiivsusele spetsiifilised nõuded.

Abikriteerium: Tõhus välisvalgustus.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED (viitega ASHRAE 90.1 [23] standardile) reguleerib lubatavat elektrivõimsust välisvalgustusele erinevatele valgustatavatele pindadele. Lisaks on nõudmised automaatikale: juhtimine päevavalguse alusel; töövälisel ajal peab välisvalgustus olema väljalülitatud. BREEAM seab välisvalgustuse efektiivsusele nõudeid valgusviljakusele. Välisvalgustite töörežiim peab olema reguleeritud päevavalguse alusel või ajaprogrammi alusel. Eestis välisvalgustuse efektiivsusele nõuded puuduvad. Välisvalgustuse juhtimine peab olema päevavalguse ja ajaprogrammi järgi vastavalt RKAS juhend [24] Osa 12.7 kohaselt.

Abikriteerium: Elektrivalgustuse reguleeritavus.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED nõuab valgustuse individuaalset reguleeritavust vähemalt 90% hoone kasutajatest. ASHRAE 90.1 [23] seab nõuded valgustuse väljalülitamise automaatikale:

1. ajaprogramm, ja
2. kohaloleku andur, mis lülitab pärast 30 min. valgustuse välja.

BREEAM nõuab, et reguleering peaks toimuma mitte enam kui 4 töökoha kaupa. Eesti tingimustest saab rääkida valgustuse reguleerimisest EVS-EN 15193 [25] standardi ja RKAS juhendi järgi. RKAS juhend [24] ptk. 10.21 nõuab ruumipõhiseid multiandureid (päevavalgus ja kohalolek) kas koos lülitite või ühendatud automaatikasüsteemiga. 15193 seab juhtimise võimalusi nii automaatseid kui käsitsi:

1. automaatne sisselülitus + kas hämardumisega VÕI kohese väljalülitamisega (kuni 15 min. pärast viimast inimest), ja
2. käsitsi sisselülitus + kas hämardumisega VÕI väljalülitamisega (kuni 15 min. pärast viimast inimest).

Abikriteerium: Ehituse järgne. Süsteemide töö ülevaatus.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED nõuab järgnevate energiat tarbivate süsteemide ülevaatust ja töötamise kontrolli vastavust kavandatule: küte-ventilatsioon-jahutus (KVJ), päevavalgus ja selle reguleerimine, soe tarbevesi ja taastuvenergia süsteemid. Nõutud korrektiivsed meetmete plaan kui kõrvalekalded suured. BREEAM nõuab järgnevate süsteemide töö

ülevaatust: küte, vesi, valgustus, ventilatsioon, külmasüsteemid, automaatika, külmkambrid. Juhinduma peaks vastavate süsteemide ülevaatust reguleerivatest standarditest. Nõutud teostatada ka hooajalisi süsteemide töö kontrolle. RKAS juhendi [24] ptk. 13.7 järgi juhindutakse süsteemide mõõtmisel ja katsetamisel RYL 2002 Osa 1 [26] nõudmistest.

2.3 Asukoha kategooria

Põhikriteerium: Transport. Ühistranspordi ühendus.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED arvestab rongipeatusi kuni 800m ja bussipeatusi kuni 400m kaugusel. Nõutud vähemalt 50 sõitu päevas. BREEAM arvestab bussipeatusi kuni 650 ja rongi- ning trammipeatusi kuni 1000m käigutee kaugusel. Hinnangu aluseks on AI (*accssibility index*). AI sõltub ühistranspordi liikide ja peatuste arvust, läbisõidu tihedusest ning käigutee pikkusest peatuseni. Mida suurem AI väärtus, seda parem ühistranspordi ühendus. Eestis kehtib Linnatänavate standard EVS 843:2003 [27]. Viimase kohaselt võiksid peatused linnas olla 400-800 m kaugusel. Sõitude sagedus normeerimata.

Põhikriteerium: Teenuste lähedus.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED hindab teenuste lähedust 800m raadiuses. Vajalik vähemalt 10 teenuse olemasolu. Sobilikke teenuseid ligi 20, mida on võimalik täiendada. BREEAM arvestab teenuseid $\leq$500 või $\leq$1000 m käigutee ulatuses. Võimalikke teenuseid 10 (suletud loetelu). Eestis nõudmised teenuste lähedusele ja arvule puuduvad. Mitmekesiste teenuste lähedus hoonele vähendab täiendavaid sõite teenuste tarbimise juurde.

Abikriteerium: Alternatiivsed transpordivõimalused.

Kriteerium reguleeritud nii LEED-is kui BREEAM-is. LEED nõuab $\geq$5% hoone kasutajatest rattaparkimiskohtade võimalust kuni 180m kaugusele sissekäigust. Pesemisvõimalusi 0.5% täistööajaga töötajate arvust (*full-time equivalent* (FTE)). Lisaks on LEED-is nõue CO_2 säästlike autode parkimiskohtadele, mis peavad moodustama 5% kogu parkimiskohtade arvust või tuleb rajada alternatiivkütuse laadimisjaamu 3% autodele parklakohtade arvust. BREEAM nõuab rattaparkimiskohti 10% (esimesele 500 hoone kasutajale), 7% (501-1000 kasutajale) ja 5%(>1000 kasutaja). See tähendab, et üle 1000 kasutajaga hoone korral tuleb 500 osas arvestada 10%, 501-1000 osas 7% ja le 1000 osas arvestada 5% ratta parkimiskohtadega summaarselt. Mis puudutab rattaid, siis tuleb rajada lisaks vähemalt 2 järgnevast:

- pesemisvõimalused,
- riietusruum ja kapid, või
- riiete kuivatusruum.

BREEAM nõuab CO_2 säästlikuse edendamiseks $\geq$3% parkimiskohtade koguarvust autode elektrilaadimisjaamade olemasolu. Eestis ei ole CO_2 säästlike

autode parkimiskohtade ega laadimiskohtade nõuet. EVS 843 [27] nõuab 1 rattaparkimiskohta/200 (150) sb-m^2. Pesemisvõimaluste nõue puudub.

Viited

[1] Seinre, E. Quantification of Environmental and Economic Impacts in Building Sustainability Assessment. TUT Press, 2015. Saadaval: http://digi.lib.ttu.ee/i/?1906 (17.03.2015).

[2] Hoonete keskkonnamõju arvestamine, nn. "roheline märk". TTÜ Keskkonnatehnika instituut, Kütte ja ventilatsiooni õppetool, 2012.

[3] Seinre, E., Kurnitski, J., Voll, H. Quantification of environmental and economic impacts for main categories of building labeling schemes. – *Energy and Buildings*, 2014, 70, 145-158.

[4] EVS-EN 15251:2007. Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast. EVS, 2007.

[5] Energiatõhususe miinimumnõuded. Vabariigi valitsuse määrus nr. 68. Saadaval: https://www.riigiteataja.ee/akt/124012014007 (25.11.2014).

[6] Green building design and construction. LEED reference guide for green building design and construction. Washington, USA: USGBC, 2009.

[7] Hoonete energiatõhususe arvutamise metoodika. Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi määrus nr. 63. Saadaval: https://www.riigiteataja.ee/akt/124012014007 (25.11.2014).

[8] Larsson, A, Lnnroth, M. It's the right carbon price that'll turn green promises into projects. Europe's World, 2010. http://europesworld.org/2010/10/01/its-the-right-carbon-price-thatll-turn-green-promises-into-projects/#.VRU4nPyUes8 (25.11.2014)

[9] Kats, G., Alevantis, L., Berman, A., Mills, E., Perlman, J. The Costs and Financial Benefits of Green Buildings. California, USA, 2003.

[10] Issa, M.H., Rankin, J.H., Christian, A.J. Canadian practitioners' perception of research work investigating the cost premiums, long-term costs and health and productivity benefits of green buildings. – *Building and Environment*, 2010, 45, 1698-1711.

[11] Fisk, W.J., Black, D., Brunner, G. Changing ventilation rates in U.S. offices: Implications for health, work performance, energy, and associated economics. – *Building and Environment*, 2012, 47, 368-372.

[12] Seinre, E., Kurnitski, J., Voll, H. Building sustainability objective assessment in Estonian context and a comparative evaluation with LEED and BREEAM. – *Building and Environment*, 2014, 82, 110-120.

[13] ASHRAE Standard 62.1-2007. Ventilation for acceptable air quality. Atlanta, US, 2007.

[14] EVS-EN 13779:2007. Mitteeluhoonete ventilatsioon. Üldnõuded ventilatsiooni- ja ruumiõhu konditsioneerimissüsteemidele. EVS, 2007.

[15] ASHRAE Standard 55-2004. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, US, 2004.

[16] EVS-EN ISO 7730:2006. Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. EVS, 2006.

[17] Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast. Eesti rahvuslik lisa standardile EVS-EN 15251:2007. EVS, 2012.

[18] Voll, H. Hoonete planeerimine ja fassaadide kujundamine. TTÜ kirjastus, Tallinn, 2011.

[19] EVS-EN 12464-1:2011. Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus. Osa 1: Sisetöökohad. EVS, 2011.

[20] EVS-EN 12464-2:2014. Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus. Osa 2: Välistöökohad. EVS, 2014.

[21] EVS 894:2008. Loomulik valgustus elu- ja brooruumides. EVS, 2008.

[22] Keskkonnaministeeriumi määrus nr. 63: Keskkonnaministri 4. novembri 2005. a määruse nr 67 "Värvide, lakkide ja sõidukite lõppviimistlusmaterjalide lenduvate orgaaniliste ühendite sisalduse piirnormid" muutmine. Saadaval: https://www.riigiteataja.ee/akt/104102011001 (25.11.2014).

[23] ASHRAE Standard 90.1-2010. Energy standard for buildings except low-rise residential buildings, 2010.

[24] Tehnilised nõuded kooli- ja büroohoonetele 2013. Riigi Kinnisvara AS, 2013. http://rkas.ee/parim-praktika/tehnilised-nouded-koolide-ja-buroohoonetele (17.03.2015).

[25] EVS-EN 15193:2007. Hoonete energiatõhusus. Energianõuded valgustusele. EVS, 2007.

[26] Hoone tehnosüsteemide RYL 2002: ehitustööde üldised kvaliteedinõuded. I osa. 2003.

[27] EVS 843:2003. Linnatänavad. EVS, 2003.

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Riigi Kinnisvara

EESTI ARENGUFOND