

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Magistritöö keskkonnatehnoloogias 30 EAP

**Rakvere Rohuaia lasteaia ressursikulu analüüsi võrdlus enne ja peale
rekonstrueerimist**

Mari Loss

Juhendaja: Martin Maddison, PhD

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja: /allkiri, kuupäev/

Osakonna juhataja: /allkiri, kuupäev/

Tartu 2022

Sisukord

Töös sagedasti kasutatud mõisted	3
Sissejuhatus	3
Kirjanduse ülevaade	5
1.1 Seadusandluse taust ja hoonete energiatõhusus	5
1.2 Hoonete energiatõhususe tehnilised lahendused	7
1.3 Eesti-Šveitsi koostööprogramm	9
Materjal ja metoodika	11
2.1 Ülevaade Rakvere Rohuaia lasteaia	11
2.2 Olukord enne lasteaia rekonstrueerimist	12
2.3 Teostatud tööd	12
2.4 Olukord peale lasteaia rekonstrueerimist	13
2.5 Kogemus projekteerimise ja ehitamisega	14
2.6 Metoodika ja andmeanalüüs	14
Tulemused ja arutelu	16
3.1 Soojusenergia tarbimine	16
3.2 Tarbevesi	18
3.3 Elektrienergia	20
3.4 Näited kirjandusest	24
Kokkuvõte	26
Summary	28
Tänuavaldused	30
Kasutatud kirjandus	31
Lisa 1. Eesti-Šveitsi koostööprogrammi “Energiatõhususprojekt” raames renoveeritud ja ehitatud avalikud hooned	34
Lisa 2. Rohuaia lasteaia energiamärgised	36
Lisa 2.1 Rohuaia lasteaia energiaarvutusel põhinev energiamärgis	36
Lisa 2.2 Rohuaia lasteaia energiamärgis	37
Lisa 3. Väljavõtted Fidelix monitoorimisprogrammi näitlikustamiseks	38
Lisa 4. Intervjuu Rakvere Rohuaia lasteaia direktori ja majandusjuhatajaga	39
Lisa 5. Lihtlitsents lõputöö elektroonseks avaldamiseks	40

Töös sagedasti kasutatud mõisted

Energiatõhusus – töö, teenuse, kauba või energiaväljundi ja energiasisendi vaheline suhe;

Energiatõhususarv (ETA) – arvutuslik summaarne tarnitud energiate kaalutud erikasutus hoone standardkasutusel, millest arvatakse maha summaarne eksporditud energiate kaalutud erikasutus. Energiatõhususarv kajastab hoone kompleksset energiakasutust nii sisekliima tagamiseks, tarbevee soojendamiseks kui ka olme- ja muude elektriseadmete kasutamiseks ning see arvutatakse hoone kätava pinna m^2 kohta hoone tüüpilisel kasutamisel.

Energia lõpptarbimine – kogu energia, mis tarnitakse tööstus-, transpordi-, teenuste ja põllumajandussektorile ning kodumajapidamistele. Tarned energia muundamise sektorile ja energiatööstusele endale on välja arvatud;

Kaalutud energiaerikasutus (KEK) – tarnitud energiate summaarne erikasutus, mis baseerub reaalsele tarbimisele. Kütteenergia on eelnevalt taandatud normaalaastale ja ühikuks on $kWh/(m^2 a)$;

Liginullenergiahoone – parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhusus- ja taastuenergiatehnoloogiate lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille energiatõhususarv on suurem kui $0 kWh/(m^2 a)$, kuid mitte suurem kui Vabariigi Valitsuse määruses nr. 68 (30.08.2012) „Energiatõhususe miinimumnõuded“ sätestatud piirväärtus;

Madalenergiahoone – parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhusus- ja taastuenergiatehnoloogiate lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille puhul ei eeldata lokaalset elektri tootmist taastuenergiaallikast;

Monitooring – objekti kuju või mõõtmete süstemaatiline mõõtmine ja jälgimine;

Sisekliima – füüsikaliste, keemiliste jm tegurite kompleksne kogum. Sisekliimat mõjutavad enim hoone piirded, ventilatsioon, küte ning jahutus.

Soojapidavus - R [m^2K/W] on piirde (konstruktsioon, tarind) soojatakistus. Mida suurem on soojapidavuse väärtus, seda soojapidavam on piire.

U-arv - piirde (konstruktsiooni, tarindi) isolatsioonivõimet iseloomustatakse soojusjuhtivusega ehk u -väärtusega [W/m^2K], mis näitab kui suurel hulgal soojusel (W) õnnestub pääseda läbi ühest ruutmeetrist pinnast, kui seespool piiret on temperatuur 1 kraadi (Kelvini) võrra kõrgem kui väljas. Mida väiksem on u -arv, seda soojapidavam on piire. Piirde soojusjuhtivus ehk U -arv on soojapidavuse R pöördarv. Piirde soojajuhtivust saab arvutada valemiga: $U = 1/R$ [W/m^2K].

Õhulekkearv - õhulekke maht kuupmeetrites välispiirde pinna ruutmeetri kohta tunnis [$m^3/(hm^2)$].

Sissejuhatus

Energihindade jätkuv kasv sunnib järjest enam tähelepanu pöörama energia optimaalsele ehk võimalikult efektiivsele kasutamisele. Euroopa kliimapolitiika soovib lahendada energiaprobleeme, mis tulenevad suurenenud impordisõltuvusest, fossiilkütuste ülemaailmsete varudega seotud muredest ning selgelt tajutavatest kliimamuutustest. Euroopa Liit on energiatõhususe parandamise kõige lootustandvamateks eesmärkideks määranud hooned ning on kvantifitseerinud märkimisväärse energiasäästu potentsiaali, mis on seotud hoonete renoveerimise ja uute tehnoloogiate paigaldamisega. Enamikes Euroopa riikides moodustavad hooned ja nendes toimuv tegevus märkimisväärse osa kogu energiakasutusest [1]. Hoonetele kehtestatakse aina enam üha suurema majandusliku ja ehitustehnilise mõjuga nõudeid, mille järgimise tulemusel peaks hoonete ehitamiseks, renoveerimiseks, kütmiseks, jahutamiseks ja ventileerimiseks kuluma senisest oluliselt vähem energiat, ja seeläbi kahanema süsinikdioksiidi heide.

Uurimistöö teoreetilises osas antakse ülevaade energiatõhususega seotud seadusandluse tekkest ELs ja kirjeldatakse hetkel Eestis kehtivat energiatõhususega seotud seadusandlust. Seejärel antakse ülevaade Eesti-Šveitsi koostööprogrammist, mille raames Rakvere Rohuaia lasteaed rekonstrueeriti. Seejärel antakse ülevaade hoonete energiatõhususe tehnilistest lahendustest, Rakvere Rohuaia lasteaiast ja hoone seisukorrast enne rekonstrueerimist, kirjeldatakse rekonstrueerimise protsessi ning tehtud töid. Lõpetuseks antakse ülevaade töös kasutatud metoodikast.

Uurimistöö praktilises osas teostatakse Rakvere Rohuaia lasteaia ressursikulu analüüsi võrdlus rekonstrueerimisele eelnenu (2006-2010) ja järgnenud (2016-2020) viiel aastal kuude kaupa arvestades lasteaiahoone ruumide pindalamuutuse ning piirkonna keskmise välisõhu temperatuuriga, kõikidel uurimise all olevatel aastatel.

Vastavalt magistrیتöö eesmärgile on tööle seatud uurimisülesandeks anda ülevaade Rakvere Rohuaia lasteaiahoonest ja selle rekonstrueerimisest ning teostada ressursikulu analüüsi võrdlus. Ressursikulu analüüsiks on teostatud Rakvere Rohuaia lasteaia tarbimisandmete väljavõte soojusenergia, tarbevee ja elektrienergia tarbimise mahtudest kümnel aastal, neist viiel enne ja viiel peale rekonstrueerimist. Rekonstrueerimisele järgnenud viiel aastal on analüüsitud ka kohapeal toodetud päikeseenergia andmeid.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1 Seadusandluse taust ja hoonete energiatõhusus

Energiatarbimise ja jäätmete vähendamine on Euroopa liidu jaoks üha olulisem. Euroopa Komisjon käivitas oma esimese „Energiatõhususe tegevuskava: potentsiaali realiseerimine” 2006. aastal [2]. Tegevuskavas seisis, et EL tõsisemad energiaprobleemid tulenevad suurenenud impordisõltuvusest, fossiilkütuste ülemaailmsete varudega seotud muredest ning selgelt tajutavatest kliimamuutustest. Selle eesmärk oli mobiliseerida avalikkust, poliitikakujundajaid ja turuosalisi ning muuta energia siseturgu viisil, mis pakuks ELi kodanikele kõige energiatõhusamat infrastruktuuri (sealhulgas ehitised), tooteid (sealhulgas seadmed ja autod) ja energiasüsteeme maailmas. Tegevuskava eesmärk oli kontrollida ja vähendada energianõudlust ning võtta sihipäraseid meetmeid tarbimise ja pakkumise osas, et vähendada primaarenergia aastast tarbimist 2020. aastaks 20% võrra (võrreldes 2020. aasta energiatarbimise prognoosidega). 2018. aastal seati paketi „Puhas energia kõigile eurooplastele” osana uus eesmärk vähendada energiatarbimist 2030. aastaks. EL on energiatõhususe parandamise kõige lootustandvamateks eesmärkideks määranud hooned ning on kvantifitseerinud märkimisväärse energiasäästu potentsiaali, mis on seotud hoonete renoveerimise ja uute tehnoloogiate paigaldamisega. Hooned on Euroopa liidu energiatõhususe poliitikas kesksel kohal, kuna nende arvele läheb peaaegu 40% energia lõpptarbimisest, Eestis on see näitaja 50% [3]. Hoonetele kehtestatakse järjest suurema majandusliku ja ehitustehnilise mõjuga nõudeid. Nende nõuete järgimise tulemusel peaks kuluma hoonete ehitamiseks, renoveerimiseks, kütmiseks, jahutamiseks ja ventileerimiseks senisest oluliselt vähem energiat ja seeläbi kahanema süsinikdioksiidi heide.

Ehitussektori tähtsust energiatõhususe parandamisel on rõhutatud ka Euroopa Komisjoni teatistes „Energiatõhusus ning selle panus energiajulgeolekusse ja 2030. aasta kliima- ja energiapoliitika raamistikku“ [4] ning „Vastupidava energialiidu ja tulevikku suunatud kliimamuutuste poliitika raamstrateegia [5].“ Selle saavutamiseks peavad hooned olema energiatõhusad ning lisaks kasutama ära energia tootmise võimalused hoone asupaigas. Tulenevalt Euroopa Liidu Energiatõhususe direktiivist (2010/31/EU) peavad alates 2020. aastast kõik ELs ehitatavad uued avalikud hooned olema liginullenergiahooned. Hoonete energiatõhususe direktiiv on peamine õigusakt, milles käsitletakse hoonete energiatõhusust 2020. aastaks seatud energiatõhususe eesmärke silmas pidades [6]. Tulenevalt Euroopa Liidu Hoonete Energiatõhususe Direktiivist on liikmesriigid ja sealhulgas ka Eesti kohustatud uute ja oluliselt rekonstrueeritavate hoonete osas järgima energiatõhususe nõudeid. Madalenergiahoone on energiatõhusate ja taastuenergiatehnoloogia lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille puhul ei eeldata lokaalset elektri tootmist taastuvast

energiaallikast. Kuid liginullenergiahoone on energiatõhusate ja taastuenergiatehnoloogia lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille puhul eeldatakse lokaalset elektri tootmist taastuvatest allikatest. Jätkusuutliku arengu soodustamine ning ohutuse tagamine, ehitatud keskkonna eesmärgipärane toimivus ja kasutatavus on Eestis kehtiva Ehitusseadustiku eesmärk. Antud magistritöö kirjutamise hetkel kehtiv hoonete energiatõhususe regulatsioon sisaldab Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi (*edaspidi MKM*) määrust 01.01.2019 nr 63 Hoone energiatõhususe miinimumnõuded [7]. Vastavust energiatõhususe miinimumnõuetele tõlgendatakse energiamärgisega. Energiamärgis annab infot projekteeritava või olemasoleva hoone projekteeritud energiavajaduse või tegeliku energiatarbimise kohta [8]. Energiamärgis on dokument, mis näitab, kui palju hoone või selle osa tarbib aastas energiat köetava pinna ruutmeetri kohta ehk kirjeldab kinnisvara energiasäästlikkust [9]. Kõige säästlikumad on A-klassi hooned.

Energiamärgise väljastamisel võetakse arvesse energia, mis kulub hoone kütmisele, jahutamisele, vee soojendamisele, ventilatsioonile, valgustusele, elektriseadmete kasutamisele jms. Alates 2013. aastast on kasutusel uus energiamärgise vorm. Vastavalt hoonete tüüpidele on määratletud ka erinevad energiatõhususe miinimumnõuded [10]. Energiatõhususarvu klass määratakse kindlaks hoone energiatõhususarvu ja hoone kasutamise otstarbe alusel. Taastuvate energiaallikate kasutamine vähendab hoonesse tarnitavat energiat ning seeläbi vähendab energiatõhususarvu. Koolieelse lasteasutuse ETA ja KEK skaala on toodud vastavalt Tabelis nr 1.

Tabel 1. Koolieelse lasteasutuse energiatõhususarvu (ETA) või kaalutud energiaerikasutuse (KEK) [15].

ETA või KEK, kWh/(m²a)	Klass
ET või KEK ≤ 100	A
$101 \leq ET$ või KEK ≤ 140	B
$141 \leq ET$ või KEK ≤ 190	C
$191 \leq ET$ või KEK ≤ 240	D
$241 \leq ET$ või KEK ≤ 300	E
$301 \leq ET$ või KEK ≤ 380	F
$381 \leq ET$ või KEK ≤ 480	G
ET või KEK ≥ 481	H

Hoone energiatõhusust hinnatakse läbi ühe keskse näitaja – summaarse kaalutud energiaerikasutuse või energiatõhususarvuga. ETA piirväärtus on ainuke energiatõhususe nõue – ehitaja võib vabalt valida lahendused selle saavutamiseks. MKM määrus 21.01.2019 nr 58 Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika kehtestati ehitusseadustiku § 64 lõike 5 alusel [14]. Erinevatele hoonete tüüpidele rakenduvad erinevad ETA nõuded. Nii olemasolevatele kui uutele hoonetele annab energiamärgise spetsialist, kelle vastavat pädevust tõendab kutseseaduse kohane kutse. Spetsialistidele väljastatud kutsetega on võimalik tutvuda kutseregistris [1]. Energiamärgiste väljastamise korra sätestab MKM määrus 21.01.2019 nr 36 Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele [12]. Kaalutud energiaerikasutuse ja energiatõhususarvu klassi määramine on kirjeldatud määruse Lisas 3. Väljastatud energiamärgistega on võimalik tutvuda riiklikus ehitisregistris [13].

1.2 Hoonete energiatõhususe tehnilised lahendused

Hooneid ehitatakse alati kindla eesmärgiga. Neid iseloomustavad arhitektuuriline kujundus ja füüsilised osad nagu välistarandid, aknad, ukse, põrandad ja trepid. Ühtlasi on hoonetel palju abstraktseid omadusi nagu sisetemperatuuri tase, siseõhu kvaliteet, valgus. Neid omadusi tagavad tehnilised lahendused nagu küttesüsteem, ventilatsioonisüsteem ja valgustus. Ei uutes ega olemasolevates hoonetes ei tohi energiasäästuks valitud tehnilised lahendused või meetmed põhjustada hoonete muutumist kasutuskõlbmatuks ning samuti ei tohi need hoonete eluiga lühendada. See tähendab, et energiavajaduse vähendamise meetmete rakendamisel peab hoone otstarbekus, tehniline kvaliteet ja sisekliima paranema või jääma samaks. Ühtlasi peab sisekliima olema vastavuses riigi poolt kehtestatud nõuetega. Tarbevee soojendamine, hoone kütmine, olmeseadmed ning valgustus kasutavad kõik töötamiseks elektrit. Kasutades lokaalse energiatootmise süsteeme kinnistul, võimaldab see katta kas osaliselt või täielikult hoonesse tarnitava elektrienergia kogust, mis vähendab energiatõhususarvu.

Projekteerimise faasis pannakse paika hoone energiatõhusus, sest hoone tehnosüsteemid kujundatakse lähtuvalt arhitektuurilisest projektist. Projekteeritud energiatõhusus saavutatakse vaid parimat ehituspraktikat rakendades ja projekti järgides [16]. Hoone sisekliima on sõltuv tehnosüsteemidest, mis mõjutavad otseselt hoone energiatarbimist. Sisekliima peamised tegurid on õhutemperatuur, õhuniiskus ja koostis (gaasid, tolm, aurud), piirete pinnatemperatuurid, õhu liikumiskiirus, elektromagnetväljad, müratase, valgustus jt [17]. Sisekliima mõjutab hoonetes viibivate inimeste tervist ja elukvaliteeti.

Sisekliimat saab mõjutada erinevate teguritega: kütmise abil tagatakse hoone kasutamiseks vajalik soojusolukord, ventilatsiooni abil säilitatakse hoones hea siseõhu kvaliteet ja konditsioneerimise abil on võimalik õhku soojendada, jahutada, puhastada, niisutada ja kuivatada [18]. Hoone erinevate ruumide soojusega varustamiseks ning erinevatele nõuetele vastamiseks koosneb küttesüsteem neljast põhilisest osast: 1) soojusallikast; 2) soojuse jaotamise süsteemist; 3) soojusvahetitest ruumiõhu või sissepuhkeõhu soojendamiseks ning veesoojendusseadmetest tarbevee soojendamiseks; 4) reguleerimissüsteemist, kontrollimaks soojusega varustamist, soojuse jagamist ning soojusväljastust igas ruumis [16]. Ruumi ventilatsiooniks loetakse ruumi varustamist puhta õhuga ja ruumist õhu ning koos sellega tekkinud saasteainete eemaldamist. Ventilatsiooni abil saab ruumi soojusega varustada või sellest soojust eemaldada. Valgustussüsteemid on samuti olulised, et tagada hoone kasutajale hoone mugav valgustus. Efektiivne valgustussüsteem on iseenesest elektrienergiat säästev, kui see vajab toimimiseks väikest elektrivõimsust.

Tehnilised lahendused kasvavad välja funktsioone ja kvaliteeti määravatest lähteülesannetest. Need peavad ühtlasi olema kooskõlas hoone kui tervikuga, heade arhitektuuritavadega, tagama ruumide efektiivse kasutuse, aitama minimeerida hoone elutsükli kulusid jm [16].

Hoone välispiirdetarinditel on kaks eesmärki: neist üks on praktiline, barjääri moodustamine sise- ja välisõhu vahele ja teine füüsikaline, et takistada soojusülekannet läbi hoone tarindi. Nii praktilisi kui ka füüsikalisi nõudeid on võimalik täita, valides õiged tehnilised lahendused ja sellise fassaadikujunduse, mis võimaldab kõiki lähteülesandeid täita.

Hoone süsteemi tehnilised lahendused on 1) hoone tarindi tehniline lahendus; 2) hoone välistarindi tehniline lahendus; 3) akende suurus; 4) akende U-arv; 5) akende päikesevarjestatus; 6) välistarindi osade U-arvud; 7) hoone tarindi õhutihedus; 8) akustika ja heliisolatsioon [16].

Piirde (konstruktsiooni, tarindi) isolatsioonivõimet iseloomustatakse soojusjuhtivusega ehk U-arvuga (ühik: W/m^2K), mis näitab kui suurel hulgal soojusel (W) õnnestub pääseda läbi ühest ruutmeetrist pinnast, kui seespool piiret on temperatuur 1 kraadi (Kelvini) võrra kõrgem kui väljas. Mida väiksem on U-arv, seda soojapidavam on piire. Hoone õhulekkearv iseloomustab hoone välispiirde õhupidavust. Õhulekkearvu ühikuks on õhulekke maht kuupmeetrites välispiirde pinna ruutmeetri kohta tunnis [ühik: $m^3/(hm^2)$]. Põhja-Euroopas on välisõhk tavaliselt külmem kui siseõhk ja soojus liigub läbi tarindite hoonest välja. Nüüdisaegsetes hoonetes on enam kui 90% ruumi soojuskadudest tingitud soojuslevist läbi akende ja õhulekkest.

Oluline on, et hoonel oleksid vastupidavad ja niiskuskindlad tarindi detaillahendused, õige tugevusarvestusega kandekonstruktsioonid ning tihedad ja külmasildadeta piirdekonstruktsioonid.

Hoone sisekliima tehnilised lahendused on: 1) ruumide kütmise viis; 2) ruumide küttesüsteem; 3) ruumide õhuvooluhulga valik ja ventileerimise viis; 4) ruumide ventilatsioonisüsteem; 5) ruumide jahutamise viis; 6) ruumide jahutussüsteem; 7) ruumide valgustamise viis; 8) ruumide valgustussüsteem; 9) päevavalguse kasutamise viis; 10) kütte-, ventilatsiooni ja jahutussüsteemide reguleerimine; 11) reguleerimissüsteem [16].

1.3 Eesti-Šveitsi koostööprogramm

Šveits toetas Eestit ja teisi ELi uuemaid liikmeid programmi kaudu, et vähendada liikmesriikide vahelisi majanduslikke ja sotsiaalseid erinevusi. 2004. aastal eraldas Šveits nüüdseks kaheteistkümnele ELiga liitunud riigile miljard Šveitsi franki. Eestile määratud summa moodustas sellest ligi 33 miljonit eurot (*edaspidi EUR*). Toetusrahade jaotuspõhimõtted ning rakendusvaldkonnad määrati kindlaks iga riigi koostööprogrammi raamlepingus [19].

Koostööprogrammi raamkokkulepe allkirjastati 20. detsembril 2007. aastal Bernis. ning Šveitsi konföderatsioon toetas Eesti majanduslikku ja sotsiaalset arengut 39,92 miljoni Šveitsi frangi (*edaspidi CHF*) ehk umbes 30 miljoni EURga perioodil 2007–2012. Koostööprogrammi lõpparuanne kiideti doonorite poolt heaks 20. detsembril 2017. Kokku valiti Eestis välja 18 projekti, millest üks oli „Energiasäästu suurendamine avalikes hoonetes ning uute ehitusstandardite väljatöötamine“ ehk Energiatõhususprojekt. Antud projekti koordinaatoriks oli Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium (*edaspidi MKM*). Abikõlblikeks (100%) kuludeks eraldati koos MKM kaasfinantseeringuga 7 765 005 CHF. See tähendas, et Šveitsi finantseeringuks oli 83,7% abikõlblikest kuludest ehk maksimaalselt 6 500 000 CHF ja MKM kaasfinantseeringuks oli 16,3% ehk maksimaalselt 1 265 005 CHF. Abikõlblike kulude alla loeti kõik energiatõhususega seotud tööd, mis määratleti eraldi ehituskulude standardiseeritud EVS tabeliga.

Energiatõhususprojekti raames rekonstrueeriti neli ja ehitati kaks uut objekti. Kokku ehitati valmis ja rekonstrueeriti kuus avalikku hoonet [20]. Kõik need avalikud hooned olid parima saadaoleva praktika põhjal energiatõhusalt ehitatud või rekonstrueeritud ja kasutasid ära energia tootmise võimalused hoone asupaigas maasoojuskontuuride, päikesepaneelide ja/või -kollektorite abil ning vastavad A või B klassi energiatõhususele.

Kõik hooned asusid üle Eesti laiali, avaldades seeläbi positiivset mõju ka regionaalarengule. Esialgu pidi valmima neli objekti, kuid soodsa CHF-EUR kursi tõttu jäi programmi piisavalt finantsvahendeid ja otsustati selle läbiviimise aega pikendada ning jääkrahast lisati juurde kaks täiendavat objekti. Programmi eesmärk, süsinikdioksiidi heitmete vähendamine läbi parima ehituspraktika, saavutati.

Projekti raames rekonstrueeriti ja ehitati neli [21] KOV avalikku hoonet (valmimise järjestuses):

- 1) Haapsalu linna lasteaed Vikerkaar renoveeriti energiasäästlikuks hooneks, mis valmis 2015. kevadel. Lasteaia aadress: Lihula mnt 13, Haapsalu [22] Foto asub Lisa 1. Foto 1.
- 2) Väätsa valda rajati energiatõhus eakate kodu, mis valmis 2015. kevadel. Eakate kodu aadress: Türi tee 1, Türi vald, Järvamaa [23] Foto asub Lisa 1. Foto 2.
- 3) Lasva valda rajati energiatõhus lasteaiahoone, mis valmis 2015. sügisel. Lasteaiahoone aadress: Palo tee 32, Lasva, Võru vald, Võrumaa [24] Foto asub Lisa 1. Foto 3.
- 4) Rakvere linna algkool rekonstrueeriti madala energiatarbega lasteaiahooneks, mis valmis 2015. talvel. Lasteaiahoone aadress: Posti 29, Rakvere linn, Lääne-Viru maakond [25] Foto asub Lisa 1. Foto 4.

Soodsa EUR-CHF kursi tõttu tekkinud jääkrahast lisandus kaks rekonstrueeritavat hoonet:

- 5) Väätsa Põhikool rekonstrueeriti energiatõhusaks hooneks, mis valmis 2016. sügisel [26]. Põhikooli aadress: Kooli 1, Türi vald, Järvamaa [27] Foto asub Lisa 1. Foto 5.
- 6) Raplamaal rekonstrueeriti Alu Hariduskeskus energiatõhusaks hooneks, milles asub lasteaed, kool ja raamatukogu. Hoone valmis 2017. talvel [28] [29]. Alu kooli aadress: Keskuse tee 4, Alu alevik, Rapla vald [30] Foto asub Lisa 1. Foto 6.

Rajatud ja rekonstrueeritud hooned näitasid projektis osalevatele KOVdele ja teistele huvilistele, millega tuleb arvestada liginullenergiahoonete projekteerimisel, ehitamisel, rekonstrueerimisel, kasutamisel ja hooldusel.

2. Materjal ja metoodika

2.1 Ülevaade Rakvere Rohuaia lasteaiast

Rakvere Rohuaia lasteaed asub Rakvere linna idaosas vaiksese pereelamute kvartalis (Joonis 1). Kruut on nelinurkne ja selle läheduses ei ole suuri päikest varjavaid korterelamuid. Kruutis asuv kõrghaljastus ei sega talvisel ajal päikese püüdmist akende kaudu. Lasteaed on ehitatud energiatõhususe põhimõtteid järgides ning kohapeal toodetakse päikesepaneelidega enda tarbeks täiendavat elektrienergiat.

Rohuaia lasteaed on liitunud Rohelise Kooli ja Ettevõtliku Kooli programmidega ning lasteaias jälgitakse Fidelix automaatika abil hoone sisekliima tagamise süsteemide tööd. Näited Fidelix monitoorimissüsteemi andmete väljavõtetest on toodud Lisas 3.



Joonis 1. Rohuaia lasteaia asukoht (F; kaart: Maa-amet), välisvaade (C), vaade söögitoale (D), rekonstrueerimise käigus fassaadile ja katusele paigaldatud päikesepaneelid (A; B) ning rühmaruumide õhukvaliteedi parandamiseks paigaldatud ventilatsiooniagregaat (E). Fotod teinud Mari Loss.

2.2 Olukord enne lasteaia rekonstrueerimist

Lasteaiahoone on ehitatud 1980-ndatel aastatel 280-le lapsele, mis 1990ndatel ehitati osaliselt ümber algkooliks. Hoone näol oli tegu Nõukogudeaegse lasteaia tüüphoonega, mis oli U-kujuline ja mille kahte kahekorruselist harutiiba ühendas ühekorruseline administratiivosa. Idapoolses tiivas paiknes betoonpõrandaga tsiviilkaitse otstarbel rajatud täiskeldrikorrus, läänepoolse tiiva ja administratiivse osa all paiknes põrandata tehniline (pool)kelder. Seda tüüpi hooneid iseloomustab ruumalaühiku kohta suur välispiirete pindala, mis tingib talvel hoonete kiire jahtumise ja suvel ülekuumenemise. Hoone mittekandvate välisseinte (300 mm gaasbetoonpaneel) soojapidavus ei olnud piisav, enamus hoone ruumidest vajasisid remonti ja aegunud tehnosüsteemid asendamist.

2.3 Teostatud tööd

Rekonstrueerimiseks teostati lasteaiahoone olemasolevate välispiirete demontaaž, hooneosade lammutustööd ja amortiseerunud tarindielementide demontaaž (Joonis 2). Teostati uute vundamentide, välisseinte ja katuste ehitus juurdeehituse ja aula osas. Teostati keldriseinte soojustus ja hüdroisolatsioon ning sokli soojustus. Lasteaiahoone on ehitatud kandvate põikseintega, mis on monteeritud gaasbetoonist seinapaneelidest. Hoone välisseinad on laotud Aeroc plokkidest ja soojustatud. Fassaad on kaetud kolme erinevat tooni roheliste tsementkiudplaatidega. Ühtlasi ehitati aatriumi katuse kandekonstruktsioonid ja klaaskatus, kus asub tänasel päeval lisaks ka ruumikas ja kõrge laega saal. Hoone siseõu on kaetud betoonpostidele, terasfermidele ja –roovidele toetuva klaasist kattega. Hoone vundament on monteeritavatest betoonblokkidest lintvundament. Enne rekonstrueerimist lasteaia administratiivosa all asunud poolkorruseline kelder ehitati ümber täiskorruseliseks keldriks, mille kaudu saab liikuda ühest tiivast teise. Teostati uute soojustatud välisseinte ehitus olemasolevatele vundamentidele ning fassaaditööd. Soojustati katuslaed ja katus sai uue katematerjali. Loomulikult teostati kõigi ruumide siseviimistlus koos mööbli paigaldusega.

Hoone sai uue sadeveesüsteemi; kanalisatsiooni ja välisvõrgud; aknad, sise- ja välisuksed; välistrepid, pandused ja krundisisesed teed. Välja ehitati sundventilatsioonisüsteemid koos ventilatsioonikambritega. Hoone sai uue küttesüsteemi koos soojussõlme ümberehitusega ning tugev- ja nõrkvoolupaigaldise. Hoonete kütte-, jahutus- ja ventilatsioonisüsteemid mõjutavad olulisel määral energiatõhusust ja sisekliimat. Igal rühmal on oma väike ventilatsiooniagregaat SALDA (Leedu), kokku on neid hoones 12 tk ning neid hoitakse töös vastavalt rühmade kohalolule. Suuri ventilatsiooniagregate REMAK on 4 tk, millest 3 asuvad katusel ja 1 keldris.



Joonis 2. Rohuaia lasteaia U-kujulise hoonele aatriumi ja saali ehitamine (A) ning aatrium peale ehitustöid (B). Fotod teinud Mari Loss.

Lisaks rekonstrueeriti täielikult lasteaia õueala, millega loodi turvaline välikeskkond. Õuealal säilitati enamik olemasolevatest puudest. Teostati haljastustööd, paigaldati mängualade rajatised ja rajati kõva kattega teed. Mängualad jagunevad järgmiselt: peaväljak, sõimerühmade mänguala, spordiplats, rühmade mängualad. Hoone idapoolsel õuealal on läbivaks teemaks mets, õitsvad põõsad, marjad, lõhnataimed, maitsetaimed. Hoone läänepoolsel õuealal on erinevad kivimaterjalid ning vee teema. Lasteaias on olemas kompostimisvõimalus ja prügi kogutakse liikide kaupa.

2.4 Olukord peale lasteaia rekonstrueerimist

Hoone muutus kompaktsemaks (nelinurkne) ja sellel on väga hea soojusisolatsioon. Ühtlasi on aatriumis halbade ilmastikuolude korral lastel mängimisruumi. See tuleneb hoone madalast soojusjuhtivusest. Välisseinte soojusjuhtivus pole rohkem kui $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Katuse ja põranda soojusjuhtivus pole rohkem kui $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ja akende (klaas + raam) soojusjuhtivus on $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Hoonel on ka hea õhulekkearv, mis iseloomustab hoone välispiirde õhupidavust. Õhulekkearv on õhulekke maht kuupmeetrites välispiirde pinna ruutmeetri kohta tunnis ja see on hoones alla $1,0 [\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)]$. Hoones on kvaliteetne ventilatsioonisüsteem, mille soojustagastustegur ei ole alla 82% (arvestatud on kliimamõjuga). Teise korruse ruumide kaitseks on laiad katuseräästad ja esimese korruse ruumide jaoks on paigaldatud välised aknakatted, mis kaitsevad päikesekiirguse vastu. Hoonel on tõhus küttesüsteem ja energiatõhusad elektriseadmed. U-kujulise hoone rekonstrueerimise juurdeehituse tulemusel moodustus suletud siseõu, mis on kaetud klaasiga.

Hoone katusel paiknevad 22,75 kW võimsusega päikesepaneelid ja fassaadil vertikaalselt 10,2 kW võimsusega päikesepaneelid (Joonis 1). Hoonele antud arvutuslik energiaklass on A ja ETA on 92 kWh/m²a (Lisa 2.1). Hoone tegelik energiaklass on B ja ETA on 125 kWh/m²a (Lisa 2.2).

2.5 Kogemus projekteerimise ja ehitamisega

Rekonstrueerimise käigus saadi aru, et vana konstruktsiooni säilitamine ei ole alati odavam. Ette tuli probleeme uute ja vanade konstruktsioonide ühendamisel. Ühtlasi ilmnis lammutustööde käigus ettenägematud probleeme, mille lahendamine võttis lisaaega. Nt. Vajadus kasutada täiendavat teraskonstruktsiooni seinte tugevusarvutuse tagamiseks. Vajalik oli tihe koostöö projekteerija, ehitaja, tellija ja omanikujärelevalve vahel selleks, et tehtud muudatused, otsused ja probleemkohad ei tekitaks mahajäämust ajagraafikus. Seoses hoone kandekonstruktsioonide ümberprojekteerimise ja tugevdamisega tekkis aga oluline mahajäämus ajagraafikus ja ka erinevate tööloikude koordineerimises. Kuid lõpptulemuseks on turvaline, kaasaegne ja energiatõhus lasteaiahoone.

Peatöövõtuleping sõlmiti avaliku hanke raames AS Tartu Ehitusega perioodiks 31.07.2014–31.12.2015. Projekti „Rakvere linna Algkooli rekonstrueerimine madala energiatarbega lasteaiahooneks“ maksumuseks kujunes 3 144 141,53 EUR, millest energiatõhususe parandamisele suunatud toetuse osa oli 2 093 664,80 EUR.

2.6 Metoodika ja andmeanalüüs

Hoone kohta koguti kuluarvete põhjal kokku vajalikud tarbimisandmed. Lisaks kasutati päikeseelektri tootmisandmeid. Töös kasutati uurimisperioodide ilmastiku iseloomustamiseks Väike-Maarjas ilmajaama õhutemperatuuri andmed, mis saadi Keskkonnaagentuurist.

Magistritöös kasutati Rakvere Rohuaia lasteaia reaalseid soojusenergia, tarbevee ja elektri tarbimise andmeid kümnel aastal ning päikeseenergia tootmise andmeid viiel aastal. Rekonstrueerimisele eelnenud aja analüüsi tarbeks kasutati andmeid aastatest 2006-2010 ning rekonstrueerimisele järgnenud aja analüüsi tarbeks kasutati andmeid aastatest 2016-2020. Kuna päikesepaneelid paigaldati rekonstrueerimise käigus, siis neid puudutava tootlikkuse andmed on saadaval ka alates rekonstrueerimise järgselt. Elektrienergia tarbimisandmed on saadud Eesti Energia kuupõhiste arvete alusel. Ühtlasi on vajalik ära märkida, et esmalt eelistatakse kohapeal päikesepaneelidest toodetud elektrienergiat. Antud magistritöös on elektrienergia tarbimise andmetes kajastatud hoonesse sisse ostetud elektri koguse ja päikesepaneelide toodetud energia summana.

Andmete analüüsimiseks ning rekonstrueerimise tulemusena toimunud muutuste hindamiseks võrreldi ressursikuluanalüüsis aastate ja kuude lõikes lasteaia soojusenergia, elektrienergia ja

tarbevee tarbimist. Rekonstrueerimise järgselt kasvas hoone köetav pind ligi 1300 m² – varasema 2601,7 m² pealt 3907 m² peale. Selle tõttu normaliseeriti korrektse hinnangu saamiseks soojusenergia (kWh), tarbevee (m³) ja elektri (kWh) tarbimised ka hoone kogupindala suhtes 1 m² köetava pinna kohta. Rekonstrueerimise käigus muutus osaliselt ka hoone kasutusotstarve. Varasema haridushoone (algkool-lasteaia) asemel on nüüd tegu koolieelse lasteasutusega (lasteaiaga). Laste arvu osas suurt muudatust ei toimunud, hoonet kasutab peale rekonstrueerimist vaid 24 last rohkem – varasema 264 asemel 288 last. Viimase osas tuleb põhiline muudatus hoone kasutajate pikemast hoones viibimise ajast.

3. Tulemused ja arutelu

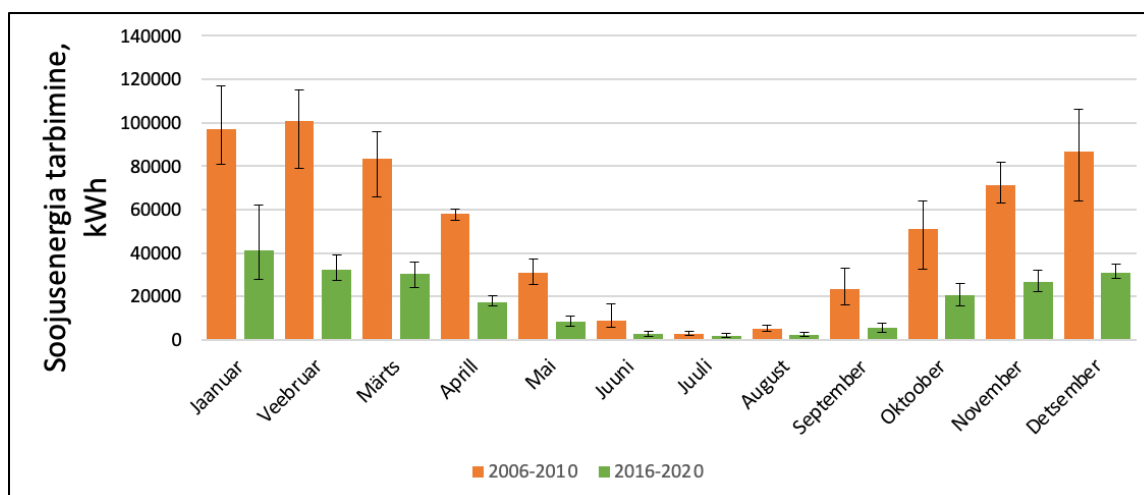
Ressursikulu analüüsiks on tehtud väljavõtte soojusenergia, tarbevee ja tarnitud elektrienergia tarbimise ning elektrienergia tootmise mahtudest kümnel aastal. Neist viiel enne ja viiel peale rekonstrueerimist. Analüüs võimaldab leida seoseid lasteaiahoone ressursside tarvitamise muutumises rekonstrueerimisele eelnenud ja järgnenud ajal.

Kuna varasemalt oli tegu algkool-lasteaiaga ja nüüd on hoones lasteaed, on muutunud hoone kasutajate hoones viibimise aeg. Algklasside õpilased viibivad koolihoones hommikul alates kella 8:00st kuni 14:00ni. Lasteaialapsed viibivad aga hoones hommikul alates 8:00st kuni vanemate tööpäeva lõppemiseni hiljemalt 18:30. Rekonstrueerimisele eelnenud ajal tegutses Rakveres Posti tn 29 hoones algkool-lasteaed, milles tegutses 6 algklassi 24 õpilasega ning 5 lasteaiarühma 24 lapsega. Kokku kasutas hoonet 264 last. Rekonstrueerimisele järgnenud ajal muudeti hoone täielikult 12-rühmaliseks lasteaiaks, mille igas rühmas on 24 last. Kokku kasutab hoonet 288 lasteaialast.

3.1 Soojusenergia tarbimine

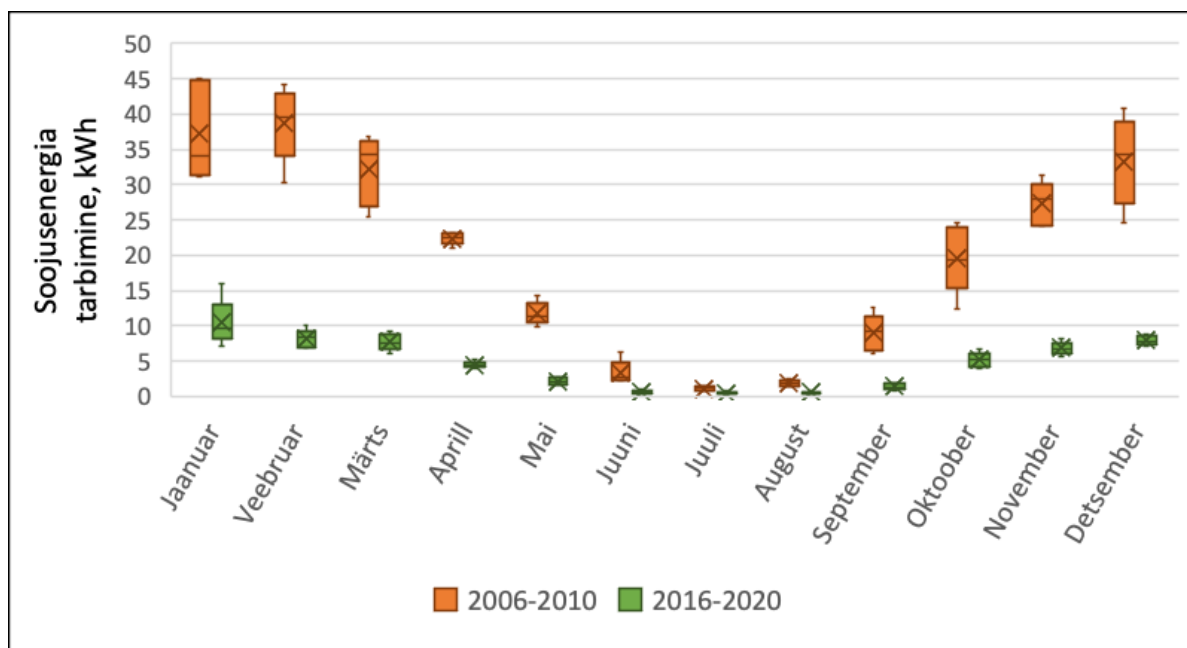
Lasteaias on kasutusel radiaatorküte, põrandaküte ning ventilatsiooniküte. Küttekulu mõjutab inimtegevuse kõrval ka ilmastik ning soojadel talvedel on küttekulud madalamad kui külmal ajal talvedel.

Küttekulu oli rekonstrueerimisele eelnenud viiel aastal (2006-2010) keskmiselt 620 MWh aastas. Rekonstrueerimisele järgnenud viiel aastal (2016-2020) oli küttekulu keskmiselt 220 MWh aastas. Joonisel 3 on toodud Rohuaia lasteaia hoone kogu soojusenergia tarbimine kuude lõikes kahel uuritaval perioodil.



Joonis 3. Rakvere Rohuaia lasteaia soojusenergia tarbimine (kWh) kuude lõikes. Joonisel on toodud keskmised, miinimum ja maksimum väärtused.

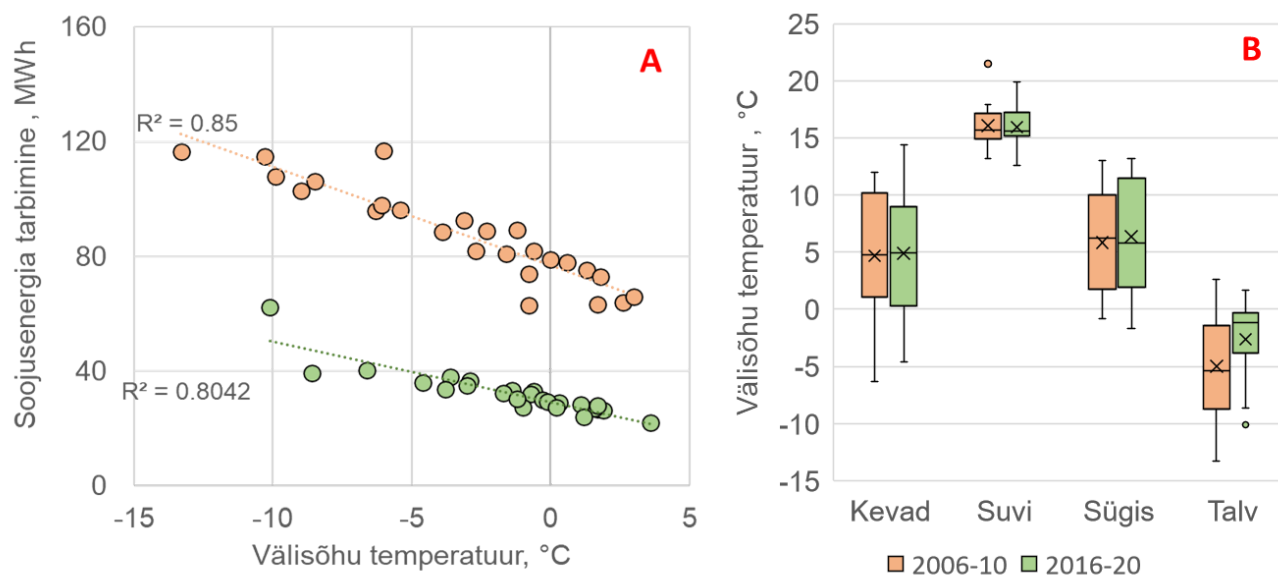
Võrreldes rekonstrueerimisele eelnenud 5 aasta keskmise soojusenergia kuluga aastas toimus soojusenergia tarbimises 2,8-kordne vähenemine võrreldes rekonstrueerimiseelse ajaga. Kogu küttekulu langus on saavutatud hoolimata hoone netopinna ligi 1300 m² tõusust. Arvutades hoone soojusenergia kulu hoone kõetava pinna ühe m² kohta, siis oli vähenemine 4,2 korda. 2006-2010 kulus soojusenergiat 238 kWh/m²a ja 2016-2020 56 kWh/m²a. Joonis 4 on toodud soojusenergia tarbimine hoone 1 m² põrandapinna kohta enne ja peale rekonstrueerimist.



Joonis 4. Rakvere Rohuaia lasteaia soojusenergia kuupõhine tarbimine (kWh/(m² a)) rekonstrueerimisele eelnenud perioodil 2006-2010 ja rekonstrueerimisele järgnenud perioodil 2016-2020. Joonisel on toodud keskmised (joon), mediaan (X), miinimum ja maksimum väärtused.

Soojusenergia tarbimine sõltub otseselt välistemperatuurist. Lisas 4 on toodud keskmine ööpäevane välisõhu temperatuur aastaaegade lõikes 2006-2010 ja 2016-2020 kohta.

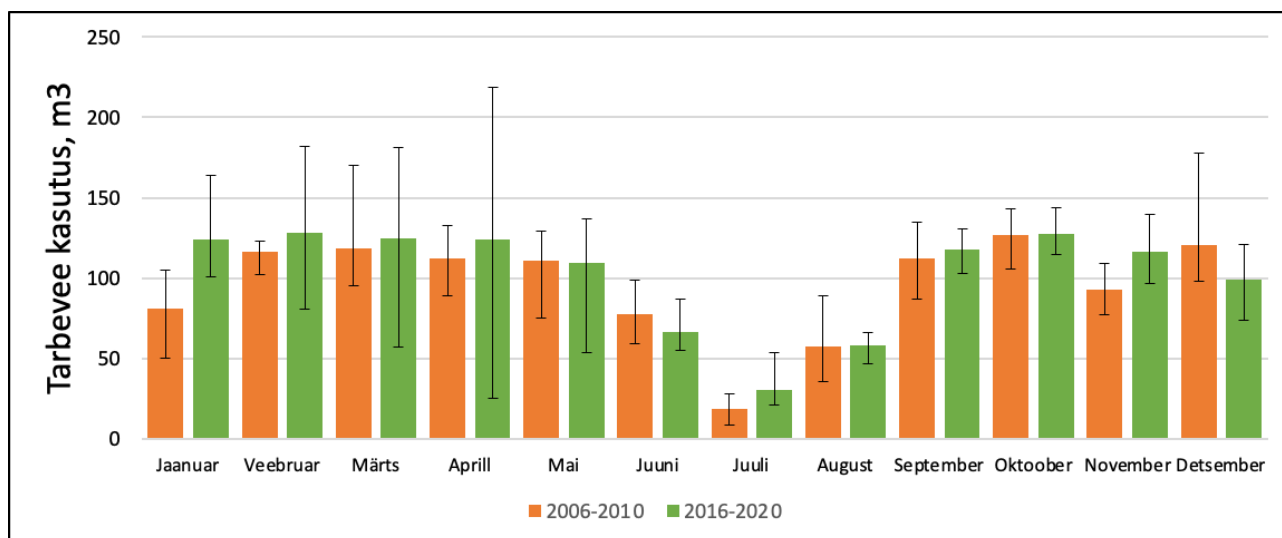
Rohuaia lasteaia soojusenergia tarbimise seos välisõhu temperatuuriga on toodud joonisel 5. Soojusenergia tarbimine oli suurem madalama välisõhu temperatuuriga kuudel. Samuti ilmnes, et enne renoveerimist suurenes külmema ilmaga oluliselt soojakadu. Peale rekonstrueerimist soojuskadu külmemate ilmadega nii järsult ei suurenenud.



Joonis 5. Soojusenergia tarbimise (A; kWh/m²) seos välisõhu temperatuuriga (°C, november, detsember, jaanuar, veebruar, märts) ning ööpäevane keskmine välisõhu temperatuur aastaegade lõikes (B) 2006-2010 ja 2016-2020 aastatel. B joonisel on toodud keskmised (joon), mediaan (X), miinimum ja maksimum väärtused.

3.2 Tarbevesi

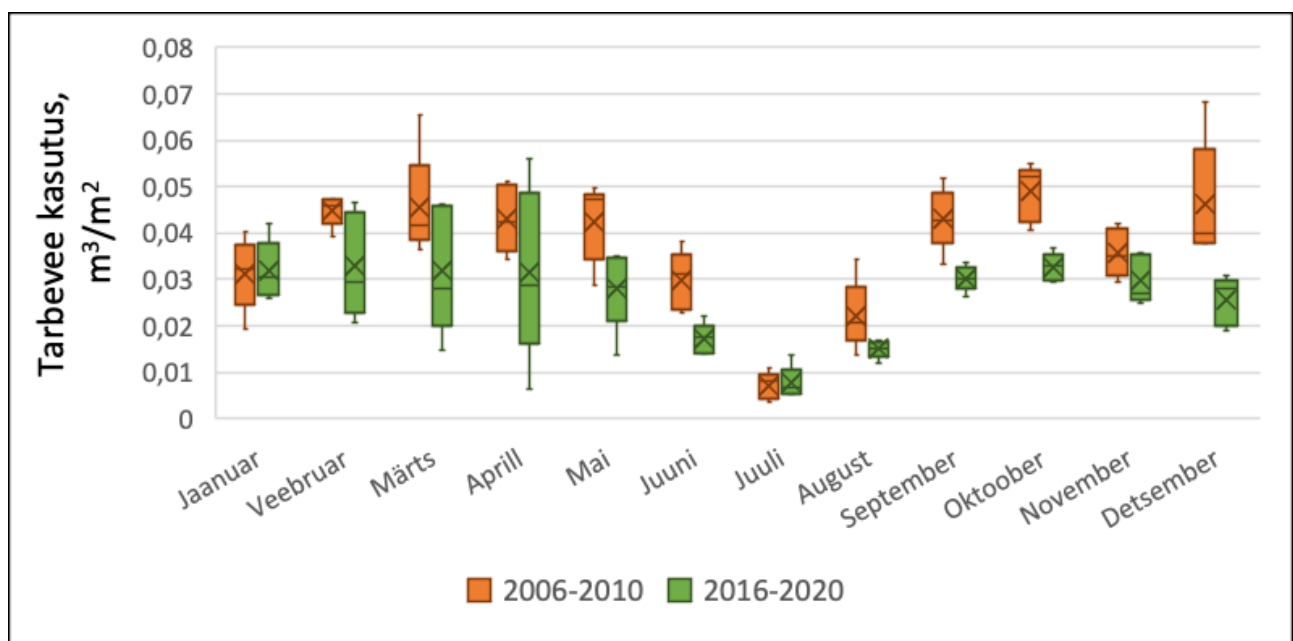
Rekonstrueerimise eelse perioodi keskmine aastane tarbevee kasutus oli 1146,4 m³. Rekonstrueerimise järgne tarbevee kasutus aastas oli keskmiselt 1227 m³. Veekasutus (m³) kuude lõikes aastatel 2006-2010 ja 2016-2020 on kajastatud joonisel 6.



Joonis 6. Rakvere Rohuaia lasteaia tarbevee kasutus (m³) kahel uuritaval perioodil. Joonisel on toodud keskmised, miinimum ja maksimum väärtused.

Veekasutus kuude lõikes aastatel 2006-2010 ja 2016-2020 on kajastatud joonisel 6. Tarbevee kasutuse suurenemist peale rekonstrueerimist saab selgitada lasteaiahoone suurenemise, laste arvu suurenemise, köögi lisamise ja kastmist vajava välishaljastuse lisamisega. Rekonstrueerimisele eelnevalt tuli põhiline veekasutus koolis isiklike hügieenitoimingute täitmisest, koristamisest ja pesumasina kasutamisest. Eriti suur hüpe võrreldes renoveerimise eelse perioodiga, kui vee tarbimine jäi alla 1200 m³, toimus taasavamise järgselt aastatel 2016 ja 2017, kui vee tarbimine kerkis üle 1400 m³. Alates 2018. aastast on tarbimine järjest vähenenud. 2020. aasta märtsi, aprilli ja mai kuu veetarbimine on erakordselt madal COVID-19 viiruse tõttu rakendatud piirangute tõttu, kus lasteaias oli avatud vaid kaks valverühma erinevates lasteaia osades (lisa 4, intervjuu küsimus 5).

Aastane veekulu hoone 1 m² köetava pinna kohta näitab, et rekonstrueerimisele eelnenud aastatel 2006-2010 kulutati hoone keskmiselt 2,203 m³ vett ühe m² põrandapinna kohta. Rekonstrueerimisele järgnenud aastatel oli sama näitaja 1,57 m³. See tähendab, et tegelikkuses on hoones veetarbimine vähenenud 1,4 korda põrandapinna kohta. Joonisel 7 on toodud tarbevee kasutus uuritavatel perioodidel kuude lõikes ühe ruutmeetri põrandapinna kohta.



Joonis 7. Rohuaia lasteaia tarbevee kasutus (m³) põrandapinna (m²) kohta kuude lõikes rekonstrueerimisele eelnenud ja järgnenud uurimisperioodidel. Joonisel on toodud keskmised (joon), mediaan (X), miinimum ja maksimum väärtused.

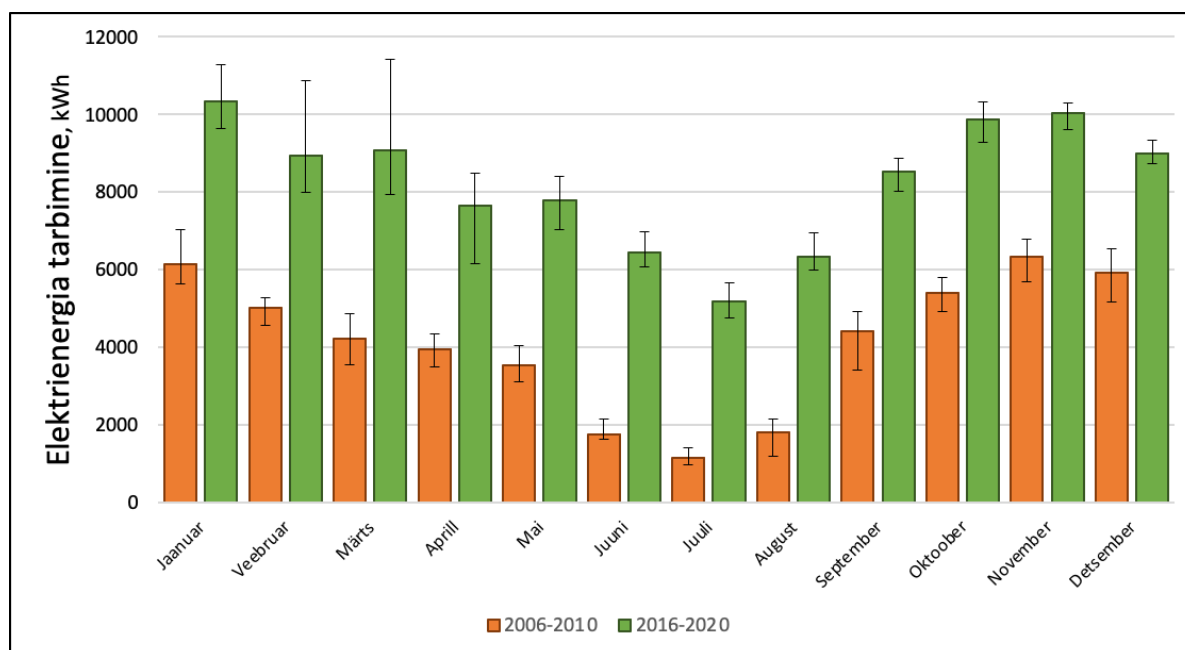
Kuigi 2016. aasta märtsis paigaldati kõikidele lasteaia kraanidele aeraatorid, mis pidanuks vähendama vee tarbimist, siis tarbimise näituses see ei avaldunud. Suure osa vee tarbimisest

moodustab lasteaias asuv köök, kus valmistatakse süüa ja mida 2019. a jaanuaris kasutas ühel kuul ka Rakvere Suurköök. Köögi veetarbimist on keeruline piirata, kuid lapsi saab suunata isikliku hügieeni toimingute täitmisel (kätepesu) säästlikule veetarbimisele kui täiskasvanud juhendavad lapsi. Kuna Rakvere lasteaiad on liitunud Rohelise Kooli programmiga, pööratakse sellele rühmades senisest enam tähelepanu.

3.3 Elektrienergia

Keskmine aastane tarnitud elektrikulu oli rekonstrueerimisele eelnenud viiel aastal (2006-2010) 49 635 kWh. Keskmine tarnitud elektrikulu aastast rekonstrueerimisele järgnenud uurimisperioodil (2016-2020) oli 81 146 kWh. Kogu elektrikulu koos päikesepaneelide toodetud elektriga oli 99 173 kWh.

Erinevalt soojusenergia tarbimisest tõi renoveerimine kaasa elektrienergia tarbimise kasvu (joonis 8). Aastane elektrienergia tarbimine suurenes ~2 korda ning kasv oli perioodide võrdluses kõige suurem märtsis ja aprillis kus see oli suurenenud üle 70% võrreldes eelmise perioodi samade kuudega.



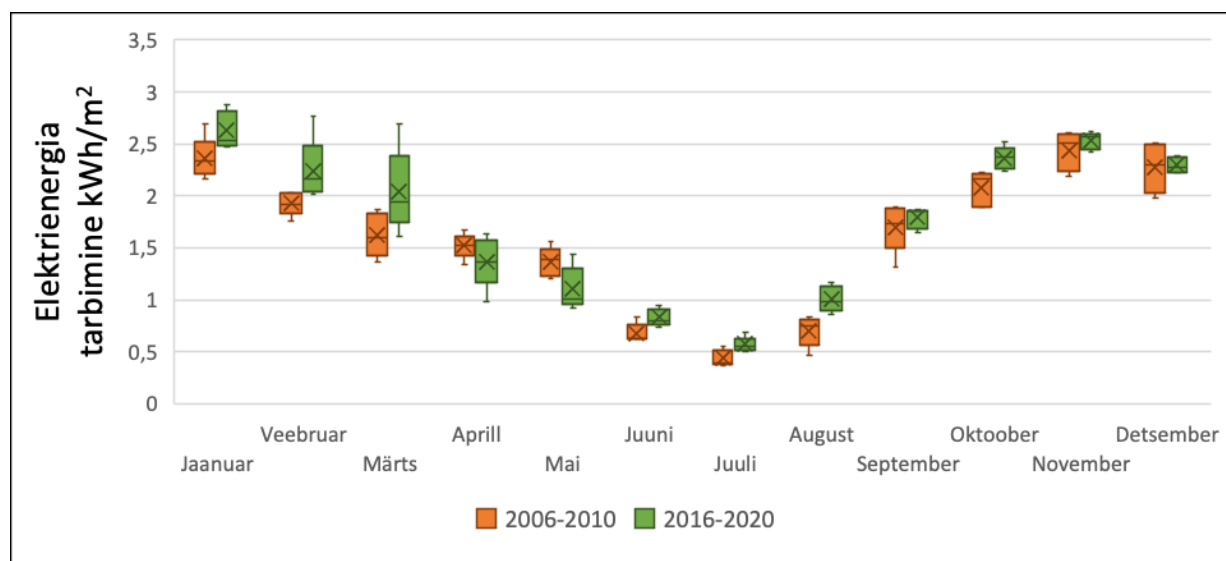
Joonis 8. Rakvere Rohuaia lasteaias tarnitud liidetud toodetud elektrienergiaga (kWh) kahel uuritaval perioodil. Joonisel on toodud keskmised, miinimum ja maksimum väärtused.

Lasteaiahoone pindala suurenemise põhjusena võib välja tuua rekonstrueerimistööde käigus hoonesse paigaldatud sundventilatsioonisüsteemi. Varasemalt ei olnud hoones tagatud mugav ja

nõuetekohane sisekliima. Talvekuudel läks hoone väga külmaks ja suvel ebamugavalt kuumaks. Rekonstrueerimise järgselt vastavad kõik lasteaia ruumid õigusaktidega kehtestatud tervisekaitse, tuleohutuse ja turvalisuse nõuetele.

Lisaks paigaldati 2016. aastal lasteaia õuealale valgustus ning samuti paigaldati juurde pesumasin, nõudepesumasinad rühmades, tolmuimejad, märgadesse ruumidesse põrandakütted.

Kui arvutada elektrikulu hoone 1 m² köetava pinna kohta, siis selgub, et elektrikulu on tegelikkuses tõusnud vaid 1,33 korda (joonis 9). 2006-2010 aastatel oli kogu elektrienergia kulu (kWh/a) hoone 1 m² põrandapinna kohta viie aasta lõikes keskmiselt 19,1 kWh/m²a. 2016-2020 aastatel oli sama näit 25,4 kWh/m²a.



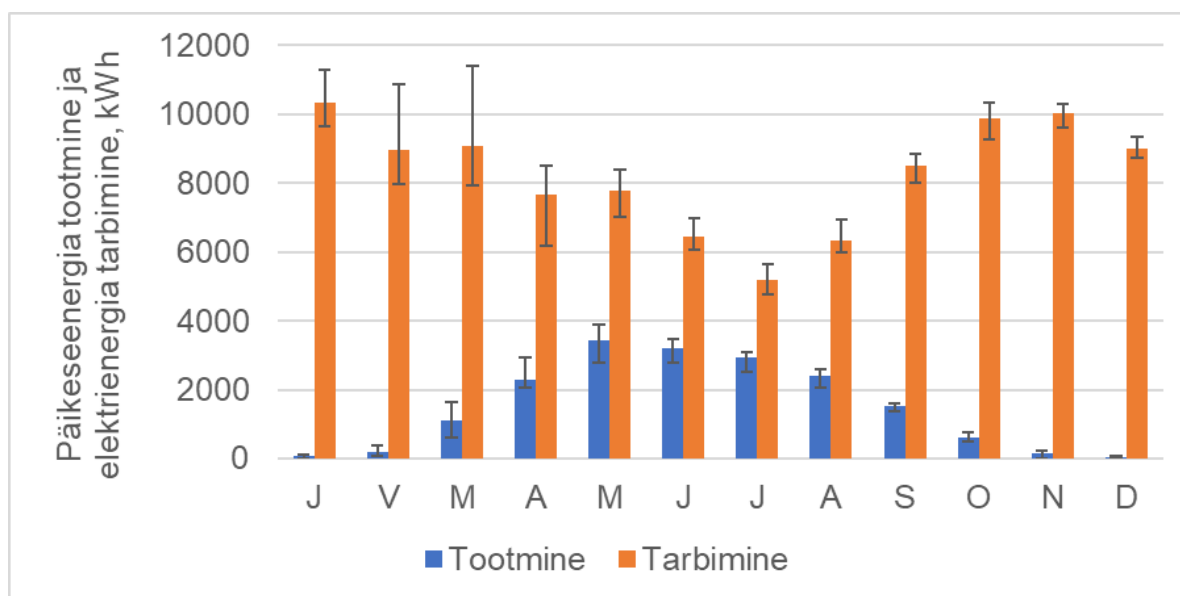
Joonis 9. Elektrienergia tarbimisandmed (kWh) 1 m² põrandapinna kohta kahe uuritava perioodi võrdluses. Joonisel on toodud keskmised (joon), mediaan (X), miinimum ja maksimum väärtused.

Kuigi elektrienergia kulu on teostatud arenduste tõttu kasvanud, on need siiski olnud vajalikud sammud tagamaks hoones nõuetele vastav sisekliima ja pimedal perioodil õuealal valgustatus. Elektrikulu vähendamiseks on lasteaia valgustitel liikumisandurid. Aegajalt on osad andurid rikked, kuid see tuleb hoone monitoorimissüsteemist Fidelix välja. Ühtlasi jälgib valgustus reaalsete valguslukside abil süsteemi intensiivsust, mistõttu võib aknapoolsetel valgustitel päevasel ajal olla väiksem valgus kui sama ruumi valgustitel, mis asuvad akendest kaugemal. Ruumide valgustust saab kontrollida ka käsitsi. Tarnitud elektrienergia tarbimine suurenes 2019. jaanuaris ~1250 kWh (tõustes 11 246 kWh-ni) võrreldes tavapärase jaanuarikuise kasutusega (mis on aastatel 2016, 2017, 2018, 2020 keskmiselt 10 019 kWh), sest lasteaia kööki kasutas siis Rakvere Suurköök.

Intensiivsema köögi kasutuse tõttu tõusis CO₂ kontsentratsioon ruumis ning ventilatsiooniagregaat pidi täiendava ventileerimisega saavutama CO₂ kontsentratsiooni alla 500 ppm. Ventileerimise intensiivsuse suurenemisel kasvab ka agregaadid elektrenergia tarbimine.

Alates 2016. aastast toimub lasteaia ka päikeseenergia tootmine (joonis 10). Hoonel paiknevad 22,75 kW võimuses katusepaneelid ja 10,2 kW võimsusega fassaadil paiknevaid vertikaalsed päikesepaneelid. 2016-2020 aasta päikeseenergia tootlus on välja toodud joonisel 10. Päikeseenergia tootmise jooniselt 19 tuleb välja, et 2016. aasta tootmisandmete põhjal toodeti vastavalt 16 358 kWh päikeseenergiat. 2017. vastavalt 16 902 kWh, 2018. vastavalt 18 600 kWh, 2019. aastal vastavalt 18 956 kWh ning 2020. aastal vastavalt 19 318 kWh. Liites sellele tarnitud elektrenergia selgub, et päikesepaneelidega toodetud elekter moodustab keskmisest tarnitud elektritarbimisest koos tootmisega perioodil 2016-2020 ~ 18%. Joonistub on näha, et kevad- ja suvekuudel on ka kõige kõrgem paneelide elektrenergia tootlus ja siis on ka meie kliimas kõige rohkem päikesevalgust.

Arvestades paneelide võimsust 33kW on aasta keskmine tootlikkus 18000 kWh väike. Eesti tingimustes võiks 1 kW võimsusega päikesepaneel toota kuni 900 kWh/a [32]. Rohuaia päikesepaneelide tootlikkus on viie aasta keskmisena 545 kWh/a. Vertikaalsed paneelid on paigaldatud selleks, et saada rohkem energiat talvel, kui päike käib madalalt. Paigutusest tulenevalt on nende võimsus suvel väike.



Joonis 10. Rohuaia lasteaiale paigaldatud päikesepaneelidega kuupõhiselt toodetud elektrenergia ja tarbitud elektrenergia (kWh) aastatel 2016-2020. Joonisel on toodud keskmised, miinimum ja maksimum väärtused.

Elektrienergia tarbimise 2016-2020 ja päikeseenergia tootmise 2016-2020 andmeid analüüsidis tuli välja, et 2019. aasta maikuus oli päikeseenergia tootlikkus ligi 1000 kWh võrra madalam võrreldes muude aastate maikuu tootlikkusega. Selgus, et 2019. aasta maikuus oli tavapärasest vähem päikest. Samal kuul tõusis ka elektrienergia tarbimine ligi 1000 kWh võrra. See näitab, et päikesepaneelide toodetud elektrienergia on oluline osa lasteaia kulude optimeerimisel. 2016. novembris ja detsembris oli tootmine nullilähedane inverteri rikke tõttu, mis garantiikorras välja vahetati. Päikeseenergia tootmist saab lasteaia kohapeal mõjutada ka paneele lumest puhastades.

2016. aastal toimus jaanuar-märts hoone ventilatsioonisüsteemide tasakaalustamine ja selle tõttu tarbiti tavapärasest rohkem elektrienergiat. See omakorda mõjutas väga tugevalt energiamärgise arvutamist, kuna kasutati terve aasta andmeid. Kui teostada uued arvutused, võib selguda, et tegelik energiaklass vastab ka A klassi kuuluvale hoonele. Tegelik energiamärgis (Lisa nr 2.2) väljastatakse kümneks aastaks, Rakvere Rohuaia lasteaia puhul aastani 2027. Tegelik energiamärgis väljastati aastal 2017. Uue energiamärgise tellimiseks peab olema kas hoone valdaja või KOV huvi, et tasuda uue märgise väljastamisega seotud kulud.

3.4 Näited kirjandusest

Esimeses uuritud lõputöös, T. Bergmann, Tallinna Tehnikaülikool, magistritöö 2020 „Veskitamme vkt 5 väikeelamu rekonstrueerimisettepanekud järgides liginullenergiahoone nõudeid“ TalTech Digikogu [33] teostati energiatõhususe arvutused ning viidi läbi õhulekkeuuring Veskitamme vkt 5 hoonele, et kaardistada selged kitsaskohad hoone energiakasutuses ning pakuti välja lahendused hoone energiatõhususe parandamiseks.

Antud magistritöö tulemuste väljundid ühtisid Rakvere Rohuaia tegelike rekonstrueerimise tulemustega. Sarnaselt Rohuaia lasteaiale oli eesmärgiks, et hoone energiatõhususe parandamisel säiliks hetkel olemasolevast hoonest nii palju kui võimalik. Paraku selgus mõlemal juhul, et soovitud määral vana säilitada ei saa ning lammutamisele läheb praktiliselt kõik peale kandvate konstruktsioonide. Rohkema säilitamine võib tulevikus päädida uue ning veel ulatuslikuma vajadusega rekonstrueerida ning siis läheks tõenäoliselt välja vahetamisele ka osa kandvaid konstruktsioone [33].

Käesoleva magistritöö metoodika peatükis oli välja toodud, et Rohuaia lasteaia rekonstrueerimise käigus mõisteti, et vana konstruktsiooni säilitamine ei ole alati odavam. Ette tuli probleeme uute ja vanade konstruktsioonide ühendamisel. Seoses hoone kandekonstruktsioonide

ümberprojekteerimise ja tugevdamisega tekkis aga mahajäämus ajagraafikus ja ka erinevate tööloikude koordineerimises.

Uuritud lõputöös „Veskitamme vkt 5 väikeelamu rekonstrueerimisettepanekud järgides liginullenergiahoone nõudeid“ [33] jäi küttesüsteem samaks, ja parem tulemus tuli välispiirete õhu- ja soojapidavuse parandamisega. Rakvere Rohuaia lasteaia rekonstrueerimistööde käigus sai hoone aga ka uue küttesüsteemi koos soojussõlme ümberehitusega ning tugev- ja nõrkvoolupaigaldise. Hoonete kütte-, jahutus- ja ventilatsioonisüsteemid mõjutavad olulisel määral energiatõhusust ja sisekliimat.

Uuritud lõputöös „Veskitamme vkt 5 väikeelamu rekonstrueerimisettepanekud järgides liginullenergiahoone nõudeid“ [33] teostati arvutused ka päikeseenergia ära kasutamisega sooja tarbevee ja elektri saamisel, kuid see muutis rekonstrueeritava hoone puhul energiatarbimist üsna vähe. Töö autor järeldas, et kõige olulisem roll hoone energiatõhusaks muutmisel on just välispiirete sooja- ja õhupidavusel. Rakvere Rohuaia lasteaias paigaldati rekonstrueerimise käigus päikesepaneelid elektrienergia tootmiseks. Nende mõju on elektrienergia reaalse tarbimisega võrreldes ligikaudu 25%.

Uuritud lõputöös „Veskitamme vkt 5 väikeelamu rekonstrueerimisettepanekud järgides liginullenergiahoone nõudeid“ [33] järeldas autor, et kõigist neljast energiatõhususe arvutusest järeldub, et ETAs kajastub tegelikult vaid pool tõde ja energiamärgist on võimalik ilma hoone soojapidavust parandamata oluliselt parandada näiteks küttesüsteemi välja vahetamisega. Nt. elektriga toimiv küttesüsteem omab arvutustes kaalumistegurit 2,0 võrreldes halukatlal toimiva küttesüsteemiga, mis omab kaalumistegurit 0,65. Sellisel juhul paraneb hoone ETA arv ca 30% võrra, reaalsuses aga soojuslik mugavus kuidagi ei paranenud [33].

Käesolevas magistritöös teostatud ressursikuluanalüüs näitas, et peale rekonstrueerimist on hoone soojusenergia tarbimine tunduvalt vähenenud ja kuigi elektrienergia kulu on teostatud arenduste tõttu kasvanud, on need siiski olnud vajalikud sammud tagamaks hoones nõuetele vastav sisekliima ja välisvalgustatus.

Teises uuritud lõputöös, A. Viesemann, Tallinna Tehnikaülikool, magistritöö 2018 “Tallinna Komeedi lasteaia sisekliima ja energiatõhususe analüüs” TalTech Digikogu) [34] teostati Tallinna Komeedi lasteaia sisekliima analüüs, et anda ülevaade lasteaiahoone seisukorrast, hinnata sisekliimat ja analüüsida hoone energiatarbimist. Komeedi lasteaia köetav pind on 669,7 m².

Töö autor Viesemann koostab energiasimulatsiooni mudeli ja annab ülevaate lasteaiahoone tarnitud elektrienergia ja soojusenergia tarbimisest 2014-2017 aastatel ning võrdleb seda sama aja keskmiste õhutemperatuuridega. Ühtlasi annab ülevaate tarbevee tarbimisest 2013-2016 aastatel. Varasemalt on Komeedi lasteaias teostatud vähesel määral ka renoveerimistöid. Puitaknad vahetatud kahekordsete pakettakende vastu ja katusekatte vahetus; külma- ja soojavee ning kanalisatsiooni torustiku vahetus keldris ja uue veemöödusõlme paigaldus [34]. Komeedi lasteaed on magistritöö kirjutamise ajal rekonstrueerimata.

Võrreldes Rohuaia lasteaiaga on Komeedi lasteaia tarnitud soojusenergia tarbimine võrreldav rekonstrueerimise eelse ajaga. Tarnitud elektrienergia tarbimine on samuti kordades madalam, sest lasteaeda ei ole veel rekonstrueeritud ja selles on loomulik ventilatsioonisüsteem [34]. Tarbevee tarbimine on ühtlasi kordades madalam. See tuleneb lasteaia suuruse erinevusest.

Kokkuvõte

Energiatarbimise ja jäätmete tekkimise vähendamine on Euroopa liidu jaoks üha olulisem. Selle saavutamiseks peavad hooned olema energiatõhusad ning lisaks kasutama ära energia tootmise võimalused hoone asupaigas. Alates 2020. aastast peavad kõik ELs ehitatavad uued avalikud hooned olema liginullenergiahooned. See tähendab, et lisaks parimale ehituspraktikale ja tõhusatele ehitusmaterjalidele kasutatakse kohapeal energia tootmist.

Ressursikulu analüüsiks on tehtud Rakvere Rohuaia lasteaia väljavõtte soojusenergia, tarbevee ja tarnitud elektrienergia tarbimise mahtudest kümnel aastal, neist viiel enne (2006-2010) ja viiel peale (2016-2020) rekonstrueerimist. Rekonstrueerimise järgselt on ressursikuluanalüüsis kasutatud ka kohapeal toodetud päikeseenergia andmeid. Rekonstrueerimise eelsed ja järgsed andmed põhinevad arvetelt. Päikeseenergia tootmise andmed pärinevad rekonstrueerimisjärgselt lasteaias kasutama hakatud Fidelix monitoorimissüsteemist, mille abil saab väga detailselt jälgida erinevaid hoone tarbimisandmeid nii reaajas, kui ka süsteemi paigaldamise algusest. Hoonel peab olema teadlik haldaja, kes kogu investeeritud tehnika maksimaalselt efektiivselt tööle rakendab. Antud analüüsist selgub, et alates 2016. aastast on toimunud küttekulu oluline (enam kui 2,8-kordne) langus, mis on kogu hoone põhjaliku rekonstrueerimise tulemus. Kui aga arvesse võtta netopinna suuruse ligi 1300 m² kasv ja võrrelda soojusenergia kulu hoone netopinna ruutmeetri kohta aastas, siis selgub, et see on tegelikkuses hoone köetava pinna 1 m² kohta paranenud suisa 4,3-kordselt. Rekonstrueerimisele eelnevaga võrreldes on kuupmeetripõhine veekasutus tõusnud. Seda saab selgitada lasteaiahoone suurenemise, laste arvu mõningase suurenemise, köögi lisamise ja kastmist vajava välishaljastuse lisamisega. Veekulu täiendavaks vähendamiseks on 2016. aastal kõigile kraanidele paigaldatud aeraatorid, mis aga erilist mõju üldtarbimisele ei avaldanud. Kui aga võrrelda aastast veekulu hoone köetava pinna 1 m² kohta, siis selgub, et tegelikkuses on hoones vee tarbimine ruutmeetri kohta aastas vähenenud suisa 1,4-kordselt. Võrreldaval perioodil on elektrienergia tarbimine suurenenud 2 korda. Selle põhjuseks saab tuua lasteaiahoone rekonstrueerimistööd, mille tulemusel hoone ehitati suuremaks, ja paigaldati sundventilatsioonisüsteem. Kui aga arvesse võtta netopinna suuruse ligi 1300 m² kasv ja vaadata elektrikulu hoone köetava pinna 1 m² kohta, siis selgub, et elektrikulu on tegelikkuses tõusnud vaid 1,33 korda. Kuigi elektrienergia kulu on teostatud arenduste tõttu kasvanud, on need siiski olnud vajalikud sammud tagamaks hoones nõuetele vastav sisekliima ja pimedal perioodil õuealal valgustatus. Enne

rekonstrueerimist ei olnud hoones sisekliima tagatud ning hoone õhu- ja soojapidavus oli ülimalt madal. Nüüd on hoones tagatud väga hea sisekliima ja hoonel on hea õhu- ja soojapidavus.

Alates 2016. aastast toodetakse lasteaias ka päikeseenergiat, mis katab aasta lõikes ~18% elektrienergia vajadusest. Selgelt tuleb välja, et suvel, kui meie kliimas on kõige rohkem päikesevalgust, on ka kõige kõrgem paneelide elektrienergia tootlus.

Summary

Reducing energy consumption and waste generation is becoming increasingly important for the European Union. To achieve this, buildings must be energy efficient and, in addition, take advantage of the potential for energy production at the site. From 2020, all new public buildings built in the EU must be nearly-zero emission buildings. This means that in addition to best construction practices and efficient construction materials, on-site energy production would also be used.

To analyze Rakvere Rohuaia kindergarten's resource costs, an extract of Rakvere Rohuaia kindergarten has been made regarding the volumes of energy for heating, domestic water consumption and supplied electricity consumption in ten years, five of which before (2006-2010) reconstruction, and five after (2016-2020) reconstruction. Post reconstruction, locally produced solar energy data have also been used for resource cost analysis.

The data pre and post reconstruction are based on invoices. However post reconstruction, the Fidelix monitoring system was used in the kindergarten, which can be used to monitor various building consumption data in great detail both in real time and from the beginning of the system installation. This resource cost analysis shows more than 2.8-fold decrease in heating costs since 2016, which is the result of a thorough reconstruction of the entire building. Domestic water consumption has increased a little. This can be explained by the increasing of the size of the kindergarten building, and slight increase in the number of children using the building, and the addition of a kitchen and the addition of outdoor landscaping that requires watering. To further reduce water consumption, aerators were installed on all taps in 2016, however it did not have a significant impact on overall consumption. In the comparable period, the use of electricity has increased 2 times. The reason for this can be attributed to the reconstruction of the kindergarten building, during which a forced ventilation system with heat recovery was installed, which has significantly increased the consumption of electricity. Although the cost of electricity has increased due to the developments, these have been necessary steps to ensure a proper indoor climate in the building and lighting in the outdoor area during the darker period.

Comparing the same data from the perspective of an increase in the heated area of a building of 1300 m², it turns out that heating costs have decreased 4,25-fold, water consumption has decreased 1,4-fold, and energy consumption has increased only 1,33-fold.

Prior to the reconstruction the indoor climate of the building was not guaranteed; air and heat resistance of the building was extremely low. The building now has a very good indoor climate, including good air and heat resistance.

From 2016, solar energy is produced in the kindergarten, and it covers ~ 18% of the annual imported electricity demand. It is clear that at summer time, when our climate has the most sunlight, the electricity yield of the panels is also the highest compared to the rest of the year.

Tänuavaldused

Magistritöö autor tänab Rohuaia lasteaia direktorit Ene Noolt ja lasteaia majandusjuhatajat Riina Alakülat nende väärtusliku koostöö, intervjuu ja andmete eest. Ühtlasi tänab ta Rakvere abilinnapead Andres Jaadlat informatsiooni eest.

Magistritöö autor soovib tänada Tartu Ülikooli geoloogia ja keskkonnatehnoloogia õppekavade programmijuhti Kairi Põldsaart, geoloogia ja mineraloogia professorit Kalle Kirsimäed ja töö juhendajat, keskkonnatehnoloogia kaasprofessorit, Martin Maddisoni väärtuslike kommentaaride eest.

Kasutatud kirjandus

- [1] Euroopa Komisjoni teatis „Euroopa renoveerimislaine – keskkonnahoidlikumad hooned, uued töökohad, parem elujärg KOM (220) 662 (final)
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/et/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662> 16.05.2022
- [2] Euroopa Komisjoni teatis „Energiaatõhususe tegevuskava: potentsiaali realiseerimine” Komisjoni teatis KOM (2006) 0545
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=celex%3A52006DC0545> 31.05.2021
- [3] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium „Ehitusvaldkonna pika vaate loomise analüüs – versioon 1.1 – detsember 2020“ lk 13
https://eehitus.ee/wp-content/uploads/2020/12/Ehitusvaldkonna-pika-vaate-loomise-analuus-v1_1.pdf 16.05.2022
- [4] Euroopa Komisjoni teatis „Energiaatõhusus ning selle panus energiajulgeolekusse ja 2030. aasta kliima- ja energiapoliitika raamistikku“ SWD(2014)255 (final)
- [5] Vastupidava energialiidu ja tulevikku suunatud kliimamuutuste poliitika raamstrateegia Energialiidupakett, COM(2015)80 (final)
- [6] Euroopa Komisjoni soovitus „Suuniste kohta liginullenergiahoonete ja parimate tavade edendamiseks, et 2020. aastaks oleksid kõik uued hooned liginullenergiahooned“ (EL) 2016/1318,
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:32016H1318> 16.05.2021
- [7] MKM määrus 01.01.2019 nr 63 Hoone energiaatõhususe miinimumnõuded
<https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020011>
- [8] Ehitusseadustik § 66. Energiamärgis
<https://www.riigiteataja.ee/akt/130122020006?dbNotReadOnly=true#para65lg3>
- [9] Majandus- ja taristuministri 30.04.2015 määrus nr 36 „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele” Lisa 2
https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/1060/5201/5002/MKM_m36_lisa2.pdf#
- [10] MKM määrus 01.01.2019 nr 63 Hoone energiaatõhususe miinimumnõuded § 1. (3)
<https://www.riigiteataja.ee/akt/113122018014?leiaKehtiv>
- [11] Kutseregister <https://www.kutseregister.ee>
- [12] MKM määrus 21.01.2019 nr 36 Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele
- [13] Ehitisregister <https://livekluster.ehr.ee/ui/ehr/v1>

- [14] MKM määrus 21.01.2019 nr 58 Hoone energiatõhususe arvutamise meetoodika
<https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020012>
- [15] Majandus- ja taristuministri 30.04.2015. a määrus nr 36 „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele“ LISA 3, punkt 8
https://www.riigiteataja.ee/akt/1060/5201/5002/MKM_m36_lisa3.pdf
- [16] E. Abel, H. Voll, T. Tark, „Hoonete energiatarve ja sisekliima“ EKVE 2014 2., parandatud trükk. Esmatrükk 2010. aastal.
- [17] Liiske M., 2002. Sisekliima. Tartu, Eesti Põllumajandusülikool.
- [18] Seppänen O., Seppänen M., 1998. Hoone sisekliima kujundamine. Tallinn, Koolibri.
- [19] Eesti-Šveitsi koostööprogrammi Raamleping
<https://www.rahandusministeerium.ee/et/valistoetused/eesti-sveitsi-koostooprogramm>
- [20] Eesti-Šveitsi koostööprogrammi tulemused, Energiatõhususprojekti info lk 5 lõik 2
https://www.rahandusministeerium.ee/sites/default/files/final_programme_report_estonia.pdf
- [21] Eesti-Šveitsi koostööprogrammi MKM taotlusvooru tulemused, 27.12.2010 (31.05.2021)
<https://www.mkm.ee/et/uudised/eesti-sveitsi-koostooprogrammist-toetatakse-viie-omavalitsuse-madalenergiahoone-ehitust>
- [22] Haapsalu lasteaed Vikerkaar kodulehekülg (31.05.2021) <https://vikerkaar.haapsalu.ee>
- [23] Väätsa eakate kodu kodulehekülg (31.05.2021) <http://vaatsaeakatekodu.eu>
- [24] Lasva Pargihaldja lasteaia kodulehekülg (31.05.2021) <https://pargihaldjas.ee>
- [25] Rakvere Rohuaia lasteaia kodulehekülg (31.05.2021) <https://www.rla.edu.ee>
- [26] Väätsa Põhikooli avamisüritus (31.05.2021) <https://vaatsapk.ee/5048-2/>
- [27] Väätsa Põhikooli kodulehekülg (31.05.2021) <https://vaatsapk.ee>
- [28] Alu Hariduskeskuse avamisürituse uudis 01.02.2017 (31.05.2021)
<http://aluraamat.blogspot.com/2017/02/alu-hariduskeskus-avatud.html>
- [29] Alu Hariduskeskuse avamise uudis (31.05.2021)
<https://raplamaa.ee/2017/01/alu-hariduskeskuse-avamine/>
- [30] Alu Hariduskeskuse kooli kodulehekülg (31.05.2021) <http://alulakool.edu.ee>
- [31] Hoone asukoha skeem väljavõttena Maaameti kaardilt (25.05.2021)
<https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maainfo>

[32] Energiatalgud.ee (27.05.2022)

[33] T. Bergmann, Tallinna Tehnikaülikool, magistr töö 2020 „Veskitamme vkt 5 väikeelamu rekonstrueerimisettepanekud järgides liginullenergiahoone nõudeid“ TalTech Digikogu

[34] A. Viesemann, Tallinna Tehnikaülikool, magistr töö 2018 “Tallinna Komeedi lasteaia sisekliima ja energiatõhususe analüüs” TalTech Digikogu

Lisa 1. Eesti-Šveitsi koostööprogrammi “Energiatõhususprojekt” raames renoveeritud ja ehitatud avalikud hooned
Fotod on tehtud magistritöö autori poolt.



Foto 1. Haapsalu Vikerkaare lasteaed



Foto 2. Väätsa eakate kodu



Foto 3. Lasva Pargihaldja lasteaed



Foto 4. Rakvere Rohuaia lasteaed



Foto 5. Väätsa Põhikool



Foto 6. Alu Hariduskeskus

Lisa 2.2 Rohuaia lasteaia energiamärgis

ENERGIAMÄRGIS

Energiamärgise nr :
Hoone kategooria:
Hoone kasutamise otstarve:
Aadress:
Ehitisregistri kood:
Ehitusaasta:
Kõetav pind:
Soojusvarustus:
Energiaallikas:

1711567/00769
mitteelamu
12631 Koolieelne lasteasutus (lastesõim, -aed, päevakodu, lasteaed-
algkool)
Lääne-Viru maakond, Rakvere linn, Posti tn 29
108007291
1988 (2016)
3322.8 m²
kaugküte
soe vesi

Tellija: Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

Energiamärgise algandmete allikas: Tellija esitatud andmed

KEK < 100

A

101 < KEK < 140

B

141 < KEK < 180

C

181 < KEK < 240

D

241 < KEK < 300

E

301 < KEK < 360

F

361 < KEK < 480

G

KEK > 481

H

Energiaühikute minimaalne

Kaalutud energiaerikasus (KEK):
Märgise väljaandmise kuupäev:
Märgis kehtib kuni:

125 kWh/m²·a
10.05.2017
09.05.2027

Märgise väljaandja:

Ariühing / FIE:
Registrikood:
Vastutav spetsialist:

ABAUDIT GRUPP OÜ
14075237
Vahur Suvi

Hoone energiakasutus

Energiakandja	TARNITUD ENERGIA		EKSPORDITUD ENERGIA, kWh/a	LOKAALSE TAASTUVENERGIA SÜSTEEM	ERIKASUTUS (arnitud - eksportitud), kWh/(m²·a)
	elekter / kaugküte kWh/a	TARNITUD KÜTUSED kogus/a			
elekter	87872				26,45
kaugküte	252440				75,97
ERIKASUTUS KOKKU, kWh/(m²·a):					102,42

HOONE ENERGIAMÄRGIS

B

Kaalutud energiaerikasus
125 kWh/m²·a

KEK < 100

A

101 < KEK < 140

B

141 < KEK < 180

C

181 < KEK < 240

D

241 < KEK < 300

E

301 < KEK < 360

F

361 < KEK < 480

G

KEK > 481

H

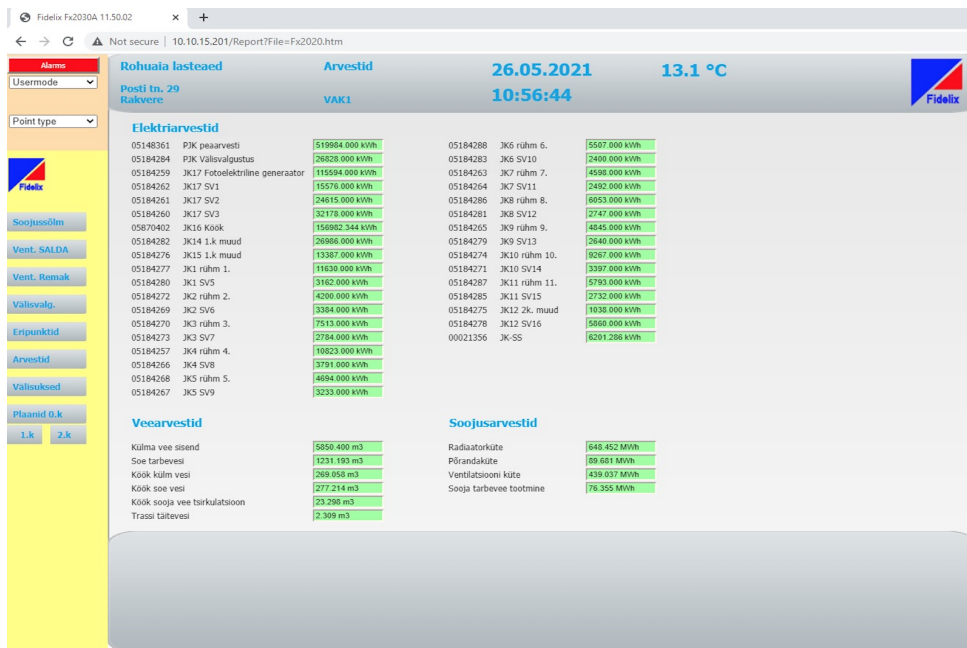
Energiaühikute minimaalne

Energiamärgise nr:
Aadress:
Ehitisregistri kood (www.ehr.ee):
Märgis kehtib kuni:

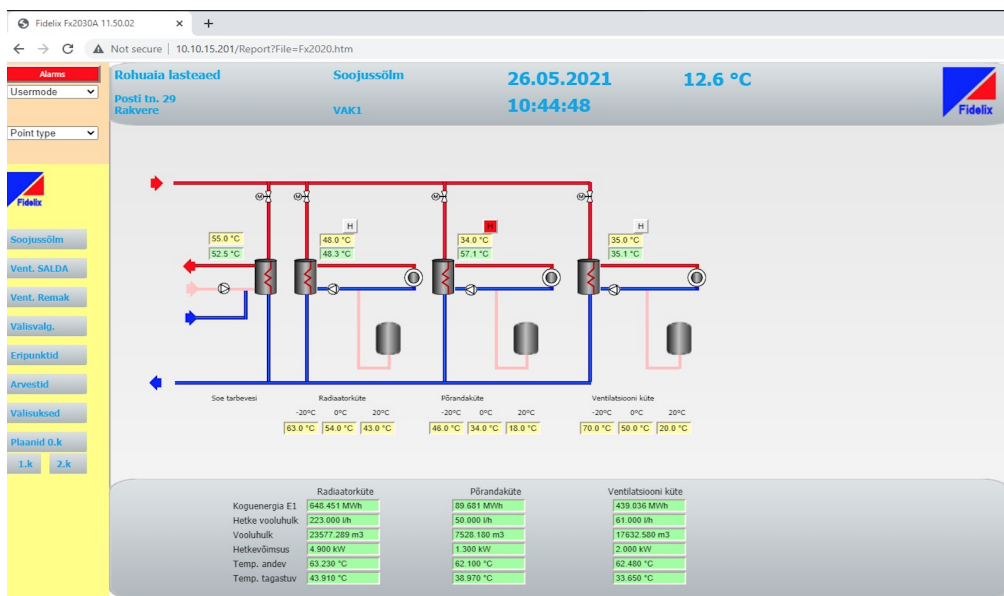
1711567/00769
Lääne-Viru maakond, Rakvere linn, Posti tn 29
108007291
09.05.2027

37

Lisa 3. Väljavõtte Fidelix monitoorimisprogrammi näitlikustamiseks



Lisa 3. Joonis 1. Näitlikustav väljavõtte arvestite näitudest hoone monitoorimisprogrammi Fidelix 26.05.2021 kell 10:56:44.



Lisa 3. Joonis 2. Näitlikustav soojasõlme väljavõtte hoone monitoorimisprogrammist Fidelix 26.05.2021 kell 10:44:48.

Lisa 4. Intervjuu Rakvere Rohuaia lasteaia direktori ja majandusjuhatajaga

Intervjuu toimus Rakvere Rohuaia lasteaias, Posti 29, Rakveres 26.05.2021 10:00-11:30. Intervjueeritavateks olid lasteaia direktor Ene Nool ja majandusjuhataja Riina Alaküla.

Intervjuu vältel jalutasid asjaosalised hoones ringi ning magistritöö kirjutajale anti ventilatsiooniagregaatide asukohtade ülevaade rühmaruumides. Seejärel näidati täiendavalt lisatud heliisolaatoreid, kirjeldati prügisorteerimise põhimõtteid. Lasteaed korjab eraldi segaolmejäätmeid; paber-, papp- ja kartongjäätmeid; segapakendeid ning kogutakse ka biojäätmeid. Biojäätmed kompostitakse ning kasutatakse välishoovis taimestiku väetamiseks. Sellel talvel koguti esmakordselt kõik teeküünlaümbrised kokku ning viidi metallikokkuostu, mille eest saadi lasteaia kassasse ligi 30 EUR. Lasteaed pöörab väga suurt tähelepanu laste keskkonnalaste teadmiste tõstmisesse ja juurutab lapsi keskkonnasäästlikule eluviisile.

Küsimus 1. Kas laste arv lasteaias on kasvanud võrreldes rekonstrueerimisele eelnenud ajaga?

Laste arv ei ole kasvanud. Varem asus kinnistul 264 lapsega algkool-lasteaed, mille kooli osas oli 6 klassi 24 õpilasega ja lasteaia osas 5 rühma 24 lapsega. Peale rekonstrueerimist asub lasteaiahoones 12 rühma 280 lapsega, kes viibivad majas õhtuni.

Küsimus 2. Kas tarbevee kasutus tuleneb lasteaias vaid hügieenitoimingutest?

Ei, tarbevett kasutatakse lisaks hügieenitoimingutele köögis, koristamisel ja kastmisel.

Küsimus 3. Kas kasutate ka pesumasinat, pesete nõusid ja teete süüa kohapeal?

Jah, kõiki neid toiminguid kasutatakse lasteaias kohapeal ja need mõjutavad tarbevee kulu.

Küsimus 4. Millal paigaldati kraanidele aeraatorid?

Aeraatorid paigaldati 2016.a märtsis.

Küsimus 5. Kuna tarbevee kasutus oli 2020.a märtsis, aprillis ja mais tavapärasega võrreldes tunduvalt madalam, siis uurin kas lasteaed oli Covid-19 tõttu suletud?

Lasteaed ei olnud sellel ajal suletud, küll aga viibisid hoones kaks varurühma kes asusid erinevates hoone tiibades.

Küsimus 6. Veekulu keskmine on pisut kasvanud võrreldes uuritavaid aastavahemikke 2006-2010 ja 2016-2020. Kas selle põhjus on hoone köetava pinna kasv?

Põhjuseks on hoone kasutusotstarbe muutumine. Varasemalt asus hoones kool mille õpilased olid hoones kuni hilislõunani (~14:00). Käesoleval hetkel asub hoones lasteaed ning lasteaialapsed viibivad hoones kuni vanemate tööpäeva lõpuni (hiljemalt 18:30). Ühtlasi, kevadeti ja suviti moodustab veekasutusest osa ka räästaaluse haljasala niisutamine. Tulevikus on lasteaial soov hakata sadevett koguma, millega saaks veel säästlikumalt ja optimaalsemalt tarbevee kasutuse pealt kokku hoida.

Küsimus 7. Kas elektritabimisse on päikeseenergia tootmine arvetel juba sisse arvestatud?

Elektrikulu ridadel on päikeseenergia tootmine juba sisse arvestatud, sest kohapeal tarbitakse võimaluse korral päikeseenergiat ja kui jääb puudu, siis kasutatakse elektrienergiat võrgust. Kui toimub ületootmine, müüakse energia võrku.

Küsimus 8. Kas müüte elektrienergiat tagasi võrku või tarbite vaid ise?

Müüvad võrku, kui toodavad üle.

Küsimus 09. Mis toimus 2016.a novembris ja detsembris kui päikeseenergia kukkus piltlikult nulli?

Inverter läks katki ja see tuli garantiikorras välja vahetada.

Küsimus 10. Mis toimus 2019.a maikuus kui päikeseenergia tootmine oli tavapärasest ligi 1000 kWh madalam?

See oli tingitud tavapärasest pilvisemast ilmast.

Küsimus 11. Miks oli 2017.a aprillis tavapärasega võrreldes tunduvalt kõrgem vee tarbimine?

Keldrikraan purunes ja seal esines leke.

Lisa 5. Lihtlitsents lõputöö elektroonseks avaldamiseks

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Mari Loss,

1. annan Tartu Ülikoolile lihtlitsentsi enda loodud magistritöö „Rakvere Rohuaia lasteaia ressursikulu analüüsi võrdlus enne ja peale rekonstrueerimist,” mille juhendajaks on Martin Maddison.

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartu, 31. mai 2022