



TARTU REGIOONI ENERGIAAGENTUUR

Tartu Regional Energy Agency

TARTU LINNA HOONETE ENERGIATARBIMISE JA SISEKLIIMA UURINGU TEISE ETAPI ARUANNE

TELLIJA: TARTU LINNAVARADE OSAKOND

Direktor
Koostas

Martin Kikas
Tiit Pikk, Kalle Virkus

Tartu
Jaanuar 2013

Sisukord

| | |
|--|-----------|
| Sisukord | 2 |
| 1. Sissejuhatus | 4 |
| 2. Uuringu II etapi kulg | 4 |
| 3. Tartu linna haldushoonete energiatarbimine. | 7 |
| 3.1. Tartu spordihoonete võrdlev energiatarbimine | 8 |
| 3.2. Tartu avalike hoonete energiatarbimine..... | 16 |
| 3.3. Tartu büroohoonete energiatarbimine parandatud | 23 |
| 3.4. Tartu munitsipaalkorterelamute energiatarbimine | 27 |
| 3.5. Tartu haridusasutuste hoonete energiatarbimine | 32 |
| 3.6. Tartu haridusasutuste võrdlus Tallinna koolidega | 42 |
| 4. Uuritavate objektide kohapealne vaatlus | 46 |
| 4.1. Objekt: Tartu Kunstigümnaasium (Aianduse 4) | 46 |
| 4.2. Objekt: Tartu linna sotsiaalmaja (Rahu 8) | 48 |
| 4.3. Objekt: Tartu Lille Noortemaja (Lille 9) | 50 |
| 4.4. Objekt: Tartu linna sotsiaalkorterelamu (Kalda tee 40)..... | 52 |
| 4.5. Objekt: Anne Noortekeskus (Uus 56)..... | 53 |
| 4.6. Objekt: Hugo Treffneri Gümnaasium (Munga 12)..... | 55 |
| 4.7. Objekt: Vahtramäe lastekodu (Mäe tn 33)..... | 57 |
| 5. Tartu linna lasteaedade sisekliima mõõtmistulemused | 59 |
| 5.1. Uuringu teoreetilised alused | 61 |
| 5.1.1. Välisõhu parameetrid uuringu teostamise ajal..... | 61 |
| 5.1.2 Sisekliima parameetrite normatiivsed ja soovituslikud väärtuse | 62 |
| 5.2 Sisekliima mõõtmiste tulemused ja analüüs | 65 |
| 5.2.1. Tartu Kunstimuuseum (Raekoja plats 18) | 65 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 5.2.1 | Tartu Linnavalitsus (Küüni tn. 5) | 68 |
| 5.2.2 | Tartu Linnavalitsus (Küüni tn. 3; Raekoja plats 3) | 71 |
| 5.2.3 | Vahtramäe lastekodu (Mäe tn 33) | 74 |
| 5.2.4 | Lastekodu (Jaama tn 72)..... | 77 |
| 5.2.5 | Laulupeomuseum (Jaama tn 14)..... | 79 |
| 5.2.6 | Hooldekodu (Liiva tn. 32/34/34a) | 82 |
| 5.2.8. | Hugo Treffneri gümnaasium (Munga 12)..... | 85 |
| 5.2.9 | Täiskasvanute gümnaasium (Riia tn 25) | 88 |
| 5.2.9 | Sotsiaalkorterimaja (Puiestee tn. 79) | 91 |
| 5.2.9 | Sotsiaalkorterimaja (Kalda tee 40) | 94 |
| 5.3 | Sisekliima kokkuvõte | 97 |
| 6. | Haldushoonete ventilatsiooni energiakasutuse mõõtmine | 98 |
| 6.1. | Lasteaed Klaabu ventilatsiooniseadmete elektrienergia tarbimise analüüs | 99 |
| 6.2. | Lasteaed Sipsiku ventilatsiooniseadmete elektrienergia tarbimise analüüs | 100 |
| 6.3. | Lasteaed Lotte ventilatsiooniseadmete elektrienergia tarbimise analüüs | 101 |
| 7. | Järeldused ja märkused | 103 |
| | KOKKUVÕTE | 106 |

1. Sissejuhatus

Monitooring-uuringu eesmärgiks on fikseerida Tartu linnale kuuluva kinnisvara seisukord energiakasutuse ja -tõhususe ning sisekliima kvaliteedi seisukohast. Uuringu kestvus on 2011. aasta aprillist kuni 2012. aasta detsembri lõpuni. Käesolev dokument on nimetatud uuringu teise etapi aruandeks. Uuringu lõppeesmärgiks on üle vaadata kõik linnale kuuluvad erinevat tüüpi hooned ja anda soovitusi edaspidiseks haldamiseks energiakasutuse seisukohalt.

2. Uuringu II etapi kulg

Uuringu teise etapina analüüsiti tarbimisandmete põhjal Tartu linnas asuvate administratiivhoonete, koolide, raamatukogude, sotsiaalkorterelamute ja spordihoonete energiakasutust energiakasutuse tarbimisandmete järgi. Teostati paikvaaltus seitsmele hoonele, et saada ülevaadet üleüldisest välispiirete ja tehnosüsteemide seisukorrast ning energiatarbimise harjumustest, mis on üldine olukord ja mis on sama tüüpi hoonete põhiprobleemid. Ülevaatus käigus fikseeriti hoone füüsilist seisukorda sellisel määral, mis on oluline energiatarbimise seisukohast; hoone konstruktsioonide seisukorra hindamine, nende füüsilise püsivuse või remondivajaduse seisukohast ei kuulunud käesoleva uuringu ülesannete hulka. Ülevaatuste kohta on koostatud paikvaatluse protokollid (vt. lk 46-58).

Energiatarbimise andmed on saadud teenusepakkujatelt: Soojusenergia – Eesti Gaas, Fortum Tartu ja Eraküte; elektrienergia – Eesti Energia. Arvesse on võetud tarbimisandmed 2009-2011.

Lisaks ülevaatusle ja energiatarbe andmete analüüsile mõõdeti külmal ajal üheteistkümnelt eri tüüpi hoonete sisekliimat. Kui Tartu linna hoonete energiatarbimise ja sisekliima uuringu esimese etapina analüüsiti tarbimisandmete põhjal Tartu linnas asuvate lasteaedade ja koolide, siis teises etapis toimus koolihoonete küllastamine ja erinevat tüüpi haldushoonete sisekliima mõõdistamine.

Sisekliima mõõtmise eesmärgiks oli nende võrdlemisel tarbeandmetega selgitada hoonete tegelik energiatarvet, arvestades ka sisekliima hoidmiseks vajaliku energiaga (ventilatsioon). Siseõhu kvaliteedi näitajaks loetakse temperatuuri, õhuniiskuse ja CO₂ sisaldust õhus, mis on mõõdetuna

osades miljoni kohta (*particles per million*, lühendatult ppm). CO₂ iseenesest ei ole ohtlik, aga selle sisalduse kasvuga võrdeliselt kasvab ka lenduvate orgaaniliste ühendite (*volatile organic compound*, lühendatult VOC) sisaldust, mis on sisuliselt inimtegevuse jääkproduktid ja sellisena tervisele kahjulikud.

Mõõteseadmetena kasutati suhtelise õhuniiskuse ja temperatuuri Welleman USB niiskuse ja temperatuuri salvestusseadmeid (RH $\pm 3,0...5,0\%$; temp $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$)¹ ja siseõhu kvaliteedi kombineeritud (CO₂ sisaldus, suhteline õhuniiskus, temperatuur) salvestusseadet (RH $\pm 2\%$; temp $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, CO₂ $\pm 3\%$)^{2,3}. Kokku teostati mõõtmisi 11-s (Tabel 1.) Tartu linna haldushoones (vt. lk 59 – 96).

| Hoone nimi/kasutusotstarve | Asukoht | Mõõtmise teostamise ajavahemik |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Tartu Kunstimuseum | Raekoja 18 | 06.03.2012...09.03.2012 |
| Laulupeomuseum | Jaama tn 14 | 21.03.2012...24.03.2012 |
| Tartu Linnavalitsus | Küüni 5 | 09.04.2012...11.04.2012 |
| Tartu Linnavalitsus | Küüni 3; Raekoja plats 3 | 11.04.2012...13.04.2012 |
| Hugo Treffneri gümnaasium | Munga 12 | 12.03.2012...15.03.2012 |
| Täiskasvanute gümnaasium | Riia 25 | 03.04.2012...05.04.2012 |
| Hooldekodu | Liiva 32/34/34 a | 24.03.2012...28.03.2012 |
| Lastekodu | Mäe tn 33 | 19.03.2012...21.03.2012 |
| Lastekodu | Jaama tn 72 | 09.03.2012...12.03.2012 |
| Sotsiaalkortermaja | Kalda tee 40 | 28.03.2012...02.04.2012 |
| Sotsiaalkortermaja | Puiestee 79 | 05.04.2012...10.04.2012 |

Tabel 2.1. Sisekliima mõõtmiste teostamise kuupäevad ja asukohad

¹ Velleman DVM171THD kasutusjuhend. <http://www.velleman.eu/downloads/1/dvm171thdgbnlfresdpl.pdf> (inglise keeles)

² <http://www.sensirion.com/en/products/humidity-temperature/humidity-sensor-sht15/>

³ <http://www.co2meter.com/collections/co2-sensors/products/k-30-3-co2-sensor>

Uuringu mahukuse ning läbiviimise perioodi eripära tõttu oli iga hoone mõõteperioodiks 3...4 päeva. Sisekliima parameetrite salvestamine toimus enamasti perioodil, mille sisse jäi nii tööpäevad kui ka nädalavahetused ning mil hoone kasutus hinnati kõige intensiivsem olevat. Näiteks koolides, ametiasutustes ja muuseumites toimusid mõõtmised peamiselt tööpäevadel. Peamiselt sotsiaalkorterelamutes, mille ruume kasutati eluruumidena, toimusid mõõtmised ka nädalavahetusel.

Lisaks sisekliimale mõõdeti ka kolme lasteaia ventilatsioonisüsteemide energiatarbimist, mis oli esimese etapi uuringu soovitus, kui hinnati kõigi Tartu lasteaedade energitarvet ja sisekliimat. Eesmärk on välja selgitada, kui suur on ventilatsioonisüsteemi tarbimise osakaal kogu elektritarbimisest.

3. Tartu linna haldushoonete energiatarbimine.

Tartu Linna haldushoonete energiatarbimise ülevaates on välja toodud erinevat tüüpi hoonete kätava pinna mahud (m^2), soojusenergia keskmine tarbimine hoone kätava pinna ruutmeetrile aastas ($kWh/(m^2a)$), elektrienergia keskmine tarbimine hoone kätava pinna ruutmeetrile aastas ($kWh/(m^2a)$) ja kaalumisteguritega läbi korrutatud eeldatav energiamärgis ($kWh/(m^2a)$). Samuti on eraldi joonistena välja toodud erinevat tüüpi hoonete soojus- ja elektrienergia tarbimine kolme aasta kaupa (2009- 2011) $kWh/(m^2a)$ peale ning kuidas sama tüüpi hooned on omavahel kaalutud energiaerikasutusklassi järgi võrreldes pingreas.

3.1. Tartu spordihoonete võrdlev energiatarbimine

Spordihood on võimlad ja sisemiste spordiplatsidega hood. Energiamärgise klassi järgi eraldi spordihoonete energiämärgise kategooriaid ei ole ning seepärast määratakse energiämärgis muude hoonete energiämärgise vahemike järgi.

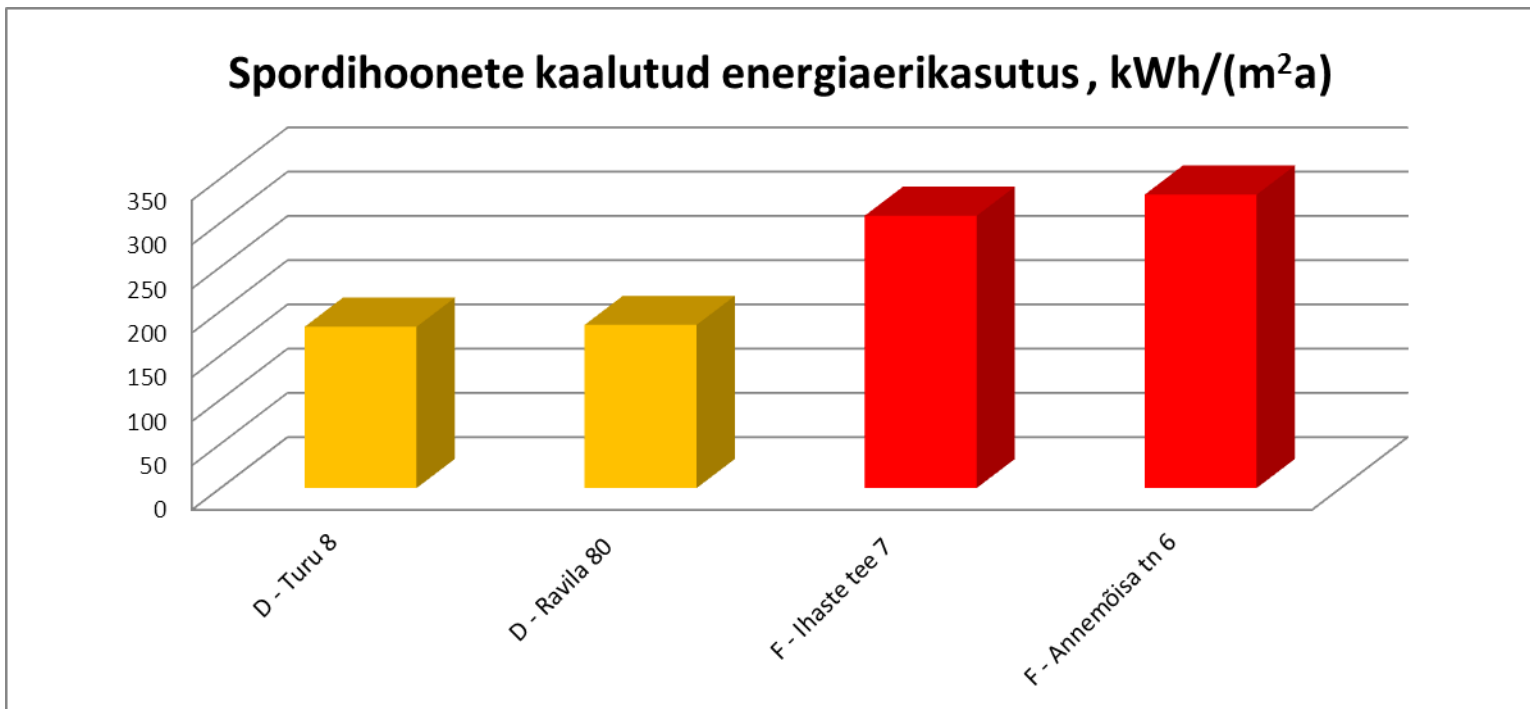
Spordihoonete puhul on eraldi välja toodud soojus- ja elektrienergia tarbimine hoone ruumala mahu järgi (tabel 3.1.2). Kuna Ihaste 7 hoone lae puhaskõrgus on 14 m, siis antud hoone puhul on kütmise ja õhukoguse vahetamise maht samuti suurem võrreldes teiste spordihoonetega.

| Jr nr | Spordihood | Aadress | Kõetav pind, m ² | Hoone ruumala, m ³ | Soojusenergia keskmine tarbimine, kWh/(m ² a) 2009- 2011 | Elektrienergia keskmine tarbimine, kWh/(m ² a) 2009-2011 | Eeldatav energiämärgis (KEK), 2009-2011 |
|-------|--------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|---|---|---|
| 1 | Annemõisa hokikeskus | Annemõisa tn 6 | 414 | 1 329 | 270 | 60 | F/331,7 |
| 2 | A.LeCoq SPORT spordimaja | Ihaste tee 7 | 5664 | 51 691 | 176 | 98 | F/307,7 |
| 3 | Visa Spordihall | Ravila 80 | 1096 | 8 937 | 144 | 23,6 | D/184,4 |
| 4 | Spordikool | Turu 8 | 4214 | 29 789 | 125 | 45,7 | D/182,3 |

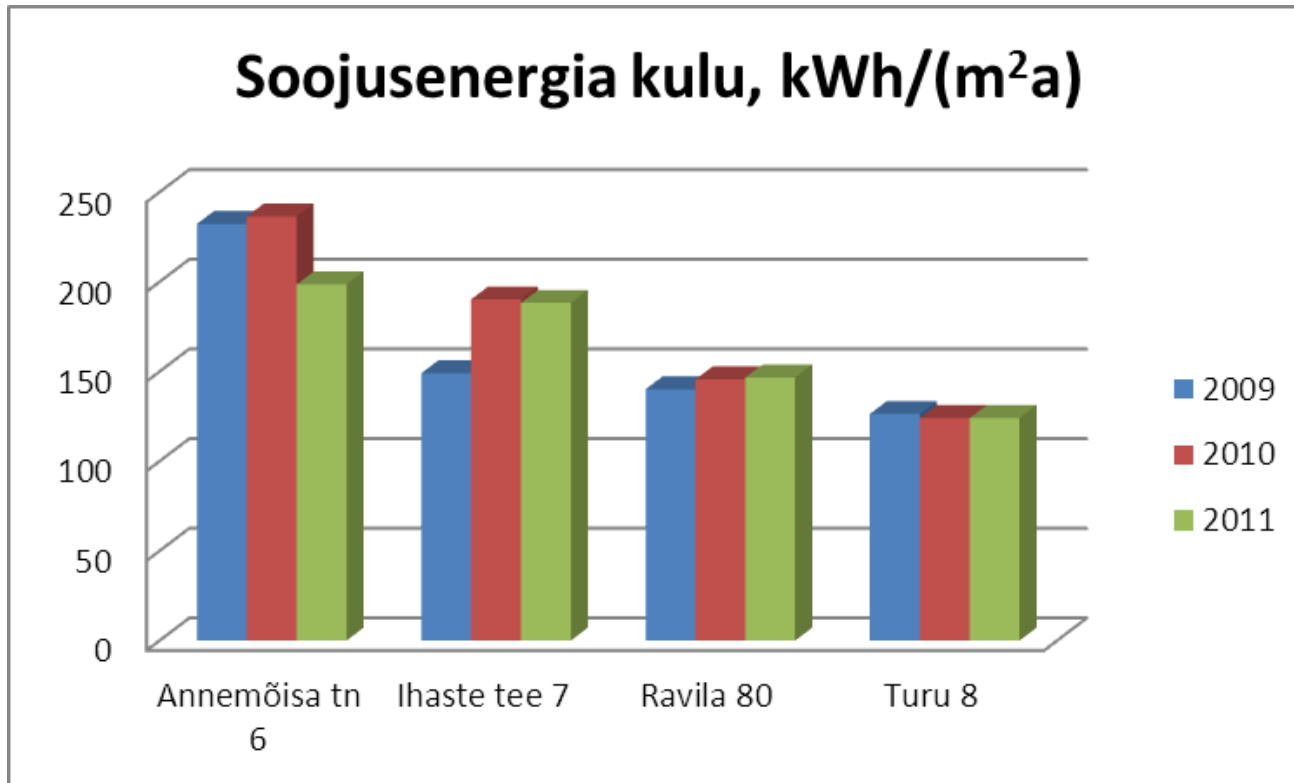
Tabel 3.1.1. Spordihoonete kõetav pind, kolme aasta (2009 – 2011) keskmine soojus- ja elektrienergia tarbimine ruutmeetri ning kuupmeetri peale ning eeldatav energiämärgis

| Jr nr. | Spordihooned | Aadress | Soojusenergia keskmine tarbimine, kWh/a 2009-2011 | Elektrienergia keskmine tarbimine, kWh/a 2009-2011 |
|--------|---------------------------|----------------|---|--|
| 1 | Annemõisa hokikeskus | Annemõisa tn 6 | 111,5 | 4172,1 |
| 2 | A.Le.Coq SPORT spordimaja | Ihaste tee 7 | 812,5 | 415227 |
| 3 | Visa Spordihall | Ravila 80 | 162,6 | 41976 |
| 4 | Spordikool | Turu 8 | 526 | 192591 |

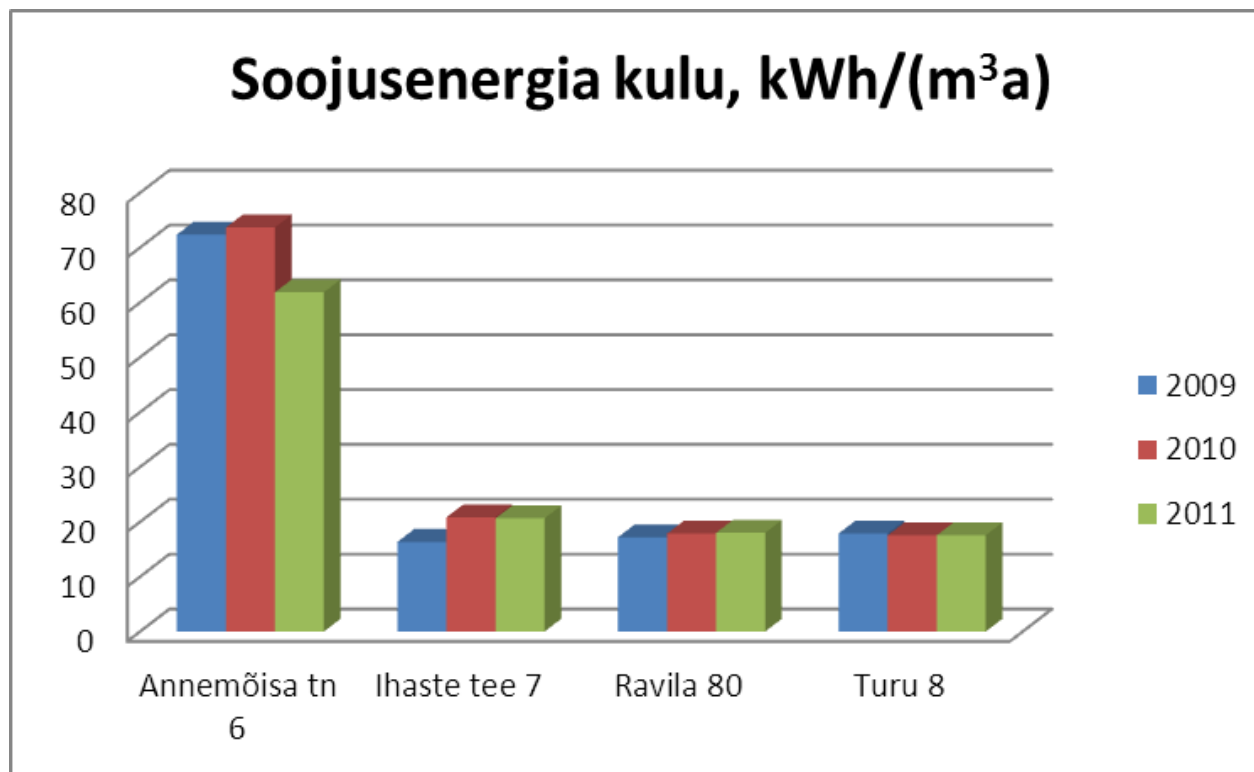
Tabel 3.1.2. Spordihoonete keskmine kolme aasta (2009 – 2011) soojus- ja elektrienergia tarbimine kWh/a.



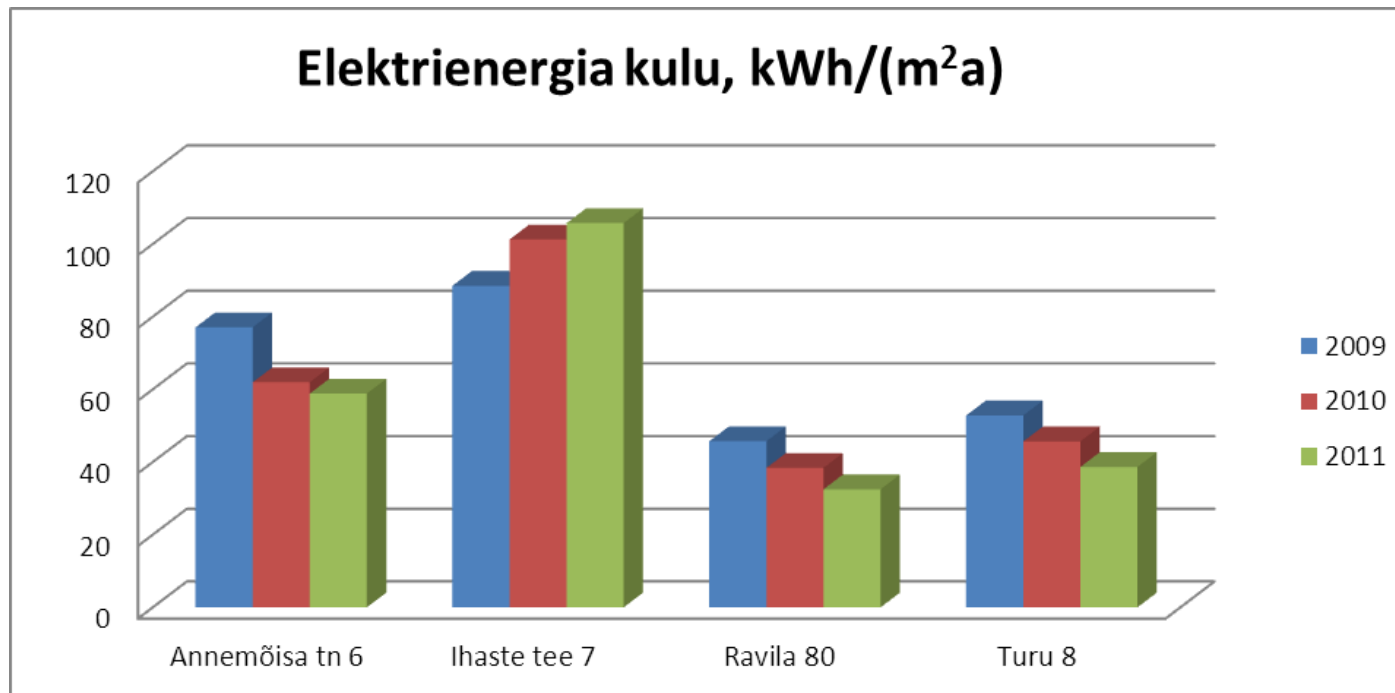
Joonis 3.1.1. Spordihoonete kaalutud energiaerikasutus aastatel 2009-2011



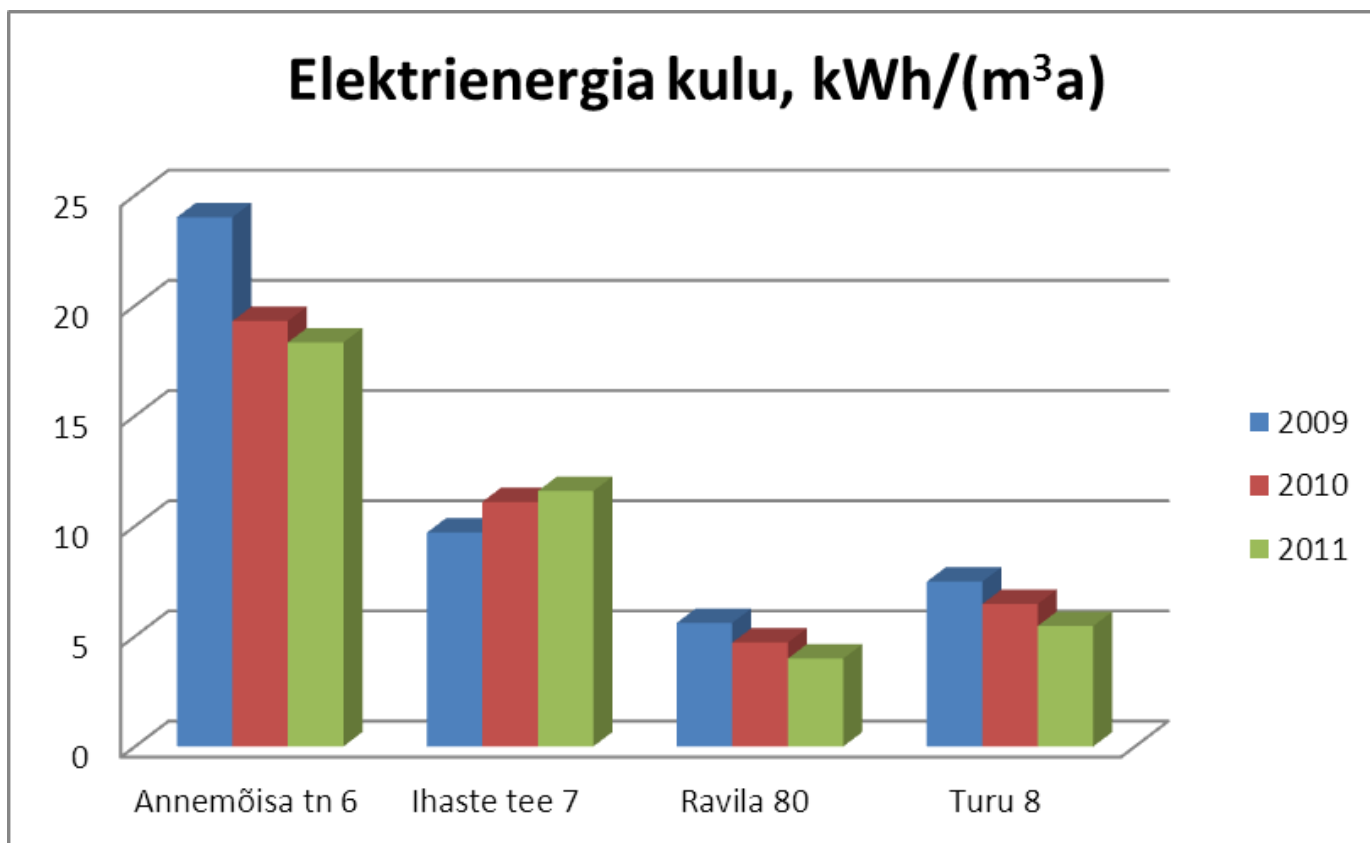
Joonis 3.1.2. Spordihoonete soojusenergia kulu kWh/(m²a) aastatel 2009-2011



Joonis 3.1.3. Spordihoonete soojusenergia kulu kWh/(m³a) aastatel 2009-2011



Joonis 3.1.4. Spordihoonete elektrienergia kulu kWh/(m²a) aastatel 2009-2011



Joonis 3.1.5. Spordihoonete elektrienergia kulu kWh/(m³a) aastatel 2009-2011

Kokkuvõte

Kõige suurema kaalutud energiaerikasutusega on Ihaste 7, Annemõisa 6 ja väikseimad on Ravila 80 ja Turu 8 (joonis 3.1.1.).

Kuna Ihaste 7 hoone on suhteliselt suur (lae puhaskõrgus põrandast on pea 14 m), siis kindlasti vajaks antud hoone põhjalikumat analüüsi, sest iga energiasäästu protsent tähendab pikas perspektiivis suhteliselt suurt energiakogust. Sellest tulenevalt on energiasäästu investeeringutele kulutatavad summad kiiremini tasuvamad. Aga tänases olukorras võib-olla Ihaste 7 ka kõige energiatõhusam lahendus, mis on võimalik saavutada, eriti kui jälgida Joonist 3.1.3, kus kuupeetri järgi on Ihaste 7 võrdne Ravila 80 ja Turu 8 hoonega. Muidugi elektrienergia arvestuses on Ihaste 7 ikkagi kõrgem tarbimisega (joonis 3.1.4.), aga võrreldes kuupmeetrile (joonis 3.1.5.) taas väga palju maha ei jää Ravila 80 ja Turu 8 hoonest. Antut hoonet tuleks võrrelda sarnaste suuremate spordikompleksidega Eestis.

Ettepanek on leida energiasäästlikke lahendusi Ihaste 7 hoone tehnosüsteemide põhjalikuma uurimisega, kuna tegemist on ikkagi väga suure kompleksiga ja tarbimise pealt energiasäästu saavutades on ka kokkuhoitud summad suuremad ja tasuvusaiad lühemad võrreldes teiste antud uuringu spordihoonetega. Vaadates tabelit 3.1.2, siis Annemõisa energiatarbimine soojusele ja elektrile on mahuliselt suhteliselt madalad, et suurte investeeringute tegemiseks ei pruugi olla tasuvus kõige kiirem, aga potentsiaali energiasäästuks on kindlasti.

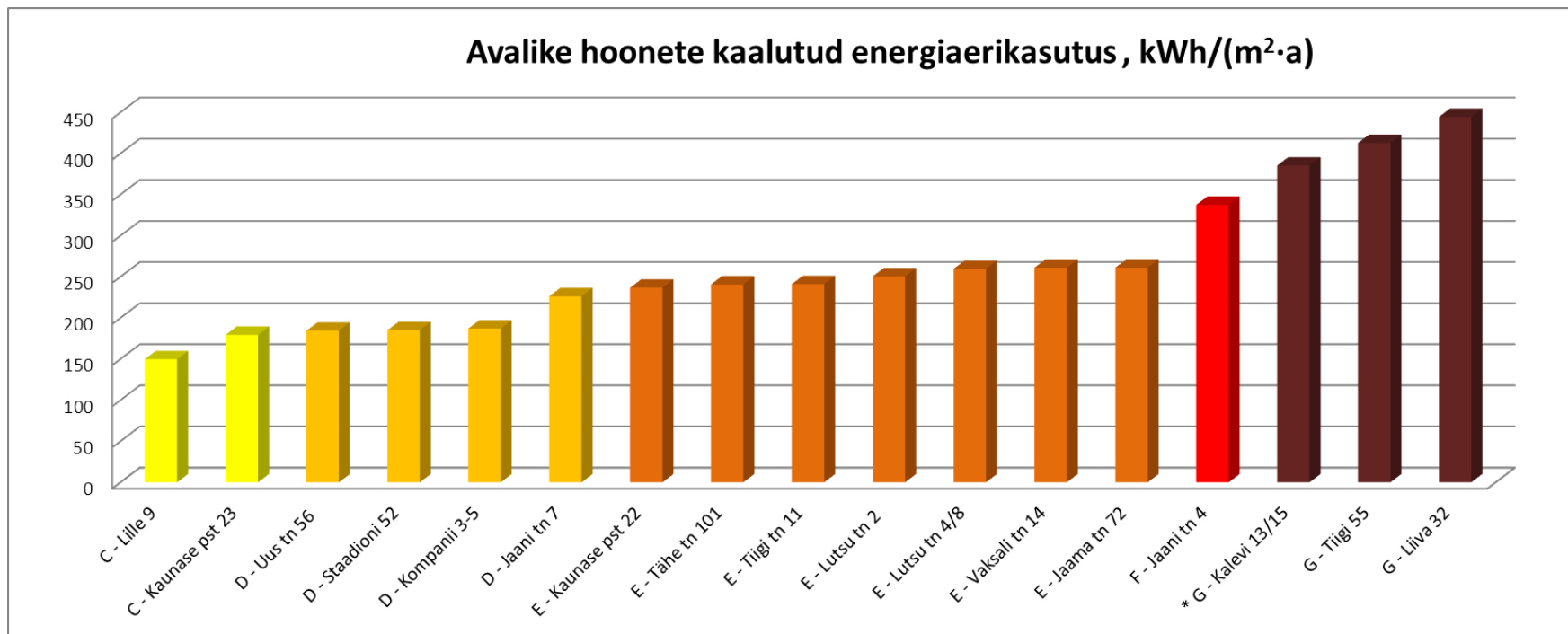
3.2. Tartu avalike hoonete energiatarbimine

Avalikud hooned on meelelahutus-, haridus-, administratiiv- ja muud avalikud hooned. Välja arvatud tervishoiuhooned ja siseujulad ning transpordihooned.

| Jrk. nr. | Avalikud hooned | Aadress | Köetav pind, m ² | Soojusenergia keskmine tarbimine, kWh/(m ² a) 2009-2011 | Elektrienergia keskmine tarbimine, kWh/(m ² a) 2009-2011 | Eeldatav energiämärgis (KEK), 2009-2011 |
|----------|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------|--|---|---|
| 1 | Lille noortekeskus | Lille 9 | 1009 | 141 | 25,7 | C/150 |
| 2 | Anne noortekeskus | Uus tn 56 | 2155 | 184 | 25,5 | D/184 |
| 3 | Tähe noortekeskus | Tähe tn 101 | 629 | 244 | 30 | E/240 |
| 4 | Mänguasja muuseum | Lutsu tn 4/8 | 1064 | 157,3 | 91 | F/260 |
| 5 | Tampere Maja | Jaani tn 4 | 305 | - | 449 | F/337 |
| 6 | Uppsala Maja | Jaani tn 7 | 376 | 159 | 58,6 | D/226 |
| 7 | Loomemajandus | Kalevi tn 13/15 | 1146 | 176,8 | 93,7 | G/385 |
| 8 | Sipsiku lasteaed ja Anne päevakeskus | Kaunase pst 22 | 2553,7 | 181 | 47,8 | E/237 |
| 9 | Lutsu teatrimaja | Lutsu tn 2 | 896,8 | 192 | 70,8 | E/250 |
| 10 | Tiigi seltsimaja | Tiigi tn 11 | 657,7 | 223 | 25,86 | F/241 |
| 11 | Sotsiaalamet Vaksalil | Vaksali tn 14 | 339,7 | 232 | 34,6 | E/261 |
| 12 | Lutsu raamatukogu | Kompanii 3-5 | 4499 | 109 | 58,8 | D/187 |
| 13 | Annelinna raamatukogu | Kaunase pst 23 | 2423 | 173,6 | 35,7 | C/179 |
| 14 | Tartu Laste Turvakodu | Tiigi 55 | 444,5 | 60,4 | 238 | G/413 |

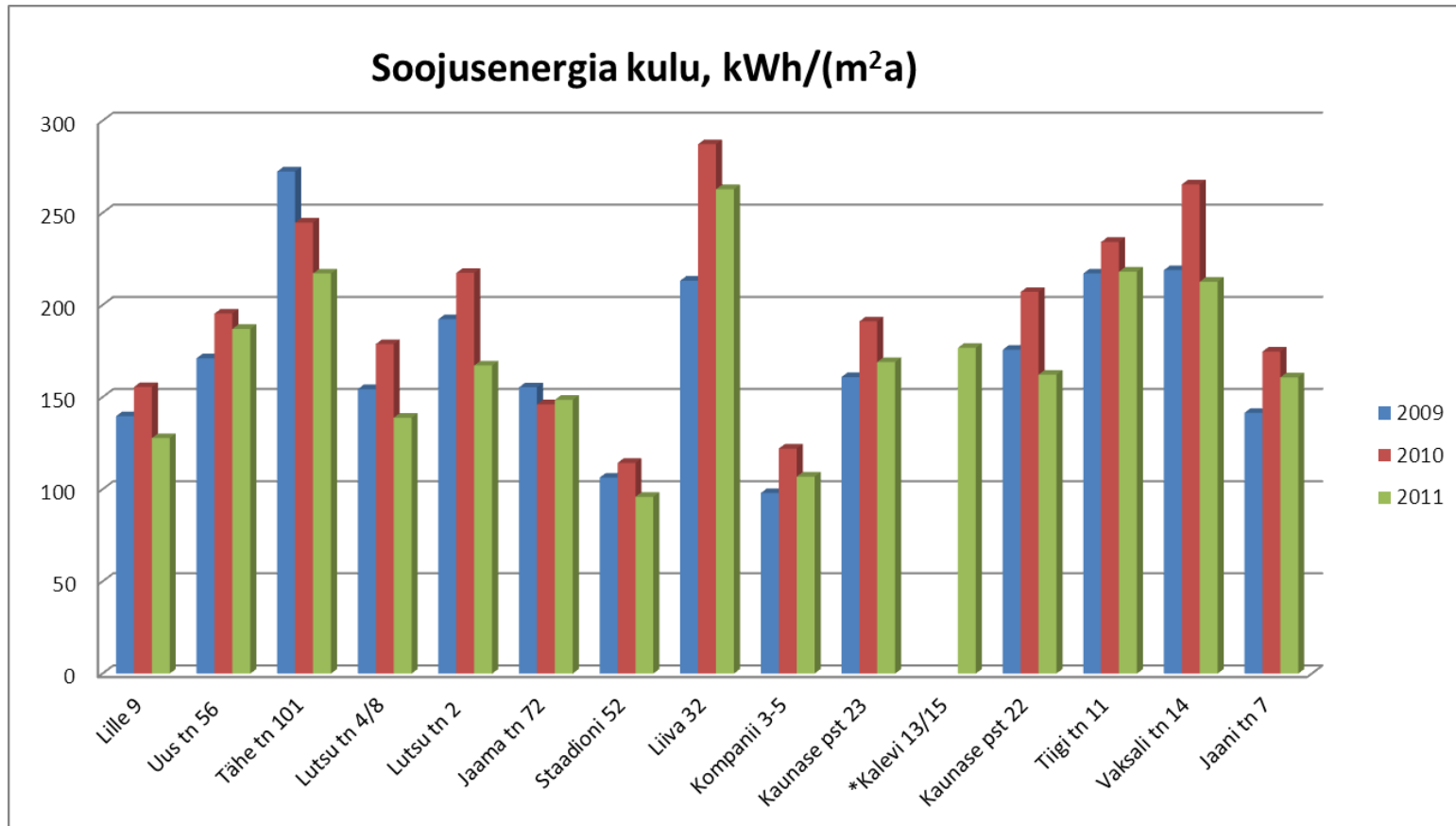
| | | | | | | |
|----|------------------------------------|--------------|--------|-------|-------|---------|
| 15 | Käopesa lasteturvakodu | Jaama 72 | 970 | 150 | 91,2 | E/261 |
| 16 | Tartu Vaimse Tervise Hooldekeskuse | Staadioni 52 | 1796,2 | 105,5 | 61,7 | D/185 |
| 17 | Tartu Hooldekodu | Liiva 32 | 4414 | 254,4 | 146,7 | G/444,4 |

Tabel 3.2.1. Avalike hoonete köetav pind, kolme aasta (2009 – 2011) keskmine soojus- ja elektrienergia tarbimine ruutmeetri peale aastas ja eeldatav energiamärgis



*G – Kalevi 13/15 hoonete puhul on üks soojamõõtur ja alusandmetena on kasutatud ainult 2012 aasta tarbimisandmeid, kuna Kalevi 15 on uus hoone ja pole kauem täies mahus kasutuses olnud.

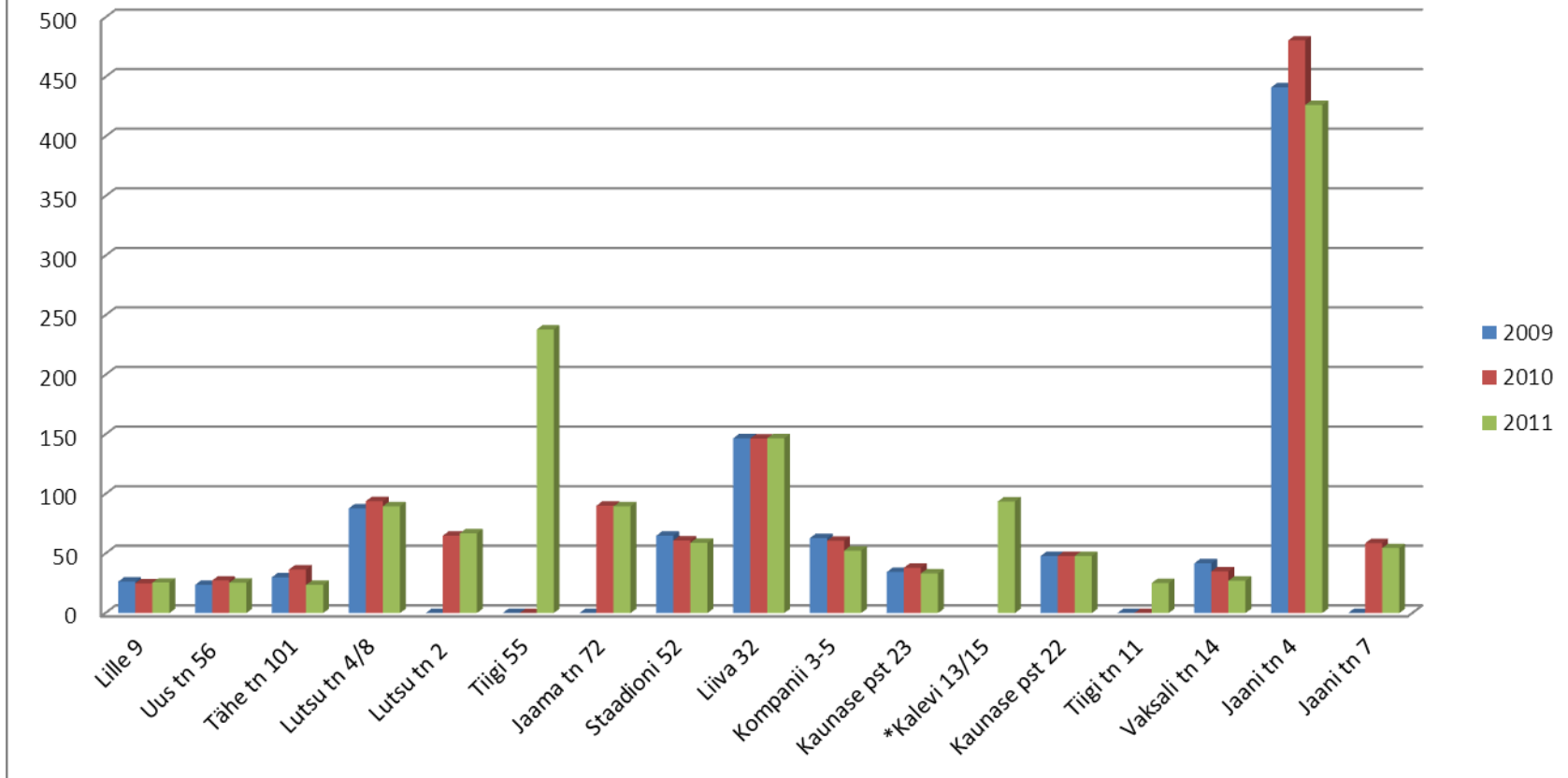
Joonis 3.2.1. Avalike hoonete kaalutud energiaerikasutus aastatel 2009-2011



*G – Kalevi 13/15 hoonete puhul on üks soojamõõtur ja alusandmetena on kasutatud ainult 2012 aasta tarbimisandmeid, kuna Kalevi 15 on uus hoone ja pole kauem täies mahus kasutuses olnud.

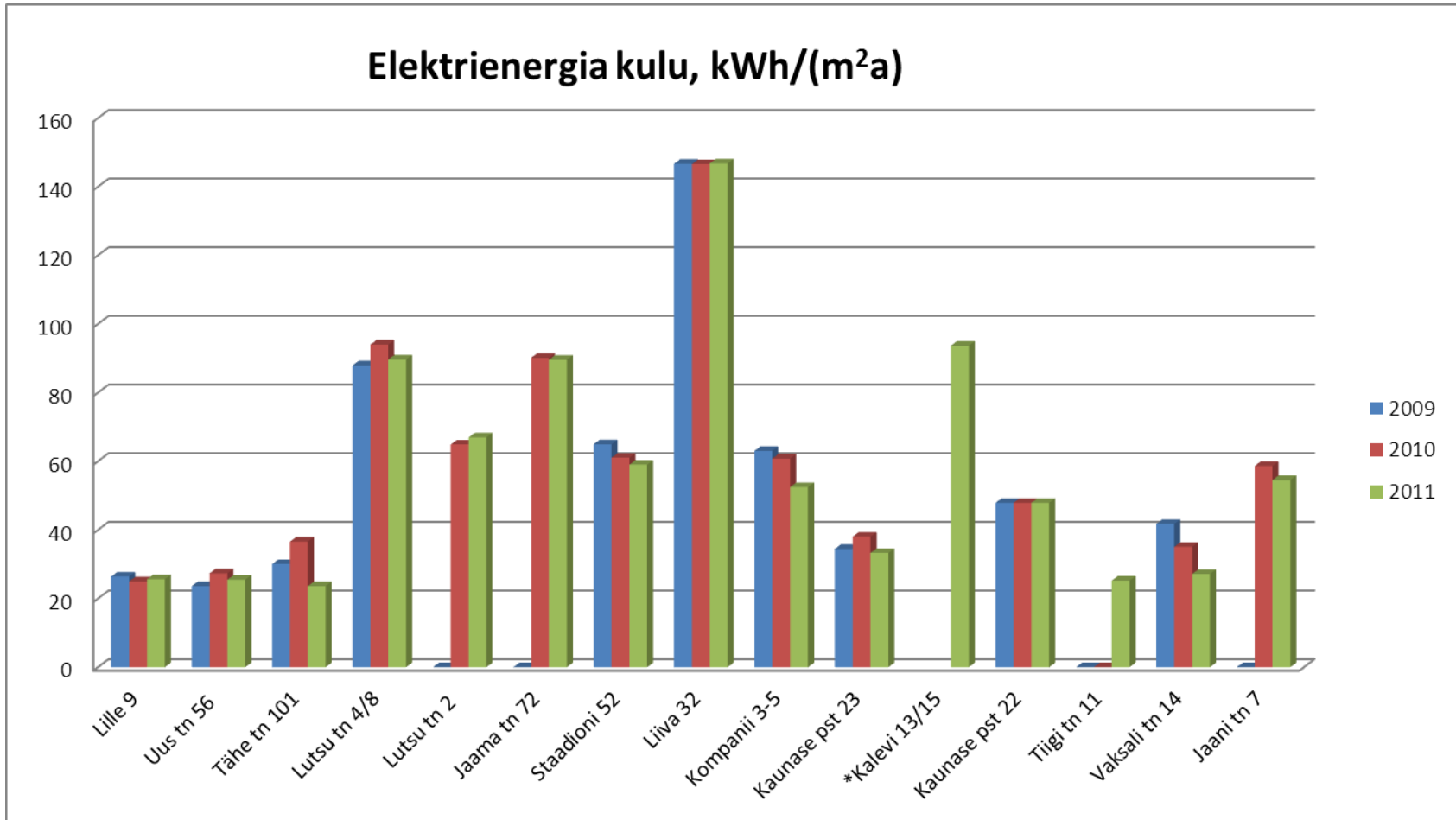
Joonis 3.2.2. Avalike hoonete soojusenergia kulu kWh/(m²a) aastatel 2009-2011

Elektrienergia kulu, kWh/(m²a)



*G – Kalevi 13/15 hoonete puhul on üks soojamõõtur ja alusandmetena on kasutatud ainult 2012 aasta tarbimisandmeid, kuna Kalevi 15 on uus hoone ja pole kauem täies mahus kasutuses olnud.

Joonis 3.2.3. Avalike hoonete elektrienergia kulu kWh/(m²a) aastatel 2009-2011. Jaani tn. 4 ja Tiigi 55 hoone puhul on elektritarbimine suur, kuna seal kasutatakse elektrikütet.



*G – Kalevi 13/15 hoonete puhul on üks soojamõõtur ja alusandmetena on kasutatud ainult 2012 aasta tarbimisandmeid, kuna Kalevi 15 on uus hoone ja pole kauem täies mahuse kasutuses olnud.

Joonis 3.2.4. Avalike hoonete elektrienergia kulu kWh/(m²a) aastatel 2009-2011. Joonisel ei kajastata Jaani tn 4 ja Tiigi 55 hoone andmeid. Seda võrdlust on näha joonis 3.2.3.

Kokkuvõte

Avalike hoonete kaalutud energiaerikasutuse joonisel 3.2.1 on näha, et kõige suurema tarbimisega on Jaani tn 4, Kalevi 13/15, Tiigi 55 ja Liiva 32 hooldekodu ning kõige madalama tarbimisega Lille 9, Kaunase pst 23 ja Uus tn 56. Tegemist on erineva kasutusklassi hoonetega ja seepärast ei saa kõiki hooneid võrdsena võtta, kuna inimeste poolsed hoonete kasutuskoormused on suhteliselt erinevad.

Kiiremini tasuvamate renoveerimiste teostamiseks tuleks vaadata, kui suured on hoonete energiatarbimised aastas ja kui suur oleks energiasäästu osakaal kogu tarbimisest. Kui tarbimised on suured, siis iga võidetud energiasäästuprotsent muudab renoveerimise kiiremini tasuvamaks.

Vaadates jooniseid 3.2.2 – 3.2.4 on näha kuidas soojusenergia tarbimise poolepealt on 2011 olnud soojem aasta ja sellest tulenevalt ka energiatarve hoonetes madalam võrreldes teiste aastatega. Põhjalikumalt vaatluse alla võiks võtta nii elektri- ja soojusenergia tarbimise kohapealt hooned, mille energiatarve ei ole aasta aastalt muutunud või viimasel aastatel vähenenud võrreldes eelnevaga. Tuleks välja selgitada, miks ei ole energiatarve vastavalt aastaajale muutunud või miks hoopis suurenenud. Antud hooned oleks Jaani tn 72, Tiigi 55, Kaunase pst 22 ja Liiva 32.

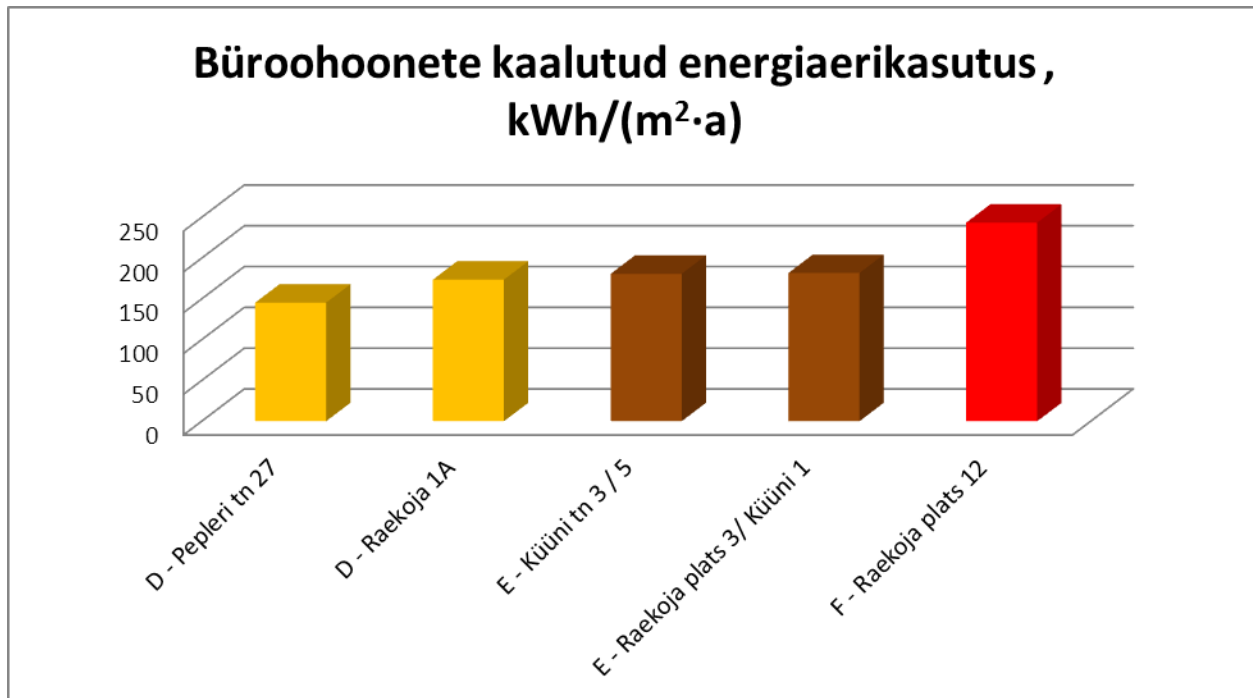
Vaatluse alla peaks võtma põhjalikumalt ka Jaani tn 4 ja Tiigi 55 elektritarbimine, kuna elektri hind aasta aastalt suureneb. Elektrienergia kasutamine on kõige suurema kaalumisteguriga energiamärgise arvutamisel ehk võiks tõsiselt kaaluda alternatiive elektrienergia kasutusele.

3.3. Tartu büroohonete energiatarbimine parandatud

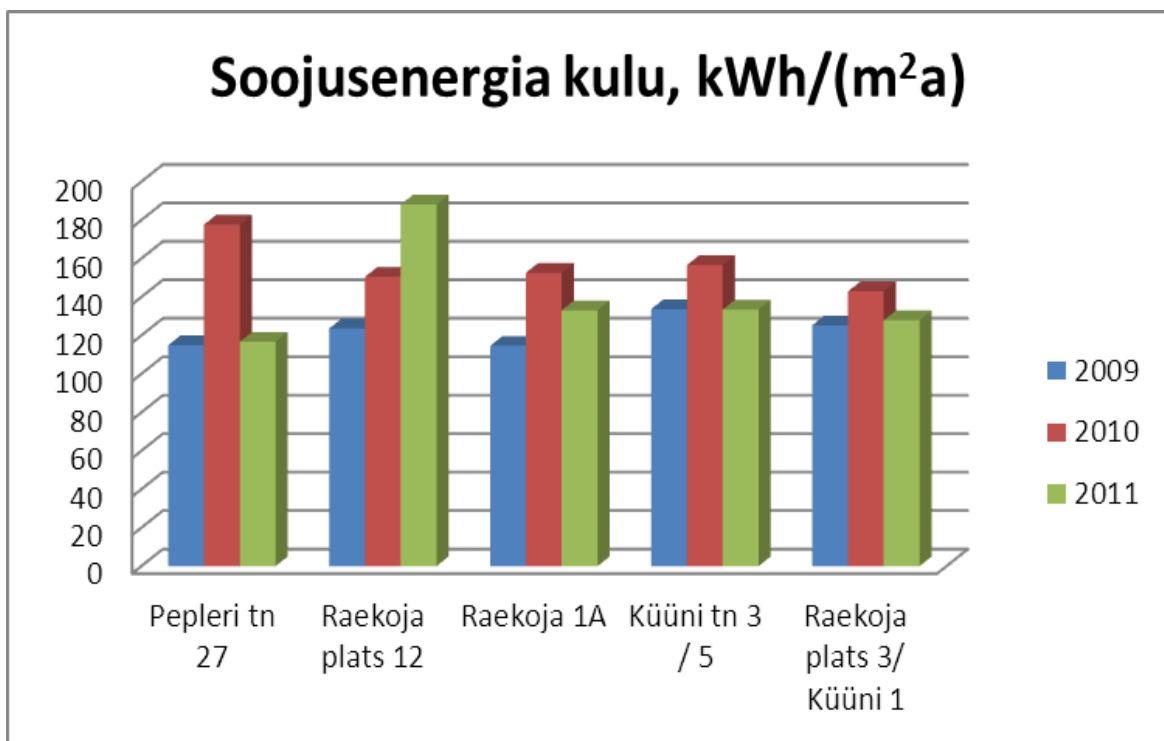
Antud hoonete puhul on tegemist muinsuskaiste all olevate büroohonega, välja arvatud Pepleri tn 27, mis ei ole muinsuskaitse all. Hoonete kaalutud energiaerikasutuse klass määratakse büroohoone energiakasutuse skaala järgi, kuigi tegemist ei ole antud hoonete puhul tüüpilise betoon-klaas büroohoone tüübiga, aga vabasoojuse osakaal piisavalt suur.

| Jrk. nr. | Büroohooned | Aadress | Köetav pind, m ² | Soojusenergia keskmine tarbimine, kWh/(m ² a) 2009 – 2011 | Elektrienergia keskmine tarbimine, kWh/(m ² a) 2009 - 2011 | Eeldatav energiamärgis (KEK) , 2009-2011 |
|----------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|---|--|
| 1 | Pepleri büroohoone | Pepleri tn 27 | 549,1 | 136 | 16,5 | D/146 |
| 2 | Raekoja hoone | Raekoja plats 12 | 1747 | 154 | 68 | F/243 |
| 3 | Raekoja hoone | Raekoja 1A | 1637,5 | 133 | 34,8 | D/173 |
| 4 | Linnavalitsuse tööruumid | Küüni tn 3 / 5 | 1938 | 141 | 35 | E/181 |
| 5 | Raekoja hoone | Raekoja plats 3/ Küüni 1 | 2020 | 132 | 41 | E/182 |

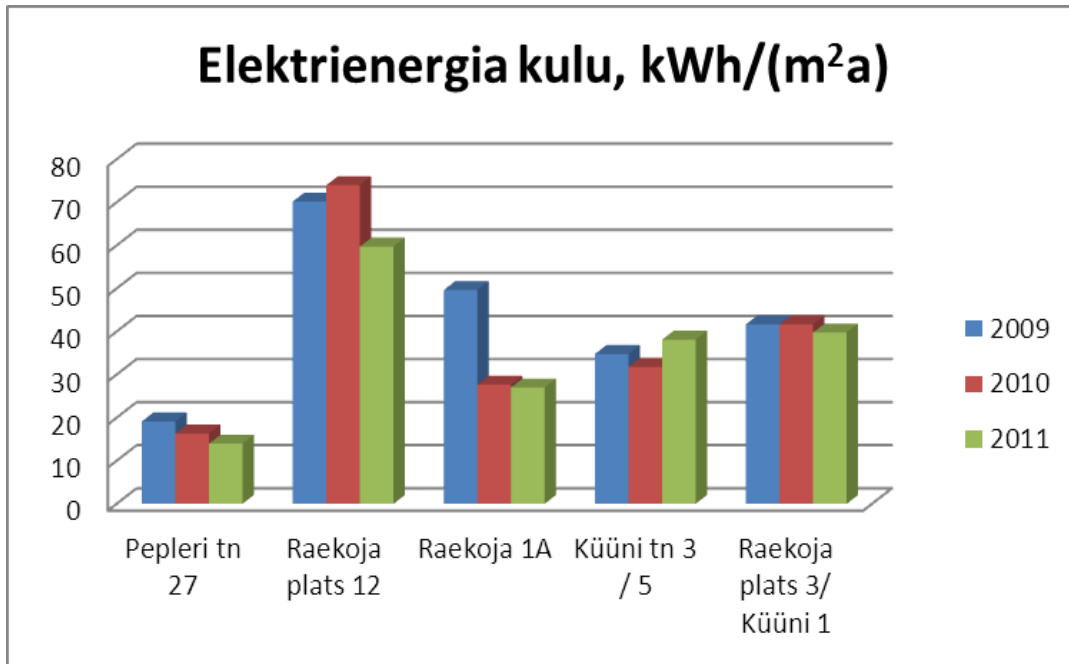
Tabel 3.4.1. Büroohonete köetav pind, kolme aasta (2009 – 2011) keskmine soojus- ja elektrienergia tarbimine ruutmeetri peale aastas ja eeldatav energiamärgis



Joonis 3.4.1. Büroohoonete kaalutud energiaerikasutus aastal 2009 - 2011



Joonis 3.4.2. Büroohoonete soojusenergia kulu kWh/(m²·a) aastatel 2009-2011



Joonis 3.4.3. Büroohonete elektrienergia kulu kWh/(m²a) aastatel 2009-2011

Kokkuvõte

Võrreldes omavahel büroohooneid, siis jooniselt 3.4.1 on näha, et kõige suurema kaalutud energiaerikasutusega on Raekoja plats 12 ja kõige madalama tarbega on Pepleri 27. Antud joonise järgi on näha, et väga suuri energiatarbimise erinevusi hoonetel omavahel võrreldes ei ole.

Võrreldes soojus- ja elektrienergia kasutust ruutmeetri peale on näha, kuidas 2011 aastal on soojusenergia tarbimine madalam võrreldes eelnevate aastatega, mis Raekoja plats 12 puhul on vastupidi. Aasta aastalt on tarbimine hoopis tõusnud. Elektrienergia kasutuse kohapealt võiks vaatluse alla võtta hooned, kus 2011 aastal on elektrienergiatarbimine hoopis suurenenud või jäänud samale tasemele, milleks on hooned Küüni 3/5 ja Raekoja plats 3/Küüni 1.

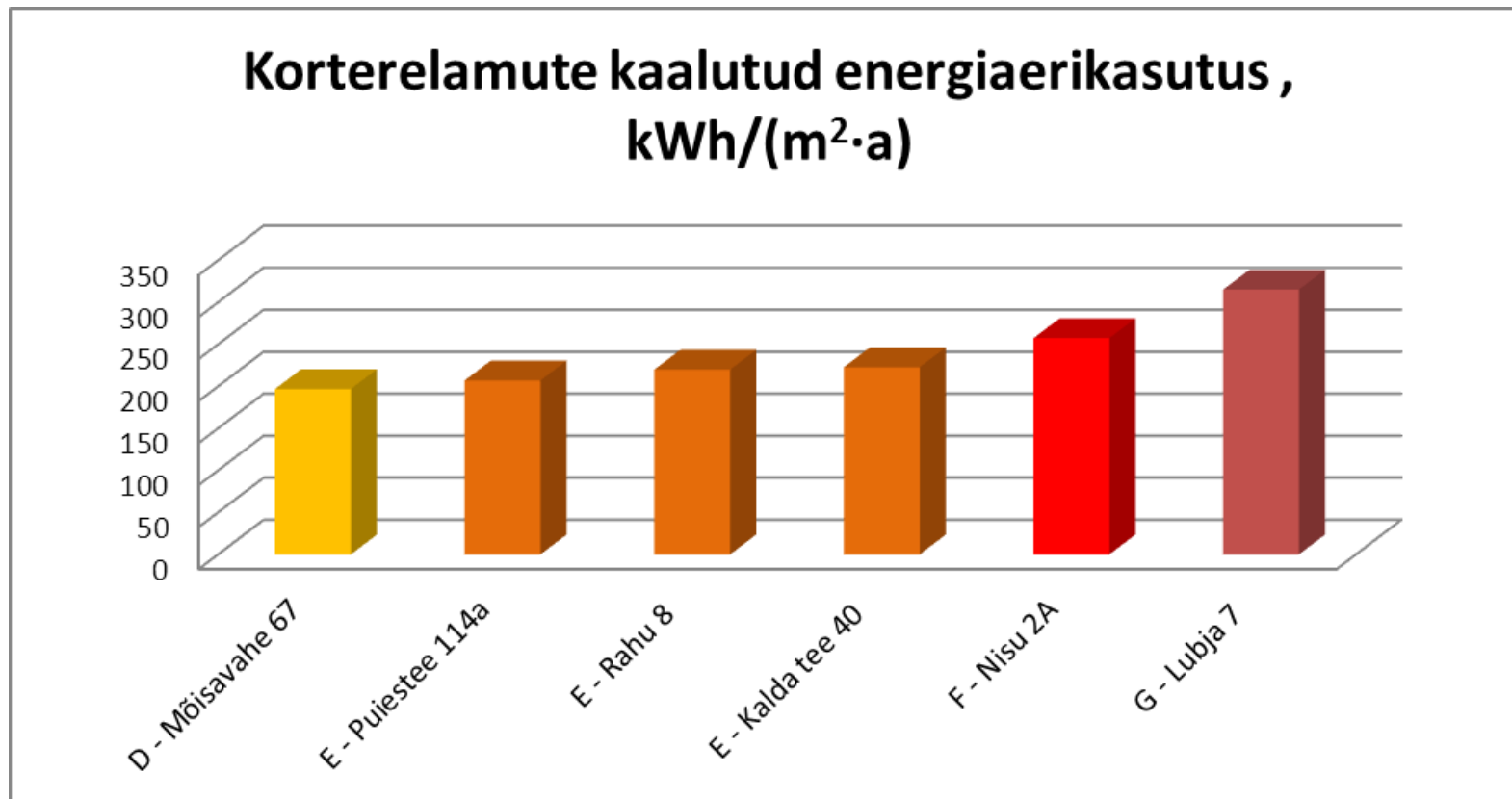
Nagu kõigi tabelite puhul on näha, siis Raekoja plats 12 tarbimine vajaks põhjalikumat ülevaatusi või on tegemist tehnilise soojusenergia mõõtmisrikketega (joonis 3.4.2.). Nimelt Raekoja plats 12 energiakasutus on aasta aastalt väga palju tõusnud. Kuna enamik hooneid on muinsuskaitse all, siis ei ole võimalik soojustamise töid läbi viia ja antud hoonete soojusenergiakulu jääb paratamatult kõrgemaks, kui see oleks antud hoone soojustamisel. Säästu oleks võimalik saavutada küttesüsteemi reguleerimisega või selle parendamisega ja ventilatsioonisüsteemi soojustagastuse suurendamisega. Nende hoonete puhul tuleks kasutada rohkem nutikaid lahendusi, mida kasutatakse targa maja hoonete puhul.

3.4. Tartu munitsipaalkorterelamute energiatarbimine

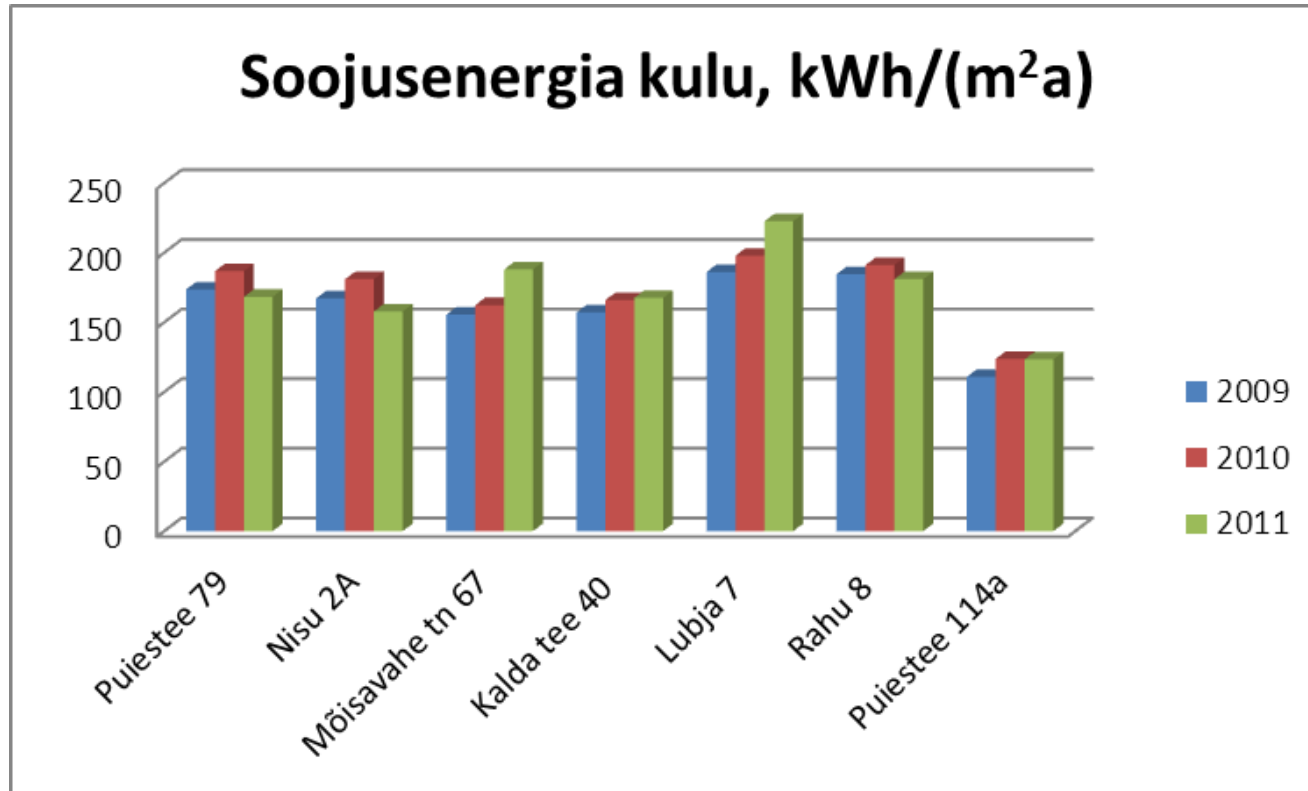
Korterelamu on kolme või enama korteriga elamu. Korterelamute Mõisavahe 67, Puiestee 114a, Rahu 8 ja Kalda tee 40 elektriandmed kogutarbimise kohta on puudulikud, sest mõõtmine on korteripõhine ja kogu hoone elektrienergia tarbimise kohta andmed puuduvad. Antud korterelamute energiamärgised on arvutatud “Energiamärgise vormi ja väljastamise kord” elektrienergia erikasutuse järgi.

| Jrk. nr. | Munitspaal-korteriid | Aadress | Köetav pind, m ² | Soojusenergia keskmine tarbimine, kWh/(m ² a) 2009-2011 | Elektrienergia keskmine tarbimine, kWh/(m ² a) 2009-2011 | Eeldatav energiamärgis (KEK), 2009-2011 |
|----------|----------------------|------------------|-----------------------------|--|---|---|
| 1 | Sotsiaalkorter | Puiestee 79 | 1031,8 | 176 | 61,7 | F/252 |
| 2 | Sotsiaalkorter | Nisu 2A | 966,1 | 168 | 69 | F/253 |
| 3 | Sotsiaalkorter | Mõisavah e 67 | 1941,5 | 169 | - | D/197 |
| 4 | Sotsiaalkorter | Kalda tee 40 | 1941 | 163 | - | E/222 |
| 5 | Sotsiaalkorter | Lubja 7 | 1814,2 | 202 | 87 | G/315 |
| 6 | Sotsiaalkorter | Rahu 8 | 3695,5 | 185 | - | E/220 |
| 7 | Sotsiaalkorter | Puiestee 114a | 1446 | 119 | - | D/207 |

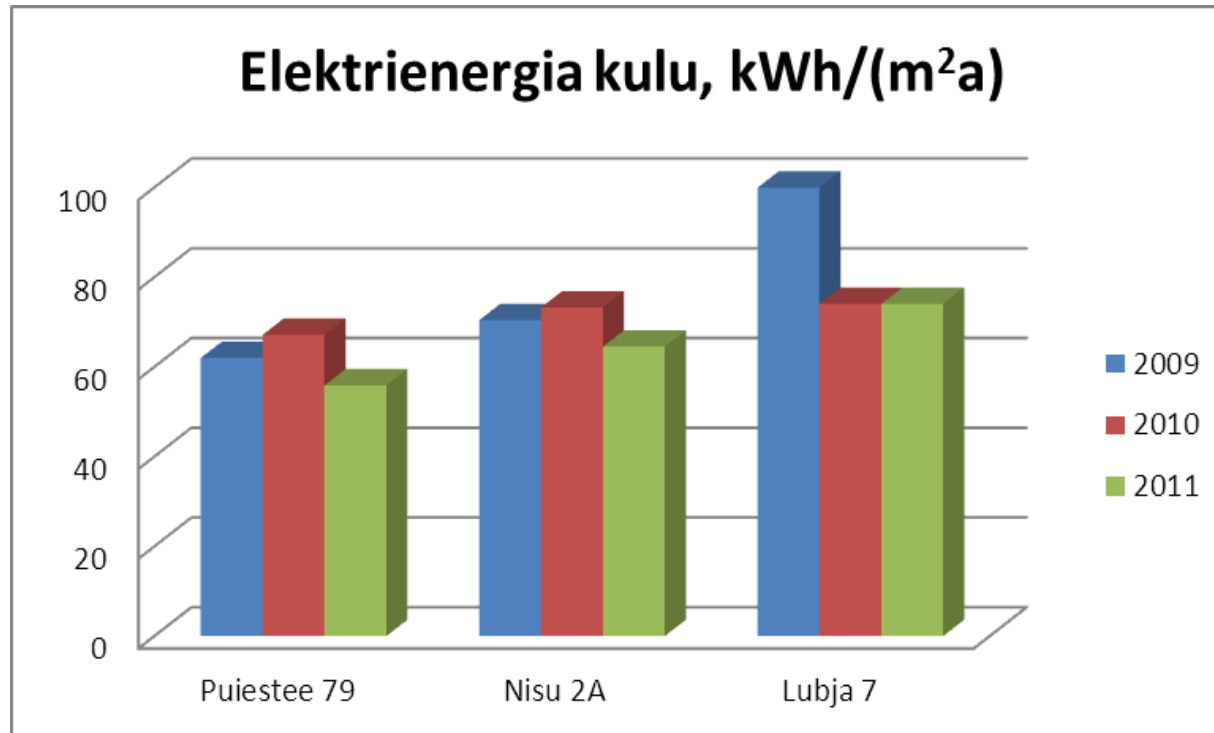
Tabel 3.4.1. Korterelamute köetav pind, kolme aasta (2009 – 2011) keskmine soojus- ja elektrienergia tarbimine ruutmeetri peale aastas ning eeldatav energiamärgis.



Joonis 3.4.1. Munitsipaalkorterite kaalutud energiaerikasutus aastal 2009 – 2011



Joonis 3.4.2. Munitsipaalkorterite soojusenergia kulu kWh/(m²a) aastatel 2009-2011



Joonis 3.4.3. Munitsipaalkorterite elektrienergia kulu kWh/(m²a) aastatel 2009-2011

Kokkuvõte

Võrreldes korterlemute kaalutud energiaerikasutust joonisel 3.4.1 on näha, et kõige suurema energiatarbega on Lubja 7 ja Nisu 2A ning kõige madalama energiakasutusega on Mõisavahe 67.

Soojus- ja elektrienergia (joonised 3.4.2 ja 3.4.3) võrdluses on näha, et korterlemute soojusenergiatarbimised on suhteliselt võrdsed, kuigi siin võiks ka uurida põhjalikumalt, miks osadel hoontele on 2011 aastal tarbimine olnud suurem (näiteks Lubja 7, Mõisavahe 67 ja Puiestee 114a) , kui varasemalt aastatel oli see peamiselt avalike hoonete puhul oluliselt madalam (joonis 3.2.2.). Elektrienergiakasutuse kohapealt on olnud väga suur vähenemine Lubja 7 puhul. Samas on Lubja 7 puhul hoopis soojusenergia tarbimine aasta aastalt tõusnud (joonia 3.4.2). Seda tuleks põhjalikumalt uurida, et mille arvelt on vähenemine toimunud, kas tulenevalt süsteemide reguleerimisest või on mõni teine põhjus.

Korterelamute renoveerimisel peaks kindlasti arvestama sellega, et vabasoojuse potentsiaal on antud hoonetes väga suur ja kindlasti peaks uute kütte- või ventilatsioonisüsteemide puhul seda arvesse võtma. Korterelamute soojustamisel ja efektiivsete süsteemide kasutamisel võib soojusenergia tarbimine väheneda pea 40%, kui mitte rohkem.

Korterelamute põhjalikumaks uurimiseks tuleks kõrgema tarbimisega hooneid kohapeal kontrollida ja leida võimalusi energiasäästuks. Samuti tuleks korterelamud kõik üle vaadata ka selle pilguga, et mis järjekorras peaks korterelamuid renoveerima ja mis tööd on hädavajalikud ja mis kannatab veel oodata. Arvestada tuleks nii majanduslikku kulu ja elanike elamistingimuste olukorda. Pidades silmas Rahu 8 külastuse protokoll (lk 48). Kui planeeritakse suuremaid ja kallimaid fassaadi parandusi või katusekatte vahetamist, mida tuleb hoone kestvuse nimel nagunii teha, siis kindlasti tuleks kaaluda ka juba antud välispiirde soojustamist.

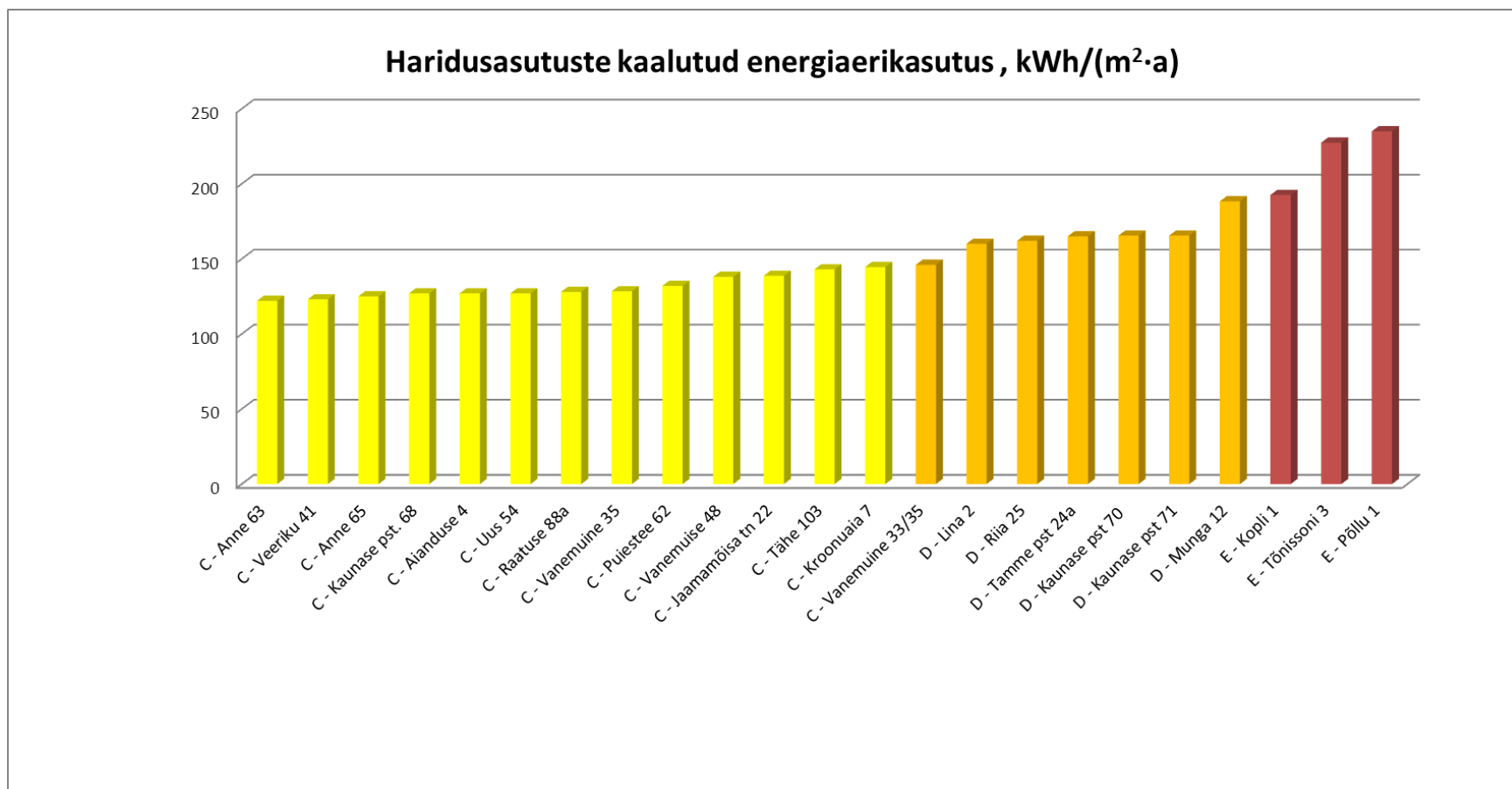
3.5. Tartu haridusasutuste hoonete energiatarbimine

Tartu haridusasutuste analüüs teostati ka Tartu Regiooni Energiaagentuuri esimese etapi analüüsis. Teise etapi puhul on lisatud osad hooned juurde ja arvestatud sisse ka 2011 aasta tarbimine. Lisaks on külastatud koole (lk 46 ja lk 55) ning mõõdetud sisekliimat Hugo Treffneri Gümnaasiumis (lk 85).

| Jrk. nr. | Haridusasutus | Aadress | Köetav pind, m ² | Soojusenergia keskmine tarbimine, kWh/m ² a 2009-2011 | Elektrienergia keskmine tarbimine, kWh/m ² a 2009-2011 | Eeldatav energiamärgis (KEK), 2009-2011 |
|----------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|--|---|---|
| 1 | Hugo Treffneri Gümnaasium | Munga 12, Tartu | 5657 | 123 | 47,7 | D / 188 |
| 2 | Miina Härma Gümnaasium | Tõnissoni 3, Tartu | 5108 | 155 | 52,7 | E / 227 |
| 3 | Tartu Annelinna Gümnaasium | Kaunase pst. 68, Tartu | 8054 | 106 | 21 | C / 127 |
| 4 | Tartu Descartes'i Lütseum | Anne 65, Tartu | 8054 | 98 | 27,5 | C / 125 |
| 5 | Tartu Forseliuse Gümnaasium | Tähe 103, Tartu | 3933 | 128,7 | 32 | C / 143 |
| 6 | Tartu Karlova Gümnaasium | Lina 2, Tartu | 4557 | 128,5 | 36 | D / 160 |
| 7 | Tartu Kivilinna Gümnaasium | Kaunase pst 70, Tartu | 7390 | 114,5 | 37 | D / 163 |
| 8 | Tartu Kivilinna Gümnaasium | Kaunase pst 71, Tartu | 7215 | 145 | 40 | D / 168 |
| 9 | Tartu Kommertsgümnaasium | Anne 63, Tartu | 7447 | 105,7 | 35 | C / 122 |
| 10 | Tartu Kroonuaia Kool | Puiestee 62, Tartu | 3519 | 107,8 | 22 | C / 132 |
| 11 | Tartu Kunstigümnaasium | Aianduse 4, Tartu | 7435 | 105,8 | 23 | C / 127 |

| | | | | | | |
|----|--------------------------------|----------------------|---------|-----|------|---------|
| 12 | Tartu Mart Reiniku Gümnaasium | Vanemuise 48, Tartu | 4872 | 112 | 61,8 | D / 173 |
| 13 | Tartu Raatuse Gümnaasium | Raatuse 88a, Tartu | 8178 | 112 | 20 | C / 128 |
| 14 | Tartu Tamme Gümnaasium | Tamme pst 24a, Tartu | 6081 | 128 | 42,5 | D / 165 |
| 15 | Tartu Täiskasvanute Gümnaasium | Riia 25, Tartu | 3592 | 150 | 28,5 | D / 162 |
| 16 | Tartu Veeriku Kool | Veeriku 41, Tartu | 7252 | 104 | 19,7 | C / 123 |
| 17 | Tartu Vene Lütseum | Uus 54, Tartu | 6862 | 105 | 23 | C / 127 |
| 18 | H.Masing ja J.Poska G | Vanemuine 33 | 9188 | 102 | 35 | C/146 |
| 19 | Kesklinna kool | Kroonuai a 7 | 4433 | 118 | 26 | C/145 |
| 20 | Maarja kooli hooned | Jaamamõisa tn 22 | 3 333 | 124 | 17,5 | C/139 |
| 21 | Kutsehariduskeskuse Põllu | Põllu 1 | 9330,1 | 144 | 69 | E/235 |
| 22 | Kutsehariduskeskuse Kopli | Kopli 1 | 25387,3 | 109 | 67 | E/193 |

Tabel 3.5.1. Haridusasutuste köetav pind, kolme aasta (2009 – 2011) keskmine soojus- ja elektrienergia tarbimine ruutmeetri peale aastas ja eeldatav energiamärgis

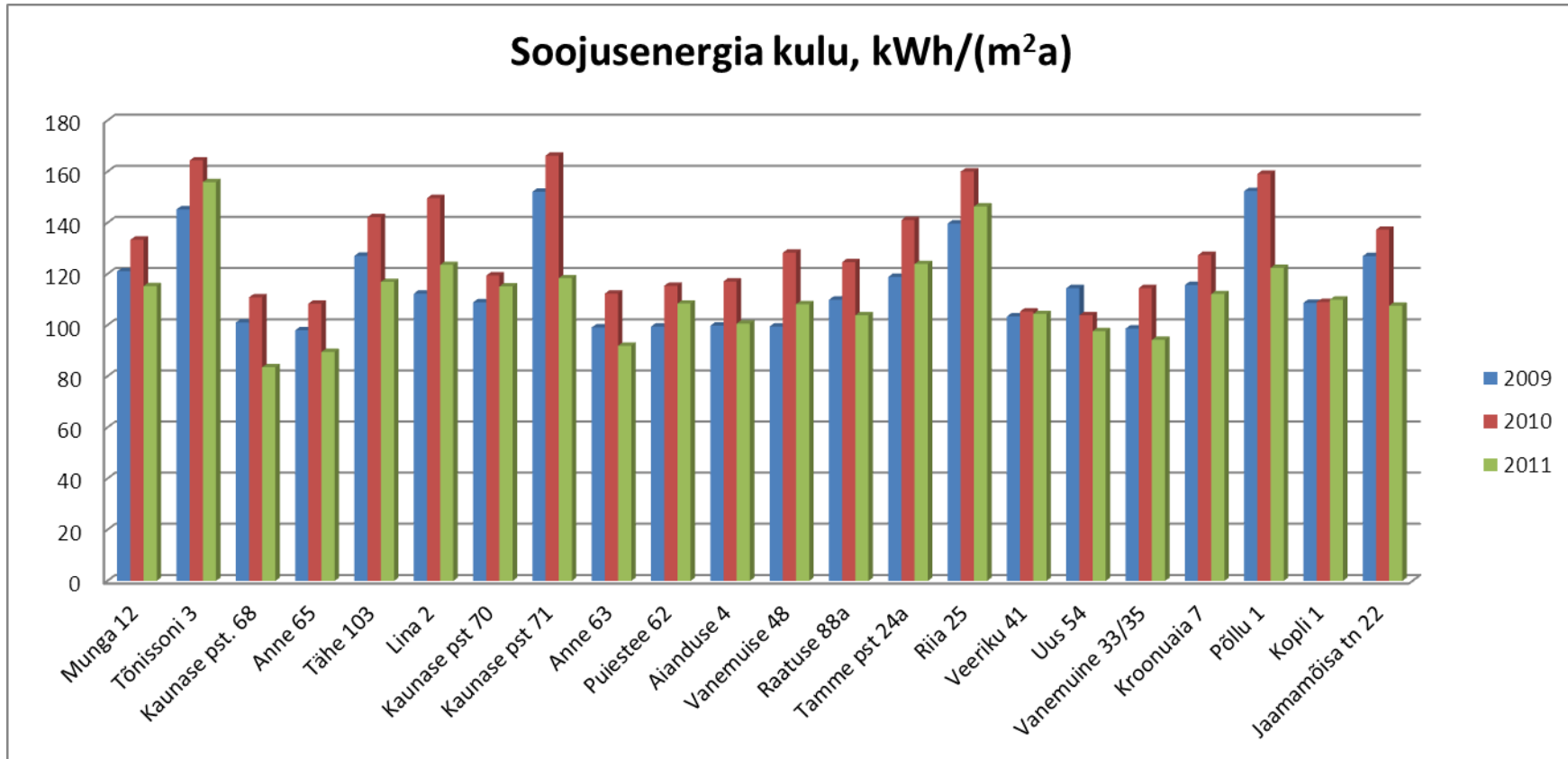


Joonis 3.5.1. Haridusasutuste kaalutud energiaerikasutus aastal 2009 - 2011

| Jrk. nr. | Haridusasutused | Aadress | Soojusenergia tarbimine, kWh/(m ² a) | | |
|-------------|----------------------------------|----------------------------|--|------|------|
| | | | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1 | Hugo Treffneri Gümnaasium | Munga 12, Tartu | 121 | 133 | 115 |
| 2 | Miina Härma Gümnaasium | Tõnissoni 3, Tartu | 145 | 164 | 156 |
| 3 | Tartu Annelinna Gümnaasium | Kaunase pst. 68, --- | 101 | 111 | 84 |
| 4 | Tartu Descartes'i Lütseum | Anne 65, Tartu | 98 | 108 | 90 |
| 5 | Tartu Forseliuse Gümnaasium | Tähe 103, Tartu | 127 | 142 | 117 |
| 6 | Tartu Karlova Gümnaasium | Lina 2, Tartu | 112 | 150 | 124 |
| 7 | Tartu Kivilinna Gümnaasium | Kaunase pst 70, --- | 109 | 119 | 115 |
| 8 | Tartu Kivilinna Gümnaasium | Kaunase pst 71, --- | 152 | 166 | 118 |
| 9 | Tartu Kommertsgümnaasium | Anne 63, Tartu | 99 | 112 | 92 |
| 10 | Tartu Kroonuaia Kool | Puiestee 62, Tartu | 99 | 115 | 108 |
| 11 | Tartu Kunstigümnaasium | Aianduse 4, Tartu | 100 | 117 | 101 |
| 12 | Tartu Mart Reiniku Gümnaasium | Vanemuise 48, Tartu | 100 | 128 | 108 |
| 13 | Tartu Raatuse Gümnaasium | Raatuse 88a, Tartu | 110 | 125 | 104 |

| | | | | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| 14 | Tartu Tamme Gümnaasium | Tamme pst 24a, Tartu | 119 | 141 | 124 |
| 15 | Tartu Täiskasvanute Gümnaasium | Riia 25, Tartu | 140 | 160 | 146 |
| 16 | Tartu Veeriku Kool | Veeriku 41, Tartu | 103 | 105 | 104 |
| 17 | Tartu Vene Lütseum | Uus 54, Tartu | 114 | 104 | 98 |
| 18 | H.Masing ja J.Poska | Vanemuine 33/35 | 99 | 114 | 94 |
| 19 | Kesklinna kool | Kroonuaia 7 | 116 | 127 | 112 |
| 20 | Maarja kooli hooned | Jaamamõis sa tn 22 | 127 | 137 | 108 |
| 21 | Kutsehariduskeskuse Põllu | Põllu 1 | 152 | 159 | 122 |
| 22 | Kutsehariduskeskuse Kopli | Kopli 1 | 109 | 109 | 110 |

Tabel 3.5.2. Haridusasutuste soojusenergia tarbimine aastatel kWh/(m²·a) 2009 - 2011



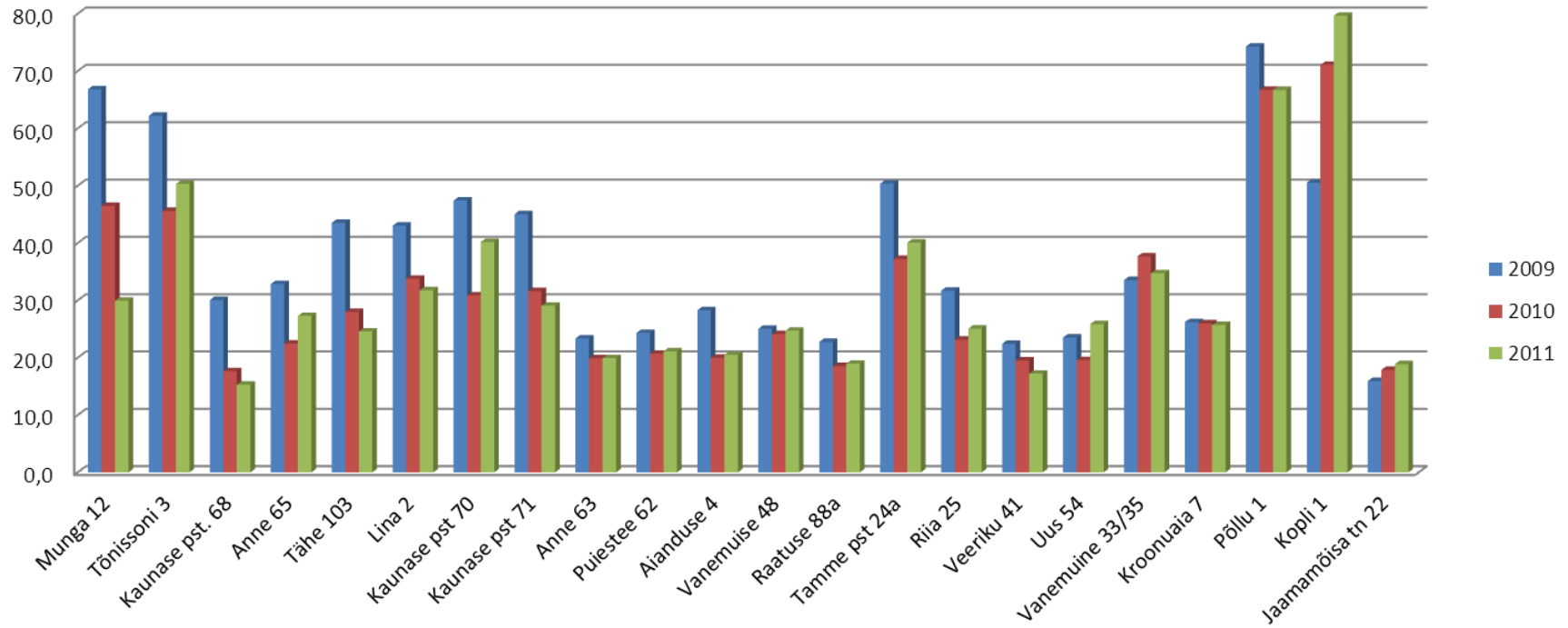
Joonis 3.5.2. Haridusasutuste soojusenergia tarbimine kWh/(m²·a) aastatel 2009 - 2011

| Jrk. nr. | Haridusasutused | Aadress | Elektrienergia tarbimine, kWh/(m ² a) | | |
|-------------|----------------------------------|-----------------------------|---|------|------|
| | | | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1 | Hugo Treffneri Gümnaasium | Munga 12, Tartu | 66,8 | 46,5 | 29,9 |
| 2 | Miina Härma Gümnaasium | Tõnissoni 3, Tartu | 62,2 | 45,6 | 50,3 |
| 3 | Tartu Annelinna Gümnaasium | Kaunase pst. 68, | 30,1 | 17,6 | 15,3 |
| 4 | Tartu Descartes'i Lütseum | Anne 65, Tartu | 32,8 | 22,5 | 27,3 |
| 5 | Tartu Forseliuse Gümnaasium | Tähe 103, Tartu | 43,5 | 28,0 | 24,6 |
| 6 | Tartu Karlova Gümnaasium | Lina 2, Tartu | 43,0 | 33,8 | 31,8 |
| 7 | Tartu Kivilinna Gümnaasium | Kaunase pst 70, Tartu | 47,4 | 30,9 | 40,2 |
| 8 | Tartu Kivilinna Gümnaasium | Kaunase pst 71, Tartu | 45,0 | 31,6 | 29,1 |
| 9 | Tartu Kommertsgümnaasium | Anne 63, Tartu | 23,4 | 19,9 | 19,9 |
| 10 | Tartu Kroonuaia Kool | Puiestee 62, Tartu | 24,3 | 20,7 | 21,1 |
| 11 | Tartu Kunstigümnaasium | Aianduse 4, Tartu | 28,3 | 20,0 | 20,5 |
| 12 | Tartu Mart Reiniku Gümnaasium | Vanemuise 48, Tartu | 25 | 24,1 | 24,7 |
| 13 | Tartu Raatuse Gümnaasium | Raatuse 88a, Tartu | 22,8 | 18,5 | 19,0 |
| 14 | Tartu Tamme Gümnaasium | Tamme pst 24a, Tartu | 50,4 | 37,2 | 40,1 |

| | | | | | |
|----|--------------------------------|-------------------|------|------|------|
| 15 | Tartu Täiskasvanute Gümnaasium | Riia 25, Tartu | 31,7 | 23,1 | 95,6 |
| 16 | Tartu Veeriku Kool | Veeriku 41, Tartu | 22,4 | 19,5 | 17,2 |
| 17 | Tartu Vene Lütseum | Uus 54, Tartu | 23,5 | 19,6 | 25,8 |
| 18 | H.Masing ja J.Poska | Vanemuine 33/35 | 33,5 | 37,7 | 34,7 |
| 19 | Kesklinna kool | Kroonuaia 7 | 26,2 | 26,0 | 25,7 |
| 20 | Maarja kooli hooned | Jaamamõisa tn 22 | 15,9 | 17,9 | 18,9 |
| 21 | Kutsehariduskeskuse Põllu | Põllu 1 | 74,3 | 66,7 | 66,7 |
| 22 | Kutsehariduskeskuse Kopli | Kopli 1 | 50,5 | 71,1 | 79,6 |

Tabel 3.5.3. Haridusasutuste elektrienergia tarbimine kWh/(m²a) aastatel 2009 - 2011

Elektrienergia kulu, kWh/(m²a)



Joonis 3.5.3. Haridusasutuste elektrienergia tarbimine kWh/(m²a) aastatel 2009 - 2011

Kokkuvõte

Võrreldes omavahel haridusasutuste kaalutud energiaerikasutust (joonis 3.5.1) on näha, et Munga 12, Kopli 1, Tõnissoni 3, Põllu 1 on kõrgema tarbimisega ja madalama tarbimisega on Anne 63, Veeriku 41 ning Anne 65. Stabiilselt on haridusasutuste seas väga palju C ja D klassiga kaalutud energiaerikasutusega hooneid.

Võrreldes soojusenergia kasutust erinevatel aastatel on näha (joonis 3.5.2.), et tarbimine on 2011 aastal kõigi hoonete puhul võrdselt madalam võrreldes 2010 aastaga. Graafikult vaadates võiks uurida põhjalikumalt, miks osadel hoonetel nagu Kopli 1 ja Veeriku 41 on 2011 aasta tarbimise võrdne eelneva aasta 2010. Võrreldes elektrienergia kasutust (joonisel 3.5.3.) on näha, et võrreldes 2011 aastat 2010 aastaga on tarbimine suurenenud. Mõnel hoonel isegi palju nagu Kopli 1. Samut tuleks välja selgitada, miks Munga 12 hoone puhul on elektritarbimine nii palju aasta aastalt langenud ja kuidas see on mõjutanud hoone igapäevast kasutust.

Siinkohal peaks taas vaatama, et missuguste haridusasutuste hoonetel on energiatarbimise mahud nii soojuse, kui ka elektri poolepealt suured ja sellest tulenevalt võtma need hooned põhjalikuma uurimise alla, kuna säästuprotsendi saavutamisel on rahaline kokkuvõtte pikas perspektiivis päris suur. Hooned, mille kaalutud energiaerikasutus on väga madal nagu Anne 63 ja Veeriku 41 hoone puhul võiks kindlasti ka uurida, et hooned ei oleks alakõetud.

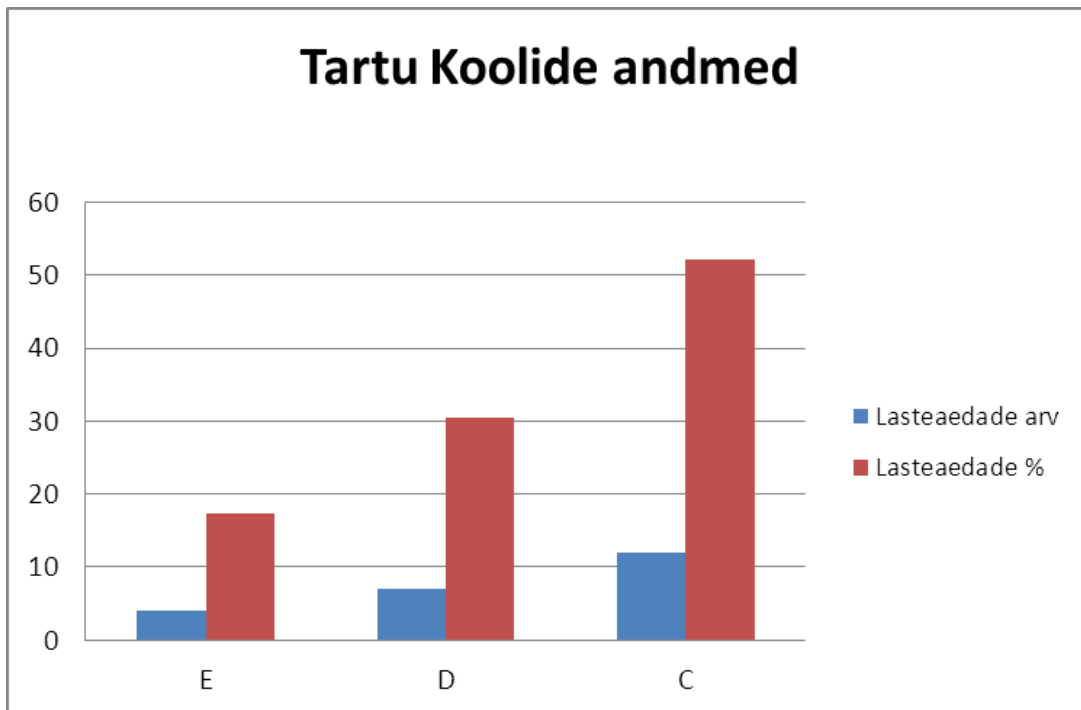
3.6. Tartu haridusasutuste võrdlus Tallinna koolidega

Toetudes Tartu Regiooni Energiaagentuuri Tartu haldushoone I ja II etapi ja Tallinna Tehnikaülikooli poolt koostatud Tallinna haldushoonete III aruandele on võimalik tuua paralleelsele, et mis on tänaste suurlinnade lasteaedade, koolide ja huvikoolide energiatarbimised ja kui palju nad üksteisest erinevad. Kindlasti ei saa võtta andmeid üks ühele, sest hoonete konstruktsioonide tüübid ei ole täpselt ühesugused, olgugi, et enamik on ehitatud nõukogudeaja tüüpprojektide järgi. Samuti on mõlema linna bilnassis ka täiesti teistsuguse konstruktsiooniga hooneid, mis ehitati enne ja pärast nõukogude aega ning mis pole esialgu koolidele, lasteaedade ja huvikoolidele kasutamiseks planeeritudki.

Kahe tabeli tabel. 3.6.1 ja tabel 3.6.2. puhul on näha, et lasteaiad on tunduvalt suurema energiaerikasutuse klassiga, kui koolid ja huvikoolid. See tuleneb väga palju sellest, et lasteaedades hoitaksegi sisetemperatuure kõrgemal, kasutatakse sooja tarbevett oluliselt rohkem ja köetava pinna osa on laste kohta väiksem, kui koolides. Koolide ja huvikoolide hoonete kasutuskoormus ei ole alati 100 % ja mingi osa ruumidest on pidevalt tühjad. Lasteaedade puhul on kõik ruumid pidevas kasutuses kella 8.00 – 17.00. Lasteaedades valmistatakse ka kolm korda päevas süüa, mis suurendab ka elektrienergia kasutust.

| Energiaakasutuse klass | Kaalutud energiakasutus | Lasteaiad | Koolid | Huvikoolid |
|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|------------|
| A | KEK = 80 | 0 | 0 | 0 |
| B | 81=KEK=120 | 0 | 0 | 0 |
| C | 121=KEK=150 | 0 | 12 | 1 |
| D | 151=KEK=190 | 1 | 7 | 1 |
| E | 191=KEK=240 | 9 | 4 | 1 |
| F | 241=KEK=310 | 15 | 0 | 0 |
| G | 311=KEK=400 | 4 | 0 | 0 |
| H | KEK=401 | 1 | 0 | 0 |
| Kokku | | 30 | 23 | 3 |

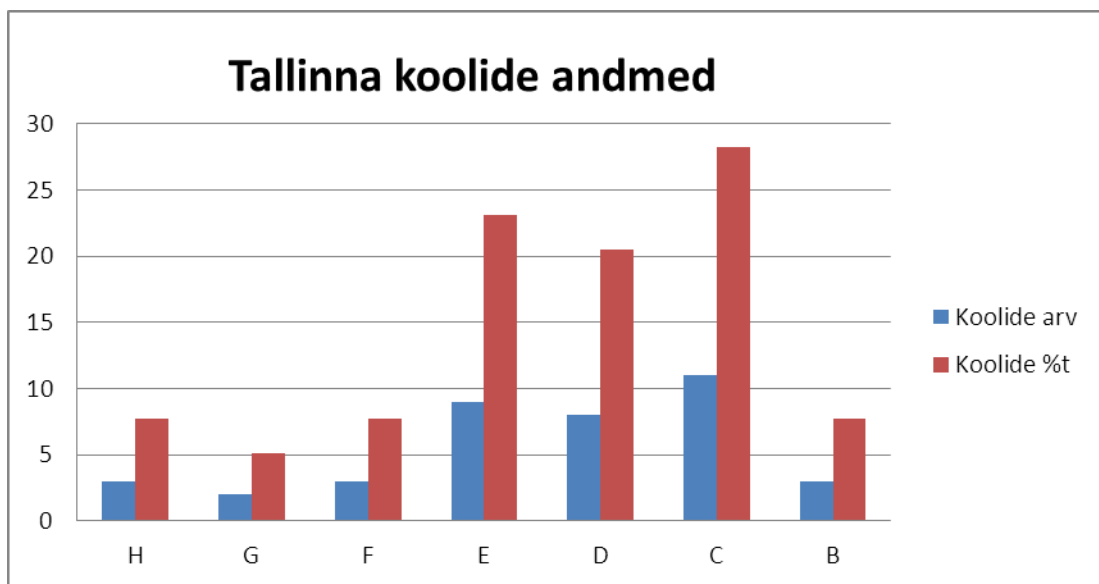
Tabel. 3.6.1 Tartu koolide, lasteaegade ja huvikoolide jagunemine kaalutud energiaerikasutuse klasside kaupa



Joonis 3.6.1 Tartu koolide, lasteaegade ja huvikoolide jagunemine kaalutud energiaerikasutuse klasside kaupa

| Energiaerikasutuse klass | Kaalutud energiaerikasutus, kWh/(m ² a) | Lasteaiad | Koolid | Huvikoolid |
|--------------------------|--|-----------|-----------|------------|
| A | KEK = 80 | 0 | 0 | 0 |
| B | 81 = KEK = 120 | 0 | 3 | 0 |
| C | 121 = KEK = 150 | 10 | 11 | 0 |
| D | 151 = KEK = 190 | 11 | 8 | 2 |
| E | 191 = KEK = 240 | 26 | 9 | 0 |
| F | 241 = KEK = 310 | 4 | 3 | 0 |
| G | 311 = KEK = 400 | 4 | 2 | 1 |
| H | KEK = 401 | 2 | 3 | 0 |
| Kokku | | 57 | 39 | 3 |

Tabel 3.6.2. Tallinna koolide, lasteaedade ja huvikoolide jagunemine kaalutud energiaerikasutuse klasside kaupa



Joonis. 3.6.2. Tallinna koolide, lasteaedade ja huvikoolide jagunemine kaalutud energiaerikasutuse klasside kaupa

Võrreldes tabelit 3.5.1 ja 3.5.2. on koolide poolepealt on näha, et C energiaerikasutuse klassiga koole on kõige rohkem. Tallinnas erinevate koolide hulk on suurem ja enrgiakasutusklasside valik on laiem, kuna leidub nii B ja H energiakasutuse klassiga tüüpi hooneid. Mis tähendab, et leidub nii häid ja halbu lahendusi, kust eeskuju võtta ja kuhu renoveerimise toetusi suunata. Üks võimalus on ka hoonest hoopis loobuda, kui renoveerimine läheb liiga kalliks. Tallinna kogemus näitab ka seda, et B energiaerikasutuse klassi kooli hooned on saavutatavad. Kuidas B klassi koolihoone on saavutatud, siis seda peaks juba täpsemalt hoone kaupa uurima ja võrdlema.

4. Uuritavate objektide kohapealne vaatlus

4.1. Objekt: Tartu Kunstigümnaasium (Aianduse 4)

Aadress: Aianduse 4, Tartu

TREA külastus: 26.08.2011

| | |
|---|--|
| | Pindala (köetav pind) 7435 m ² |
| Korruseid: 4 | Ruumala: 28700 m ³ |
| Konstruksioon: monteeritav r/b Katus: rullmaterjal | Kontaktisik: Marju Lossmann Tel: 7361 681 |
| Kütja: AS Fortum Tartu | |

Oluline info külastusest

Kriitilised probleemid

- Kodundusklassil puudub sundventilatsioon
- Fassaad laguneb
- Keldrikorrusele tungib vesi sisse
- Arvutiklassi ventilatsiooniseade töötab, kuid ei ventileeri

Hoone mured

- Küttestorustik ja radiaatorid on ehitusaegsed
- 1., 3. ja 4. korrusel on veel kasutusel hõõglambid
- Vahetatud akende ümbert puhub mõnel pool külma õhku sisse
- Ehitusaegsed ventilatsiooniavad on küll olemas, aga nende efektiivsus pole teada.
- Elektrijuhtmestik on ehitusaegne
- Kuigi küttesüsteem on välistemperatuuri järgi reguleeruv, tuleb seda sageli ise reguleerida, kuna esineb ruume, kus on külm

Hoone sisekliima

- Kurdeti õhu kvaliteedi üle
- Hallituse kohta andmed puuduvad

Hoone olukord

- Soojasõlm renoveeritud u 1997. aastal
- Soe vesi soojendatakse maja keldris, soojusvaheti abil.
- Köögi ruumid on renoveeritud ning seal paikneb ka korralikult töötav ventilatsiooniseade
- Hoone siseviimistlust pole valdavalt uuendatud ja mõnel pool on vahetatud ukсед
- Ehitusaegsed aknad on suures osas vahetatud umbes 3 aastat tagasi
- Katus on vahetatud ja soojustatud 1996. aastal
- Talvel tekiavad katuse äärde soojakadudest tingituna jääpurikad
- Osa keldrikorrusel paiknevatest küttestorudest on soojustamata

Peamised elektriseadmed

- Veneaegsed tööpingid, kontorielektronika ja muu olmetehnika, ventilatsiooniseadmed ja köögitehnika

TREA ettepanek

- Tuleks ära soojustada soojatorude sõlmed ja kraanid
- Paigaldada efektiivsem kütte reguleerimissüsteem (näiteks langetab ööseks temperatuuri) ja küttesüsteem tasakaalustada.
- Tuleks kaaluda hoone välisseinte soojustamist, sokli ja ventilatsioonisüsteemi uuendamisega (koos akende vahetusega), kui tahetakse saavutada säästu küttekuludelt.
- Arvutiklassi ventilatsiooniseadme efektiivsust ja energiatarvet tuleks kontrollida.
- Elektriseadmed ja valgustid võiks eksploatatsiooniaja väliselt olla vooluvõrgust välja lülitatud, vähendamaks elektritarbimist.

4.2. Objekt: Tartu linna sotsiaalmaja (Rahu 8)

Aadress: Rahu 8, Tartu

TREA külastus: 26.08.2011

| | |
|---|---|
| Ehitusaasta: 1986 | Pindala (köetav pind) : 3695,5 m ² |
| Korruseid: 5 | Ruumala: info puudub m ³ |
| Konstruksioon: suurpaneel Katus: mont.r/b+rullmaterjal | Kontaktisik: Majahaldur – Marju Lehtpuu Tel: 7307215 e-mail: marju@elamuhaldus.ee |
| Kütja: AS Fortum Tartu | |

Oluline info külastusest

Kriitilised probleemid

- Otsaseintega piirnevates korterites on kütteperioodil külm.
- Sadevee äravoolutorud on amortiseerunud 5. korrusel oli ventilatsioonivadest talvel külma sisse puhuma hakanud.
- Katusel, mis umbes 12 aastat tagasi vahetati, ei teostatud lisasoojustamist.

Hoone mured

- Küttesüsteem ehitusaegne ühetorusüsteem ja tasakaalustamata
- Suur osa fassaadi vuugivahesid on lagunened ja täitmata, osa vuugivahesid on täidetud lihtsalt mördiga, mis ei aita juurde soojapidavusele
- Elektrisüsteem korterites on renoveerimata.
- Esinenud on kanalisatsioonitorude lekkeid
- Katuse ääri juurest on mõnel pool seintelt pealmine krohvikihit katuse lekete tõttu ära kukkunud, paljastades betooni raudelemendid, mis nüüd ilmastiku käes roostetavad.

Hoone sisekliima

- Igal korrusel on esinenud hallitusega probleeme
- Vahetatud akendega korterites/üüripindades kurdetakse õhu kvaliteedi ja liigniiskuse/kuiivuse üle.

Hoone olukord

- Soojasõlm renoveeritud umbes 4 aastat tagasi ja kütetorud on osaliselt soojustatud
- Soe vesi soojendatakse maja keldris, soojusvaheti abil.
- Soojustatud on ka veetorud.
- Radiaatorid on enamaltjaolt ehitusaegsed.
- Koridoride küte on välja lülitatud.
- Pakkettakende vastu on vahetatud umbes ¾ ehitusaegsetest akendest
- Hoones paiknevad Perearstikeskuse, Pentical hambaarstikabineti, Päevakeskuse ja Eesti Puuetega Inimeste Koja kontorid. Osades neist on paigaldatud radiaatoritele termostaatventiilid.

Peamised elektriseadmed

- Korteriites kasutusel elektripliidid ja muu kodutehnika

TREA ettepanek

- Antud hoone puhul tuleks kaaluda kindlasti komplekset renoveerimist või uue hoone ehitamist, kuna probleeme on väga palju.
- Parandada esimesel võimalusel sadevee torud, et vesi hoone konstruktsioone ei murendaks
- Üle vaadata, mis põhjustab ruumide hallitamist ja millest tekib liigniiskus
- Parandada hoone konstruktsiooni, kus armatuur on juba paista.
- Tuleks ära soojustada soojatorude sõlmed ja kraanid
- Paigaldada efektiivsem kütte reguleerimissüsteem (näiteks langetab ööseks temperatuuri) ja küttesüsteem tasakaalustada.
- Tuleks tõsiselt kaaluda **hoone välisseinte soojustamist** ja ehitusaegsete akende vahetust koos ventilatsioonisüsteemi uuendamisega, kui tahetakse saavutada säästu küttekuludelt ja kaotada **hallitusprobleemid**.

4.3. Objekt: Tartu Lille Noortemaja (Lille 9)

Aadress: Lille 9, Tartu

TREA külastus: 26.08.2011

| | |
|---|---|
| Ehitusaasta: 1951 | Pindala (köetav pind) : 1009 m ² |
| Korruseid: 3 | Ruumala: 4722 m ³ |
| Konstruksioon: tellis, Katus: plekkkatus | Kontaktisik: Kersti Kekkonen - administraator Tel: 7 361 689 e-mail: kersti.kekkonen@raad.tartu.ee |
| Kütja: AS Fortum Tartu | |

Oluline info külastusest

Kriitilised probleemid

- Välisfassaad laguneb
- On esinenud katuselekkeid

Hoone mured

- Kütetorustik on ehitusaegne ja tasakaalustamata.
- Umbes 2 aastat tagasi oli hoones majavamm-
- 3. korruse varuväljapääsusest puhub sisse külma õhku.
- Talvel peab mõnes ruumis elektrit lisakütteallikana kasutama.
- 3. Korrusel on suvel katuse all paiknevates ruumides palav
- Elektrijuhtmestik on valdavalt vana

Hoone sisekliima

- Probleeme hallitusega pole täheldatud
- Õhu kvaliteedi üle ei kurdeta.

Hoone olukord

- Soojasõlm renoveeritud
- Soe vesi soojendatakse maja keldris, soojusvaheti abil.
- Radiaatorid on vahetatud peaaegu kõigis ruumides (v.a. kelder, mis ruumide vajaduse tõttu on suures osas kasutusele võetud ja koridorid)
- Küttesüsteem on ööseks reguleeritud madalamale temperatuurile..
- Ehitusaegsed aknad on suures osas vahetatud (v.a koridorides).
- Majas on kasutusel valdavalt energiasäästlikud lambid.
- Keldrikorrusel paikneb noortetuba, mis renoveeriti 2 a. tagasi
- Hoones on mõned kabinetid renoveeritud
- Kelder on kuiv
- Kasutusel on kahetariifne elektrisüsteem
- Suvel renoveeriti saali põrand.

Peamised elektriseadmed

- Veneaegsed tööpingid, kontorielektronika ja muu olmetehnika
-

TREA ettepanek

- Parandada esimesel võimalusel katuselekked ja eemaldada lahtised fassaadi osad.
- Küttesüsteem tasakaalustada ja lisada termostaatventiilid, mis aitab kasutada ka inimeste vabasoojust ja sellest tulenevalt ei pea nii palju aknaid avama.
- Tuleks kaaluda hoone välisseinte soojustamist (kui see on võimalik) ja akende vahetust koos ventilatsioonisüsteemi uuendamisega, kui tahetakse saavutada säästu küttekuludelt.
- Elektriseadmed ja valgustid võiks eksploatatsiooniaja väliselt olla vooluvõrgust välja lülitatud, vähendamaks elektritarbimist.

4.4. Objekt: Tartu linna sotsiaalkorterelamu (Kalda tee 40)

Aadress: Kalda tee 40, Tartu

TREA külastus: 26.08.2011

| | |
|---|---|
| Ehitusaasta: 1989 | Pindala (köetav pind) : 1651 m ² |
| Korruseid: 5 | Ruumala: 6436 m ³ |
| Konstruksioon: suurpaneel Katus: mont.r/b+rullmaterjal | Kontaktisik: Majahaldur – Marju Lehtpuu Tel: 7307215 e-mail: marju@elamuhaldus.ee |
| Kütja: AS Fortum Tartu | |

Oluline info külastusest

Kriitilised probleemid

- 5. korrusel oli ventilatsiooniavadest talvel külma sisse puhuma hakanud.
- Katusel, mis umbes 10 aastat tagasi vahetati, ei teostatud lisasoojustamist.

Hoone mured

- Küttesüsteem ehitusaegne (ühetusüsteem).
- Mõned vuugivahed lagunened ja täitmata.
- Elektrisüsteem on suures osas renoveerimata.

Hoone sisekliima

- Probleeme hallitusega pole kurdetud.
- Õhu kvaliteedi üle ei kurdeta, pigem teibitakse ehitusaegsete akende pilusid kinni, et külm sisse ei tuleks.

Hoone olukord

- Soojasõlm renoveeritud ja küttesüsteem tasakaalustatud ~2 aastat tagasi.
- Soe vesi soojendatakse maja keldris, soojusvaheti abil.
- Soojustatud on ka veetorud
- Vahetatud on kanalisatsioonipüstakud.
- Maja taga ja ees kinni ehitatud osa aknaid (3 taga ja 1 ees).
- Majale on paigaldatud temperatuuri jälgimisseade, mis kuigipalju küttesüsteemi reguleerib.
- Umbes 10% akendest on uued (pakettaknad), ülejäänud on ehitusaegsed puitaknad.

Peamised elektriseadmed

- Korterites kasutusel elektripliidid ja muu kodutehnika

TREA ettepanek

- Tuleks soojustada soojatorude sõlmed ja kraanid
- Paigaldada efektiivsem kütte reguleerimissüsteem (näiteks langetab ööseks temperatuuri)
- Akende vahetust koos ventilatsioonisüsteemi uuendamisega, kui tahetakse saavutada säästu küttekuludelt.
- Tuleks kaaluda hoone välisseinte, katuse ja sokli soojustamist.

4.5. Objekt: Anne Noortekeskus (Uus 56)

Address: Aianduse 4, Tartu

TREA külastus: 26.08.2011

| | |
|--|---|
| Ehitusaasta: 1969 | Pindala (köetav pind) 2155 m ² |
| Korruseid: 4 | Ruumala: 8213 m ³ |
| Konstruksioon: tellis/väikeplokki Katus: rullmaterjal | Kontaktisik: Marion Tamberg e-mail: marion.tamberg@raad.tartu.ee |
| Kütja: AS Fortum Tartu | |

Oluline info külastusest

Kriitilised probleemid

- Hoones on köetavaid ruume, kus talvel on temperatuur 15 kraadi ringis
- Keldrikorrusele tungib vesi sisse

Hoone mured

- Küttetorustik ja radiaatorid on ehitusaegsed
- Elektrijuhtmestik on vananenud
- Ehitusaegsed ventilatsiooniavad on küll olemas, aga nende efektiivsus pole teada.
- Vihmaveerenide veetorude otsad puuduvad
- Treeninguruumid on umbsed ja õhutusvõimalused praktiliselt puuduvad
- Keldris paiknevate bändiruumides on liiga palav
- On esinenud veetorude lõhkemist
- Veesurve on kõikuv
- Valgustus on vana ja elektripirnid lähevad kiirelt läbi
- Foto- ja videoboksides puudub korralik ventilatsioon (terviseohud?)

Hoone sisekliima

- Kurdeti õhu kvaliteedi üle
- Hallituse kohta andmed puuduvad

Hoone olukord

- Soojasõlm on renoveeritud
- Katusest lekkeid teadaolevalt pole esinenud
- Soe vesi soojendatakse maja keldris, soojusvaheti abil.
- Hoonel on nii plastpakettaknaid, vanemaid puitpakettaknaid kui ka ehitusaegseid aknaid

Peamised elektriseadmed

- Kontorielektronika ja muu olmetehnika,

TREA ettepanek

- Antud hoone puhul tuleks kaaluda kindlasti komplekset renoveerimist või uue ehitamist, kuna

Tartu Regiooni Energiaagentuur MTÜ
Riia 185 Tartu 51014
Reg kood 80292666
a/a SEB 10220103837018

GSM: +372 5558 1508
Tel: +372 7 635 374
Fax: +372 746 0519

probleeme on väga palju

- Tuleks ära soojustada soojatorude sõlmed ja kraanid
- Paigaldada efektiivsem kütte reguleerimissüsteem (näiteks langetab ööseks temperatuuri)
- Välisseinad soojustada ja akende vahetust koos ventilatsioonisüsteemi uuendamisega, kui tahetakse saavutada säästu küttekuludelt.

4.6. Objekt: Hugo Treffneri Gümnaasium (Munga 12)

Aadress:, Tartu Munga 12
TREA Külastus: 15.märts.2012

| | |
|------------------------------------|--|
| Ehitus aasta: | Pindala: suletud netopind: 5657 m² |
| Korruseid: 3 korrust | Ruumala: 24964m³ |
| Konstruksioon: Telliskivi | Kontaktisik: Ott Ojaveer - 746 1714 |
| Kütja: Keskkatlamaja Fortum | |

Oluline info külastusest

Pidevad probleemid

- Kommunaalandmed on küllaltki suured ja seda on näha ka TREA esimese etapi tulemustest.
- Maja pidevalt vajub/liigub ja sellest tulenevalt on praod seinas ja seinaplaadid mõranevad
- Kuna sadevee trenaas ei tööta, siis keldris töötab pidevalt 4 veepumpa, millest üks on õlipump (õlipump pumpab välja punnasest vee ja õli segu).
- Kuna hoone on väga suur ja ehitatud eri projekti järgi, siis hoonele ei ole leitud sobivat lahendust küttesüsteemi tasakaalustamiseks. Endiselt on üks osa hoonest soojem ja teine osa jahedam.

Hoone sisekliima/hallitus

- Hallitus on ainult keldris, kuna seal on niiskuse probleemid pidevad.
- TREA viis läbi ka sisekliima mõõtmise (vahemikus 12.03-15.03)

Tehtud tööd

- Hoonet on renoveeritud alates 1999 aastast ja sai valmis 2002. Toimused välis- ja siseviimistlused ja vahetati välja tehnosüsteemid.

Peamised elektriseadmed

- Suuremaid kulutajaid on ventilatsioon (7 vent seadet- 3 seadet esimesel korrusel ja 4 teisel korrusel) veepumbad ja valgustus.

TREA ettepanek

- Küttsüsteemid ja ventilatsioonisüsteemi paremaks kohandamiseks tuleks analüüsida eraldi tehnosüsteemide toimimist. Samuti seadmete toimimist omavahel.
- Paremaks sisekliimaks tingimusteks võiks klassidesse paigaldada andurid, mis CO₂ tõesul annab märku ruumis viibijatele, et akna kaudu võiks ruumi õhutada. Akna avanemisel võib selle all oleva radiaatori ka siis madalamaks keerata.
- Keldris tekkivad liigse niiskuse vältimiseks võiks paigaldada ventilaatorid, mis käivitub liigse niiskuse korral ja hakkab ruumis niiskust välja tõmbama.

4.7. Objekt: Vahtramäe lastekodu (Mäe tn 33)

Aadress: Mäe tn 33

TREA Külastus: 19.03.2012

| | |
|--|--|
| Ehitus aasta: | Pindala: suletud netopind: |
| Korruseid: 2 | Ruumala: |
| Konstruksioon: Telliskonstrukstioon | Kontaktisik: Juhataja - Helle Siigur - helle@vahtraleheke.ee , |
| Kütja: Hoones kerge õliküte – kulu on 33 t aastas | |

Oluline info külastusest

Pidevad probleemid

- Välisseina fassaad laguneb
- Vundament laseb pinnasevett läbi ja keldri seinad on niisked ja hallitavad. (aknad on lahti, aga sellest ei ole niiskuse vastu palju kasu) – Pilt 1
- Kooli kanalisatsioon on tihti umbes ja madalrõhu tingimustel on majas hais sees.
- Vihmaveetoru on kõrgel ja selle tulemusel on välisfassaad lagunenu ja sammal kasvab seinal – Pilt 2.
- Lisaks on vihmaveetorud väga peened ja lehe kogunemisel on vihmaveetoru umbes ning vesi valgub üle vihmaveetoru seinale.

Hoone sisekliima/hallitus

- Hallitus keldris
- I ja II korruse õhutemperatuur on väga kuiv ja ruumid on ülekoetud

Tehtud tööd

- 2002 sai kohu maja renoveeritud ja jooksvalt on tehtud siseviimistlust.
- Vastavalt tuleohutuse nõuetele toimub iga 5 aasta tagant elektrisüsteemi kontroll, et probleeme ette ennetada.

Peamised elektriseadmed

- Köögi seadmed
- Pesuköök
- Valgustus, arvutid ja televiisorid

TREA ettepanek

- Vihmaveetoru otsad tuua madalamale ja nende kaitseks vandaalitsemiss eest tuleks kaaluda erinevaid lahendusi nende kaitseks.
- Vihmaveetorude läbimõõte suurendada.
- Peale vihmaveetorude vahetamist teha fassaadi parandused.
- Küttesüsteem tasakaalustada ja reguleerida öösiti madalamatele temperatuuridele
- Projekti pealt vaadata vundamenti hüdroisolatsiooni olemasolu ja selle puudumisel

see paigaldada ning üle vaadata vihmavee äravoolu kalded.



Pilt 1. Keldri seinad hallitavad. Olenemata sellest, et aknad on pidevalt lahti



5. Tartu linna lasteaedade sisekliima mõõtmistulemused

Sisekliima monitooring-uuring, mis viidi läbi Eesti Maaülikooli Energiaklassiga, eesmärgiks on fikseerida Tartu linnale kuuluva kinnisvara sisekliima seisukord energiakasutuse, -tõhususe ning sisekliima kvaliteedi seisukohast. Uuring teostati 2012. aasta teises kvartalis.

Mõõteseadmetena kasutati suhtelise õhuniiskuse ja temperatuuri Welleman USB niiskuse ja temperatuuri salvestusseadmeid (RH $\pm 3,0 \dots 5,0\%$; temp $\pm 1,0^\circ\text{C}$)⁴ ja siseõhu kvaliteedi kombineeritud (CO₂ sisaldus, suhteline õhuniiskus, temperatuur) salvestusseadet (RH $\pm 2\%$; temp $\pm 0,5^\circ\text{C}$, CO₂ $\pm 3\%$)^{5,6}. Kokku teostati mõõtmisi 11-s Tartu linna haldushoones (tabel 1).

Uuringu mahukuse ning läbiviimise perioodi eripära tõttu oli iga hoone mõõteperioodiks 3...4 päeva. Sisekliima parameetrite salvestamine toimus enamasti perioodil mille sisse jäi nii tööpäevad kui ka nädalavahetused ning mil hoone kasutus hinnati kõige intensiivsem olevat. Näiteks koolides, ametiasutustes ja muuseumites toimusid mõõtmised peamiselt tööpäevadel samal ajal kui hoonetes, mille ruume kasutati eluruumidena, toimusid mõõtmised ka nädalavahetusel.

⁴ Velleman DVM171THD kasutusjuhend.

<http://www.velleman.eu/downloads/1/dvm171thdgbnlfresdpl.pdf> (inglise keeles)

⁵ <http://www.sensirion.com/en/products/humidity-temperature/humidity-sensor-sht15/>

⁶ <http://www.co2meter.com/collections/co2-sensors/products/k-30-3-co2-sensor>

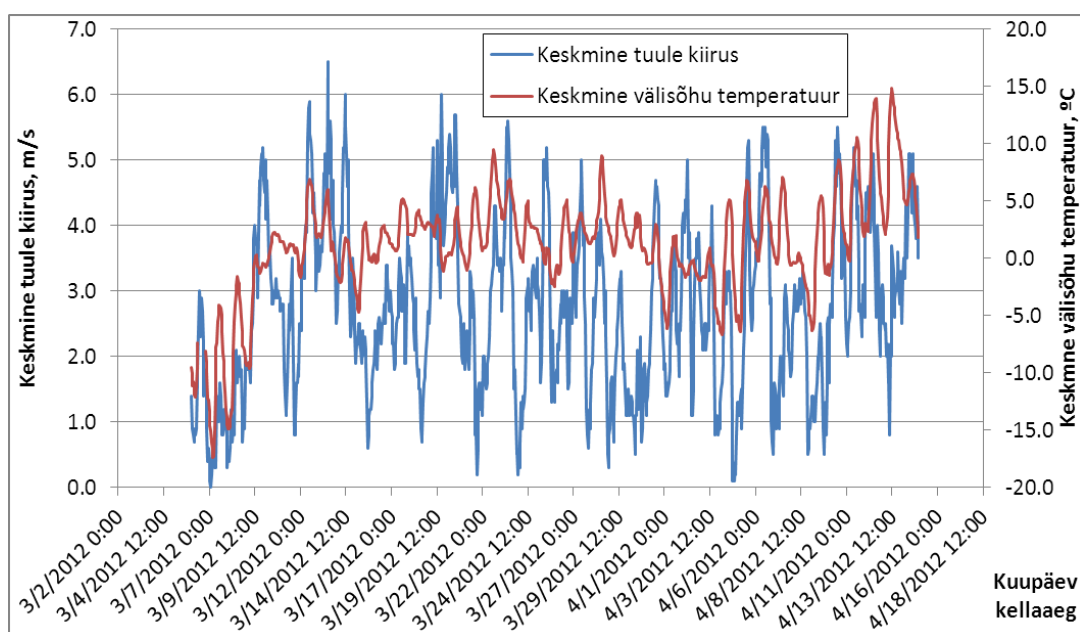
Tabel 1. Sisekliima mõõtmiste teostamise kuupäevad ja asukohad

| Hoone nimi/kasutusotstarve | Asukoht | Mõõtmise ajavahemik | teostamise |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|
| Tartu Kunstimuuseum | Raekoja 18 | 06.03.2012...09.03.2012 | |
| Laulupeomuuseum | Jaama tn 14 | 21.03.2012...24.03.2012 | |
| Tartu Linnavalitsus | Küüni 5 | 09.04.2012...11.04.2012 | |
| Tartu Linnavalitsus | Küüni 3; Raekoja plats 3 | 11.04.2012...13.04.2012 | |
| Hugo Treffneri Gümnaasium | Munga 12 | 12.03.2012...15.03.2012 | |
| Täiskasvanute Gümnaasium | Riia 25 | 03.04.2012...05.04.2012 | |
| Hooldekodu | Liiva 32/34/34 a | 24.03.2012...28.03.2012 | |
| Lastekodu | Mäe tn 33 | 19.03.2012...21.03.2012 | |
| Lastekodu | Jaama tn 72 | 09.03.2012...12.03.2012 | |
| Sotsiaalkorterimaja | Kalda tee 40 | 28.03.2012...02.04.2012 | |
| Sotsiaalkorterimaja | Puiestee 79 | 05.04.2012...10.04.2012 | |

5.1. Uuringu teoreetilised alused

5.1.1. Välisõhu parameetrid uuringu teostamise ajal

Tartu maakonnas loetakse tavapärase kütteperioodi (01.10...04.05) keskmiseks temperatuuriks $-1,5\text{ °C}$ ⁷. Seda siis normtingimustel. Aastate lõikes on kütteperioodi pikkus muutuv olenevalt reaalistest keskmistest temperatuuridest ning tuulekülmast. Seega saab hoonete sisekliima parameetrite muutumist kütteperioodil kaardistada eespool toodud temperatuurile lähedastel temperatuuridel. Käesolevas uuringu teostamisperioodil (06.03.2012...13.04.2012) oli keskmiseks temperatuuriks $1,2\text{ °C}$ (joonis 0.1).



Joonis 0.1. Päevakeskmised õhutemperatuurid ning tunnikeskmine tuule kiirus mõõtmiste perioodil

Mõõteperioodi keskmised välistemperatuurid jäid vahemikku $-2,5...5,0\text{ °C}$. Kuivõrd käesolevas töös eeldatakse, et välistemperatuuri mõju hoone kütteenergia vajadusele on otsene, sobib antud mõõteperiood hindamaks hoone küttesüsteemi käitumist välisõhu temperatuuride muutuste korral. Tuleb mainida, et hoonesisesed keskmised temperatuurid sõltuvad suuresti küttesüsteemi ning ventilatsiooni eripäradest ning seega ei pruugi seos välistemperatuuri ja kütteks vaja mineva energiakoguse vahel olla lineaarne.

⁷ Soojusvarustuse kulude arvestamise ja jaotamise meetodika.

<https://www.riigiteataja.ee/akt/12930302>

5.1.2 Sisekliima parameetrite normatiivsed ja soovituslikud väärtused

Kui koolide ja koolieelsete lasteasutuste sisekliima normid (tabel 0.2) on paika pandud Eesti Vabariigi määruste^{8,9,12} kohaselt, siis eluruumide, kontorite jms soovituslike sisekliima parameetrite määramisel lähtutakse enamasti sisekliima standardist. Vastava standardi kõige uuem versioon on hetkel EVS EN 15251 2007 „Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast“¹⁰. Standardid on reeglina soovituslikud, mitte kohustuslikud, kuid sageli mainitakse määrustes ning regulatsioonides just standardeid kui referentsväärtuste leidmise kohta.

Ülevaate sisekliima parameetrite soovituslikest ja normatiivsetest väärtustest annab alljärgnevad tabelid (tabel 0.1, tabel 0.2). Parameetreid, mille soovituslikud või normatiivsed väärtused on määratud, kuid mida ei mõõdetud, alljärgnevas tabelites ei kajastatud.

Tuleb mainida, et eriotstarbelise kasutusrežiimiga ruumides (näiteks muuseumiruumides) peab juhinduma eksploateeritavate seadmete ning esemete eripäradest.

Tabel 0.1. Näited sisekliima parameetrite soovituslikest väärtustest olemasolevatele üldkasutatavatele hoonetele^{11, 13}

| Parameeter | Mõõtühik | Norm |
|---|---|---------|
| Õhutemperatuur | °C | 18...25 |
| Suhteline õhuniiskus suvel (vt MÄRKUS 1) | % | 30...70 |
| Suhteline õhuniiskus talvel (vt MÄRKUS 1) | % | 25...40 |
| Süsihappegaasi sisaldus siseruumide õhus | ppm | 1200 |
| MÄRKUS 1 – | Inimese optimaalseks suhteliseks õhuniiskuseks loetakse 30...70 % ¹³ . Standard EVS EN 15251 2007 soovituslikke vahemikke ei maini. Toodud on väärtused niiskuse vähendamise (50%) ja niisutamise (30%) jaoks. Absoluutne niiskus ei tohi ületada 12g/kg ¹¹ . | |

⁸ Tervisekaitsenõuded koolidele. Eelnõu. 2012. <https://www.riigiteataja.ee/akt/13251946>

⁹ Tervisekaitsenõuded koolieelse lasteasutuse maa-alale, hoonetele, ruumidele, sisustusele, sisekliimale ja korrashoiule. 2011. Kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/akt/111102011003>

¹⁰ EVS EN 15251 2007 „Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast“

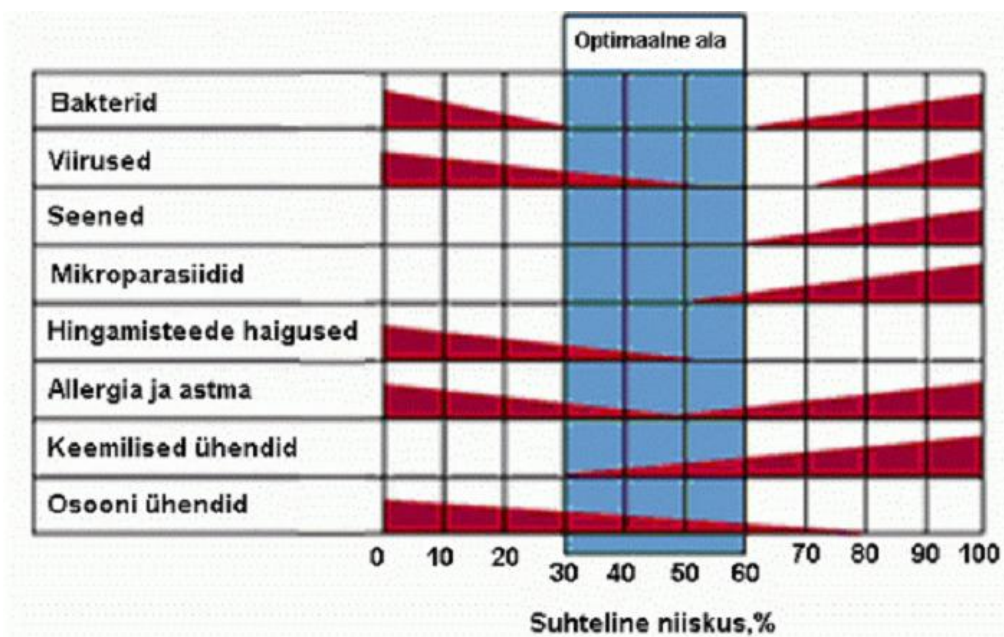
¹¹ Ehitusfüüsika konspekt. III osa. TTÜ. http://www.e-ope.ee/_download/euni_repository/file/1030/Ehitusf%C3%BC%C3%BCsika%20konspekt%20%20III%20osa.pdf

Tabel 0.2. EV määrustega^{8,9,12} reguleeritud sisekliima parameetrid

| Hoone kasutus-otstarve | Parameeter | Mõõtühik | Norm |
|---|--|----------|---------|
| Kool | Optimaalne õhutemperatuur õpperuumis | °C | 22 ± 3 |
| | Optimaalne õhutemperatuur võimlauruumis | °C | 21 ± 3 |
| | Siseõhu optimaalne suhteline õhuniiskus | % | 40...60 |
| | Nädala keskmine minimaalne siseõhu suhteline õhuniiskus talvel | % | 25 |
| | Nädala keskmine maksimaalne siseõhu suhteline õhuniiskus suvel | % | 70 |
| | Süsihappegaasi sisaldus siseruumis (MÄRKUS 1) | ppm | <1000 |
| Lasteasutus | Rühmaruumi õhutemperatuur | °C | 21...26 |
| | Optimaalne siseõhu suhteline niiskus | % | 40...60 |
| | Minimaalne siseõhu suhteline niiskus talvel | % | 25 |
| | Maksimaalne siseõhu suhteline niiskus suvel | % | 70 |
| | Süsihappegaasi sisaldus ruumides | ppm | <1000 |
| Hoolekandea- asutus (MÄRKUS 2) | Ruumi siseõhu temperatuur | °C | 19...27 |
| | Optimaalne siseõhu suhteline niiskus | % | 40...60 |
| | Minimaalne siseõhu suhteline niiskus | % | 30 |
| | Maksimaalne siseõhu lühiajaline suhteline niiskus | % | 70 |
| MÄRKUS 1 – | Õpperuumi ühes liitris siseõhus võib olla keskmiselt kuni 1000 mikrolitrit süsinikdioksiidi. | | |
| MÄRKUS 2 – | Hoolekandeaasutuse süsihappegaasi sisaldus määratakse vastavalt kehtivatele standarditele. | | |

Ülaltoodud tabelitest nähtub, et, suhtelise õhuniiskuse soovituslikud väärtused siseruumides kõiguvad suurtes piirides. Selle põhjuseks on asjaolu, et talvine välisõhu absoluutne niiskus (ehk veeauru tegelik sisaldus õhus väljendatuna kas g/m³ või g/kg kuiva õhu kohta) on madal. Näiteks märtsikuu keskmine absoluutne õhuniiskus Tartus aastatel 1971...2000 on 2,64 g/kg, kuid oktoobrikuu sama perioodi absoluutne õhuniiskus on praktiliselt kaks korda suurem (4,91 g/kg). Kuivõrd suhteline õhuniiskus sõltub temperatuurist ja õhu absoluutsest niiskusest, siis õhu soojendamisel suhteline õhuniiskus väheneb, tekitades suhtelise õhuniiskuse langemist kütteperioodil. Suhtelise õhuniiskuse optimaalsete piiride määramisel võib juhinduda ka alltoodud joonisest (joonis 0.2).

¹² Tervisekaitsenõuded erihoolekandeteenustele ja eraldusruumile Kättesaadav: https://www.riigiteataja.ee/akt/_/13251994?leiaKehtiv



Joonis 0.2. Inimese tervisele ja mugavustundele optimaalne suhtelise niiskuse tase¹³

¹³ Laht, J. Hoone sisekliima ja energiatõhusus Tartu koolide ja Valga lasteaia „Kaseke“ näitel. Tartu: TÜ (2010).
http://www.terviseamet.ee/fileadmin/dok/Kasulikku/Keskkonnatervis/Magtoo_sisekliima_ja_energia.pdf

5.2 Sisekliima mõõtmiste tulemused ja analüüs

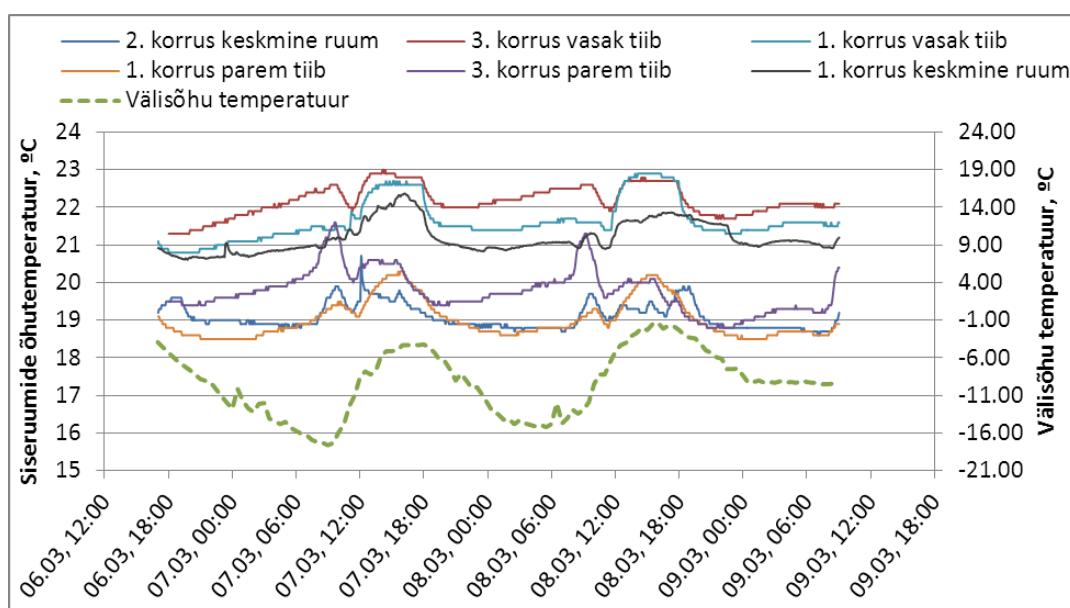
5.2.1. Tartu Kunstimuseum (Raekoja plats 18)



Joonis 5.2.1. Tartu Kunstimuseumi välisfassaad

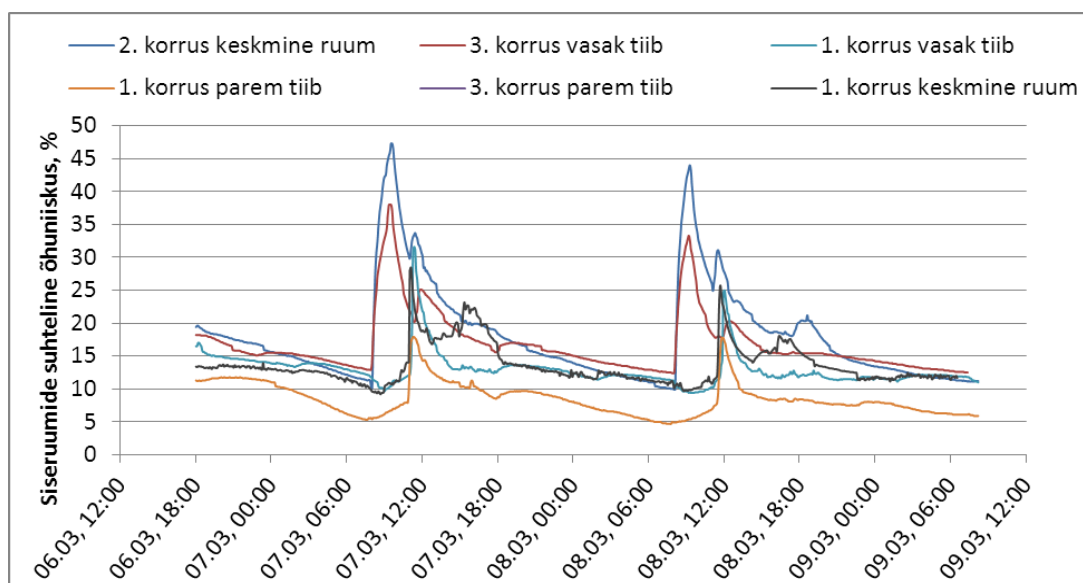
Sisekliima andmeid koguti teispäevast reedeni perioodil 06.03.2012–09.03.2012. Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel.

Hoone on neljakorruseline ning suurte avarate siseruumidega. Kasutajate arv vaheldub olenevalt näituste eripäradest ning ürituste toimumisaegadest. Hoone põhjaosa ehk vasak tiib on üle köetud võrreldes lõunaosa ehk parema tiivaga (joonis 5.2.2) ning probleemi lahendamiseks on vajalik küttepüstakute tasakaalustamine. Suurema energiasäästuefekti saavutamiseks on mõistlik rakendada üleüldist temperatuurialandust ning küttesüsteemi reguleerida nii, et toimuks kiirem ruumide soojenemine. Hetkel toimub ruumide jahtumine ja soojenemine aeglaselt. Seda meetet saab kasutada vaid juhul, kui see ei kahjusta eksponaate!



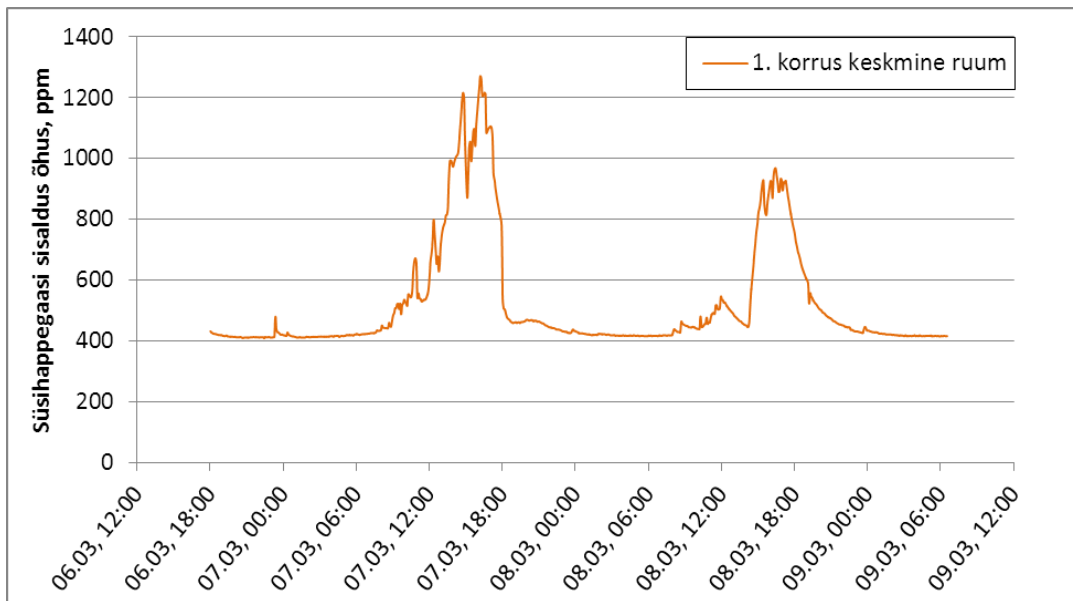
Joonis 5.2.2. Välisõhu temperatuur ja mõõdetud temperatuur siseruumides

Suhteline õhuniiskus siseruumides (joonis 5.2.3) on muuseumi eksponaatide jaoks väga madal ning on märgata, et niiskustaseme tõstmiseks kasutatavate seadmete mõju on lühiajaline, sest niiskustase tõuseb ainult mõneks tunniks.



Joonis 5.2.3. Suhteline õhuniiskus siseruumides

Süsihappegaasi sisaldus siseõhus (joonis 5.2.4) on mõõdetud kontoris madal, ületades lubatud piiri suhteliselt harva, kuigi töökohti ning ventileeritavad kubatuuri on kolme töötaja kohta üsna vähe.



Joonis 5.2.4. Süsihappegaasi sisaldus 1. korrusel paiknevas kontoriruumis

Kokkuvõte

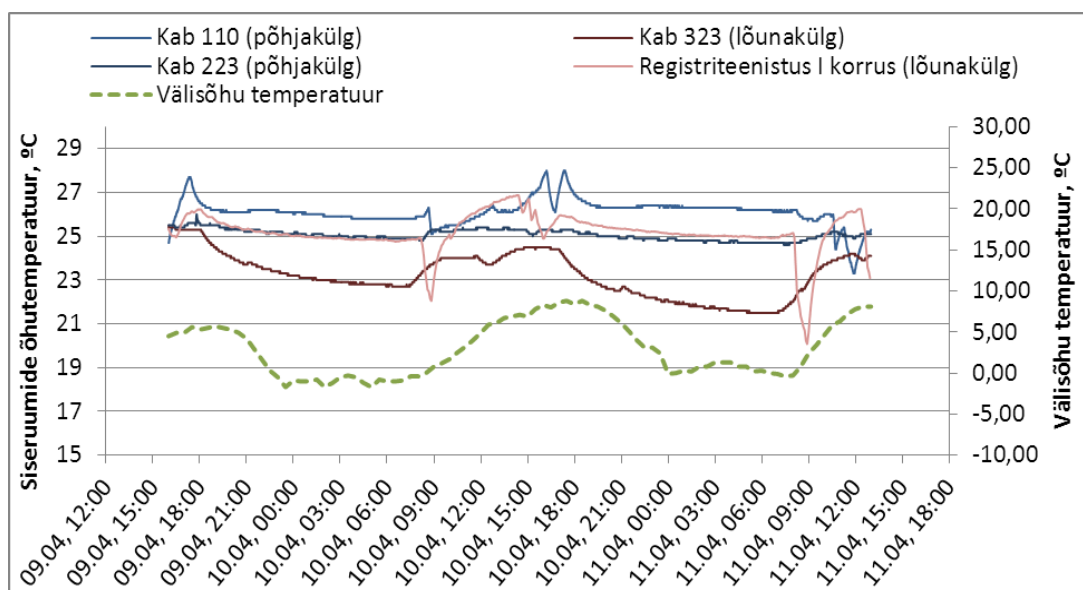
Energiasäästu seisukohalt on vajalik küttepüstakute tasakaalustamine ning vähese soojusmahtuvusega radiaatorite kasutamine, et ruumide soojenemine ja jahtumine toimuks piirides, mis muuseumi eksponaatide jaoks on sobiv.

5.2.1 Tartu Linnavalitsus (Küüni tn. 5)



Joonis 5.2.5. Hoone fassaadi vaade Küütri tänavalt

Sisekliima andmete kogumise perioodiks valiti ajavahemik esmaspäevast kolmapäevani (09.04–11.04). Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel.

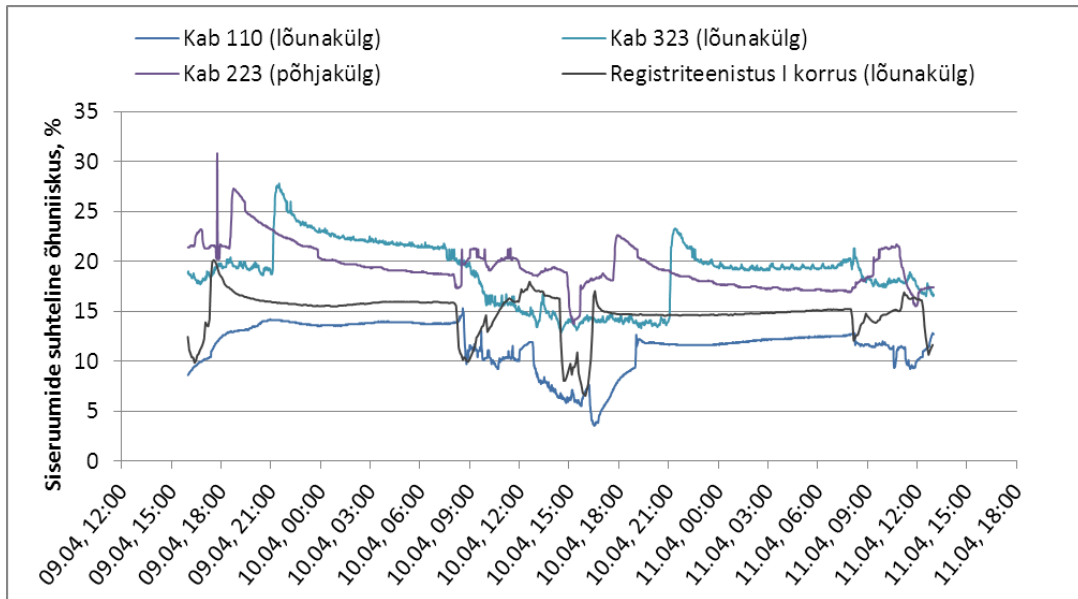


Joonis 5.2.6. Välisõhu temperatuur ja mõõdetud temperatuur siseruumides

Hoone lõunaküljes esineb, võrreldes põhjaküljega, ülekütmist (joonis 5.2.6), kusjuures soovituslike sisekliima temperatuuride vahemikku jäid vaid kabineti 323 temperatuurid. Ventilatsioonisüsteemi ebapiisavuse tõttu kasutatakse temperatuuri alandamiseks ruumides akende avamist, mis väljendub jooniselt nähtava temperatuurikõvera „hüpetes“.

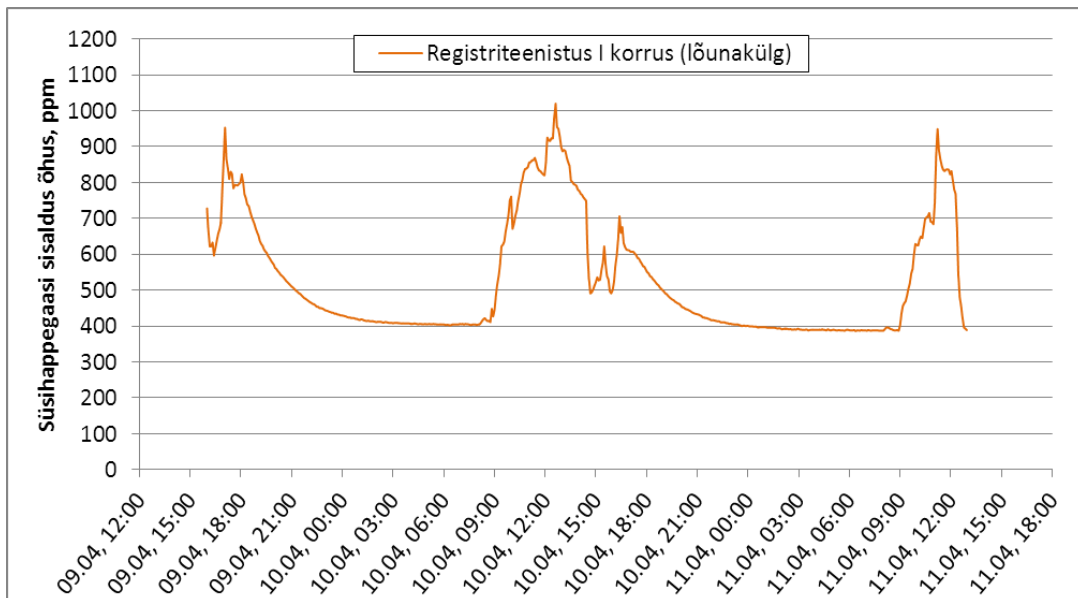
Suhteline õhuniiskus siseruumides (joonis 5.2.7) jäi mõõteperioodil alla 30%, langedes mõnel juhul isegi madalamale kui 10%, mis on sagedane probleem hoonetes, kus on pidev kütterežiim ning toimiv ventilatsioon. Inimeste viibimine ruumides

suhtelise niiskuse tõusu ei tekita, pigem toimub õhuniiskuse vähenemine ajal, mil ruume akende avamise abil õhutatakse.



Joonis 5.2.7. Suhteline õhuniiskus siseruumides

Süsihappegaasi sisaldus Registriteenistuse ruumides (joonis 5.2.8) üle soovitusliku normi, v.a üksikutel hetkedel, ei tõusnud. Ilmselt on õhuvahetus antud ruumides parem kui väiksemates kabinetites, kuivõrd töövälisel ajal langeb süsihappegaasi sisaldus välisõhu tasemele.



Joonis 5.2.8. Süsihappegaasi sisaldus Registriteenistuse ruumides

Kokkuvõte

Sisekliima parameetrite salvestusseadmete paigaldamise ajal mainiti peamiste probleemidena väiksemate kabinetite umbsust ning õhutamistvajadust (nt. kabinet

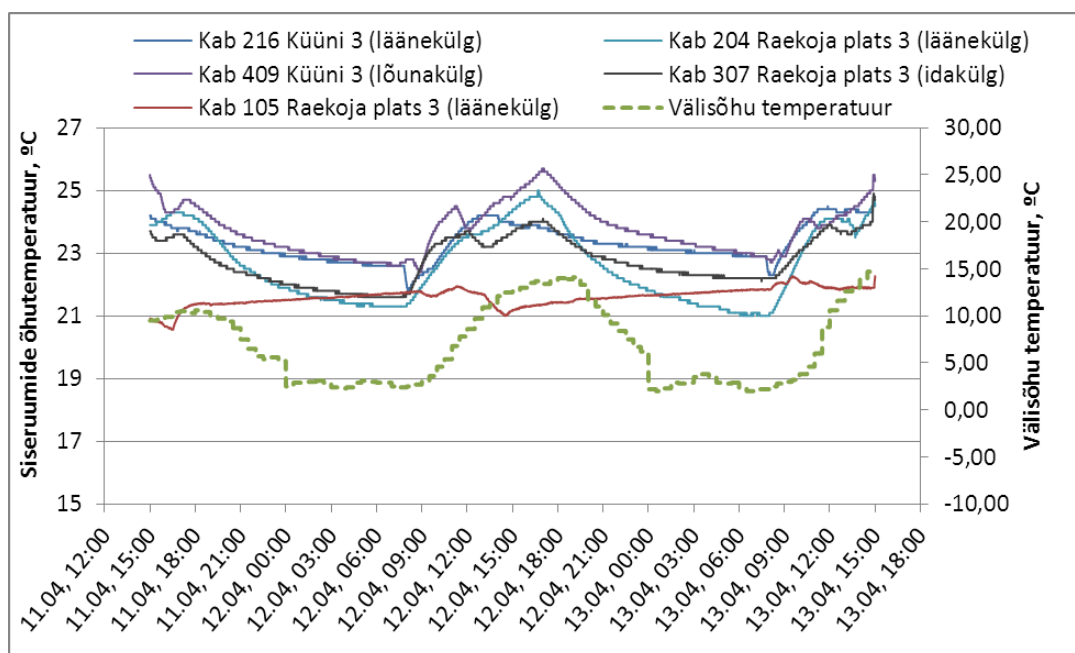
110). Seda kinnitavad ka temperatuuride, suhteliste õhuniiskuste mõõtmisandmed ning süsihappegaasi sisalduse mõõtmistulemused. Kuivõrd temperatuurigraafikult pole näha sisetemperatuuride õist alandamist, siis ei toimu antud hoones märgatavat küttevõimsuse õist vähendamist, mille rakendamisel on võimalik saavutada energiasäästu ajal, mil ruumid on kasutusest väljas. Kõrged temperatuurid kabinettides ning temperatuuride erinevused korruste lõikes viitavad vajadusele küttesüsteemi öö ja päeva sisetemperatuure reguleerida.

5.2.2 Tartu Linnavalitsus (Küüni tn. 3; Raekoja plats 3)



Joonis 5.2.9 Fassaadi vaade Raekoja platsilt

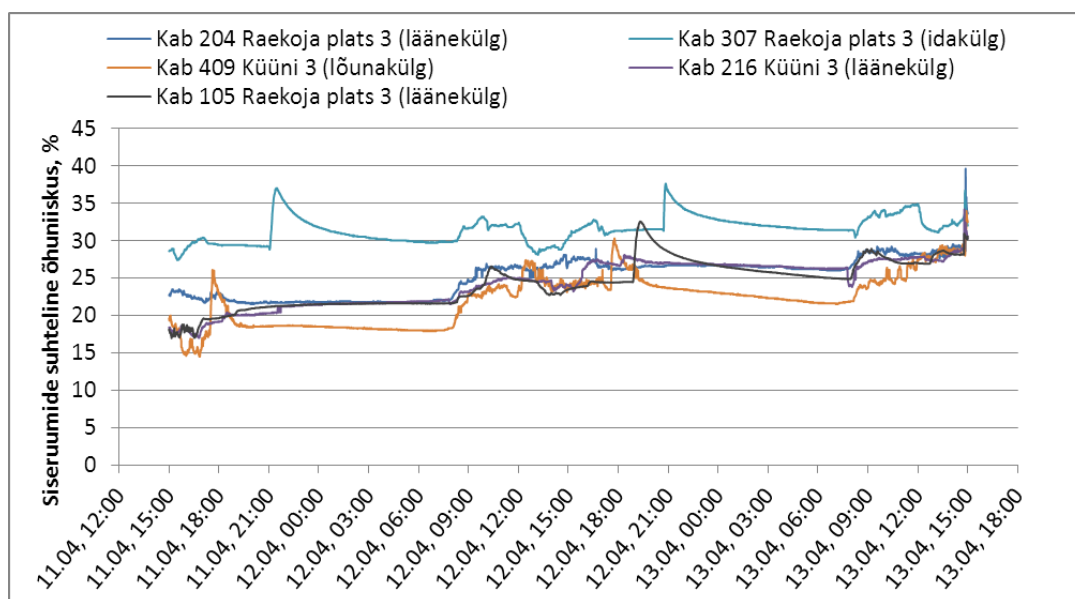
Sisekliima andmete kogumise perioodiks valiti ajavahemik kolmapäevast reedeni (11.04–13.04). Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel.



Joonis 5.2.10. Välisõhu temperatuur ja mõõdetud temperatuur siseruumides

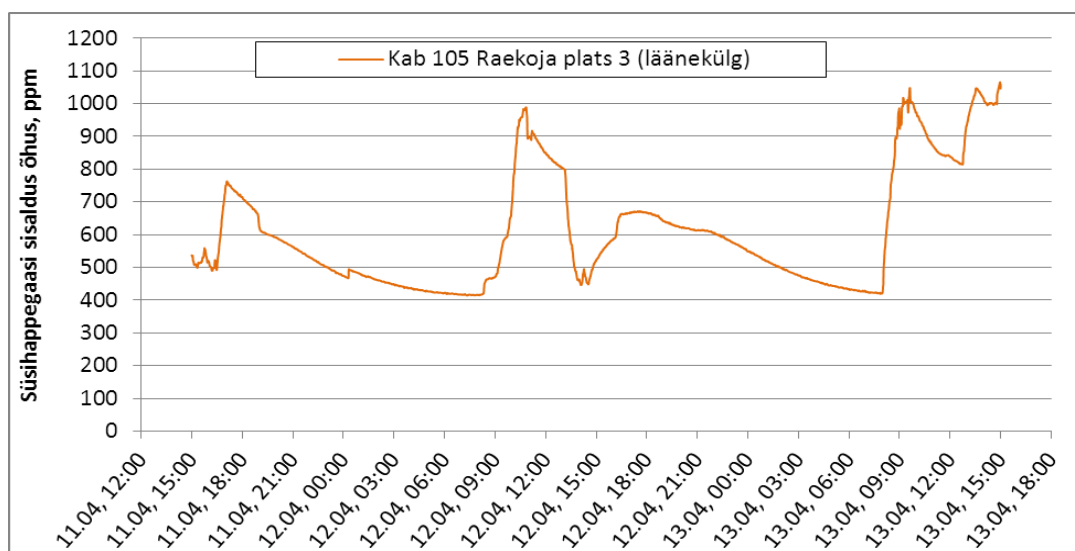
Siseruumide temperatuurid (joonis 5.2.10) on võrreldes Küüni tn. 5 hoonega, korruste lõikes ühtlasemad, kuid siiski esineb välistemperatuurist sõltuvaid sisetemperatuuri tõuse, mis viitavad küttesüsteemi reguleerimise puudulikkusele. Kabineti 105 teistest ruumidest madalamat temperatuuri võib selgitada asjaoluga, et antud kabinet jääb päikese eest varju. Samuti toimub kabinetis 105 aktiivne ruumi õhutamine akna lahti

hoidmise abil: seda on ka näha sisetemperatuuri langusest välistemperatuuri kasvu korral. Ruumide pikaajaline õhutamine pole energiasäästlik.



Joonis 5.2.11. Suhteline õhuniiskus siseruumides

Suhteline õhuniiskus jäi mõõteperioodil 30%-st allapoole peaaegu kõigis ruumides. Kabinetis 307, mis paikneb käesoleva hoone lääneküljel täheldati teistest kabinettidest suuremaid suhtelise õhuniiskuse väärtusi.



Joonis 5.2.12. Süsihappegaasi sisaldus kabinetis 105

Süsihappegaasi tase kabinetis 105 ei ületanud märkimisväärselt soovituslikke piirmäärasid. Väljaspool tööaega langeb aeglaselt CO₂ tase välisõhu süsihappegaasi sisalduse tasemele, mis näitab, et ventilatsioon töötab efektiivselt. Tööajal toimuv süsihappegaasi taseme langus on tingitud ruumi õhutamisest akende avamise teel, mis kasutaja seisukohalt on vajalik, kuid suurendab energiatarvet.

Kokkuvõte

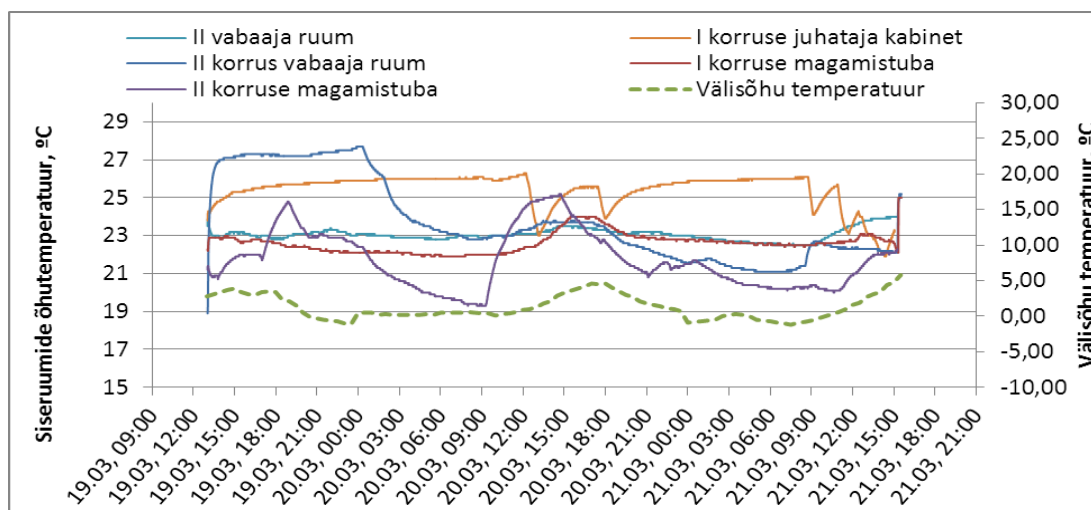
Sarnaselt käesoleva hoonega ühendatud majal aadressiga Kүүini tn 5, esines ka selles hoones kaebusi õhuvahetuse ebapiisavuse ning liigsoojuses kabinettides. Sundventilatsioon on ruumidesse küll paigaldatud, kuid järelilikult ei kata täielikult ruumides viibijate õhuvahetuse vajadust. Mõõteperioodil salvestatud temperatuurid olid ühtlasemad kui Kүүini tn 5 hoones, kuid siseruumide temperatuuri kasvu seotus välistemperatuuriga viitab küttesüsteemi reguleerimisvõimaluste ülevaatuse ning täiustamise vajadusele.

5.2.3 Vahtramäe lastekodu (Mäe tn 33)



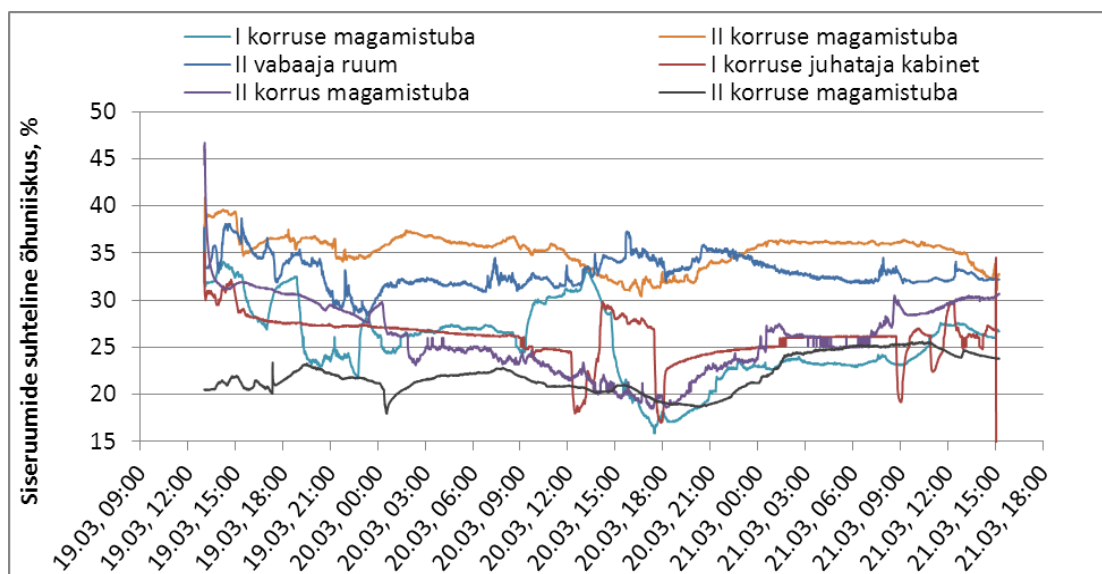
Joonis 5.2.13 Vahtramäe lastekodu fassaadi välisvaade

Sisekliima andmete kogumise perioodiks valiti ajavahemik esmaspäevast kolmapäevani (19.03–21.03). Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel. Lastekodu kasutuses 24 tundi ööpäevast ning seega hoone kasutus- ja vabasoojuskoormus kõrged. Hoone kütmine toimub õliküttelt.



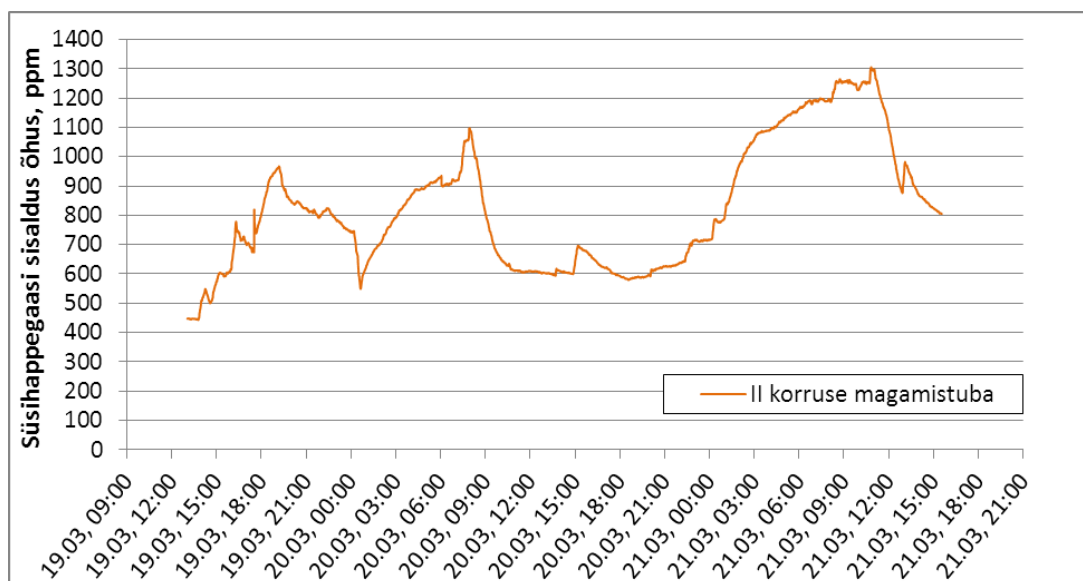
Joonis 5.2.14. Välisõhu temperatuur ja mõõdetud temperatuur siseruumides

Ruumide sisetemperatuuride jaotus hoones (joonis 5.2.14) on ebahütlane ning kahel juhul ka liiga kõrge ehk üle 26 kraadi. Samuti pole märgata õist temperatuurialandust. Radiaatoritel puuduvad termostaatventiilid, mille abil radiaatorite soojusväljastust reguleerides saab kütteenergiat kokku hoida temperatuuride tõstmise ja langetamise arvelt vastavalt ruumi kasutusele.



Joonis 5.2.15 Suhteline õhuniiskus siseruumides

Suhteline õhuniiskus siseruumides (joonis 5.2.15) on vahemikus 20-35%, mis on sisekliima standardite soovitude kohaselt liialt madal, kuid talviti ongi siseruumide õhuniiskuse tase tavaliselt madal ja seda kunstlikult tõsta on suhteliselt kulukas ja keeruline.



Joonis 5.2.16. Süsihappegaasi sisaldus II korrusel paiknevas magamistoas

Süsihappegaasi mõõdistamisest (joonis 5.2.16) selgub, et süsihappegaasi tase tõuseb üle 1000 ppm inimeste kohalolu tõttu nii magamise ajal kui ka õhtusel ruumi kasutamisel. Ukse või akna avanemisel süsihappegaasi tase langeb kiirelt, kuid tõuseb samuti kiirelt kui aken taas sulgeda. Soovitus on hoida aknaid ruumi intensiivsel kasutamisel mikrotuulutusel.

Kokkuvõte

Soojusenergia säästmise osas on vajalik tekitada siseruumide temperatuurireguleerimise võimalus küttesüsteemi tasakaalustamise ja termostaatventiilide paigaldamise abil radiaatoritele. Temperatuuri madalamaks reguleerimine aitab tõsta ka õhuniiskuse taset. Oluline on, et öösiti toimuks keskmise temperatuuri langus ning et vabasoojuse olemasolul ei jätkaks siseruumide temperatuur tõusmist. Ventilatsiooni osas on vajalik rajada mikrotuulutusvõimalusi.

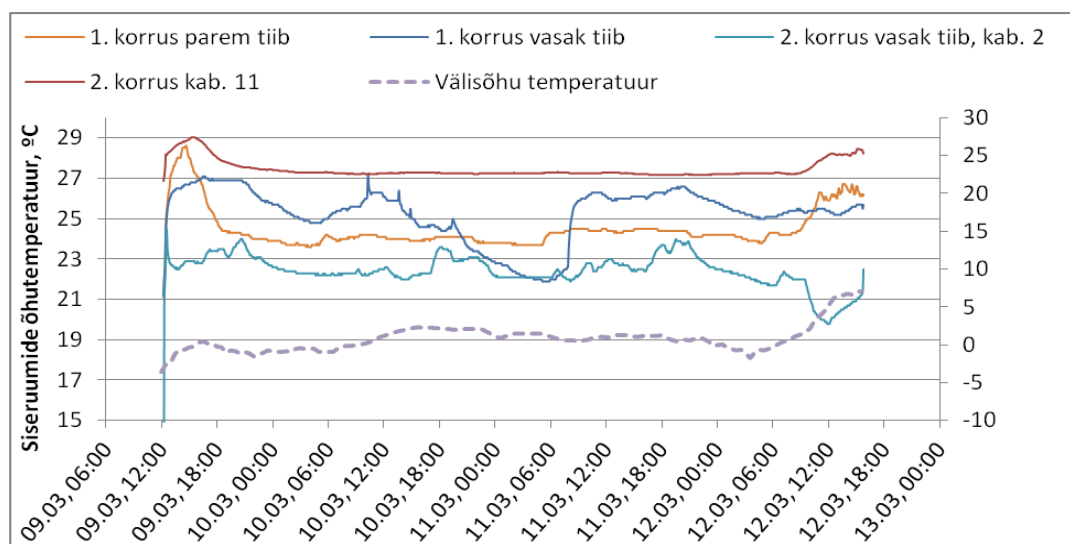
5.2.4 Lastekodu (Jaama tn 72)



Joonis 5.2.17. Lastekodu välisvaade

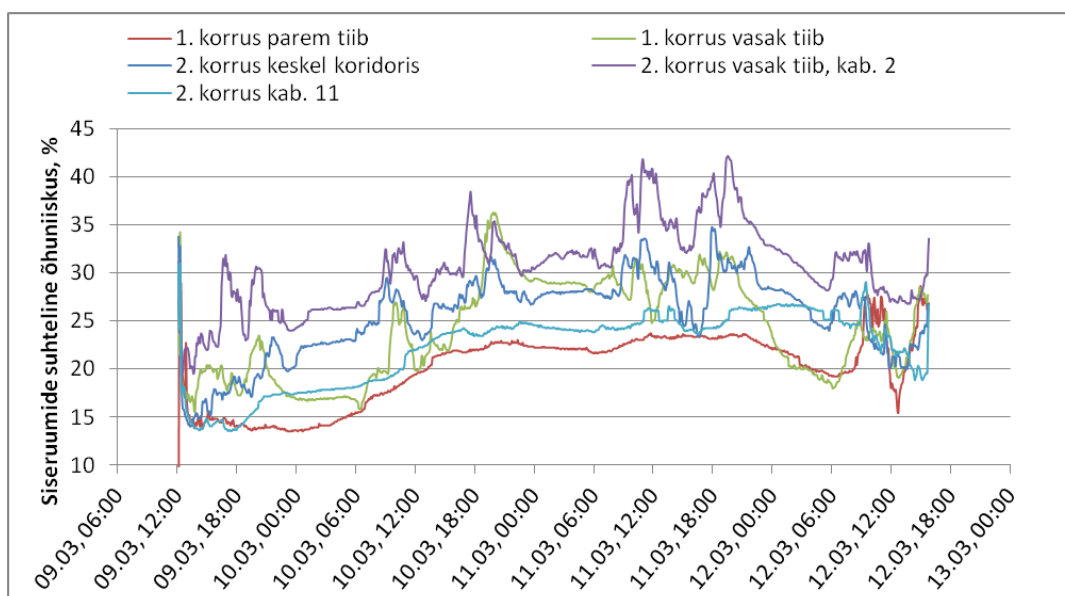
Sisekliima andmete kogumine toimus ajavahemikul neljapäevast esmaspäevani (09.03...12.03). Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel.

Lastekodu on mõlemal korrusel 24h asustatud ning hoone kasutuskoormus on kõrge. Temperatuuride jaotus hoone keskel, vasakus ja paremas tiivas (joonis 5.2.18) on ebahütlane ning mitmel juhul ka liiga kõrge. Samuti pole märgata temperatuurialandusmeetmeid, mis aitaksid kütteenergia kasutamist vähendada temperatuuride õigeaegse tõstmise ja langetamise abil.



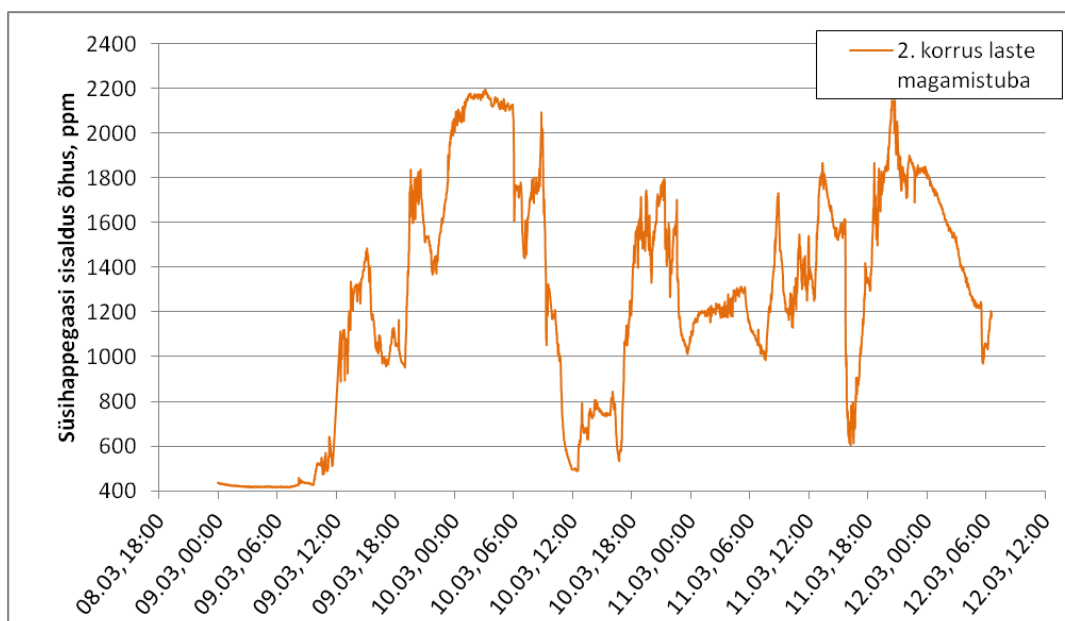
Joonis 5.2.18. Välisõhu temperatuur ja mõõdetud temperatuur siseruumides

Suhteline õhuniiskus on ruumides talve kohta keskmiselt madal. Sobiv suhtelise niiskuse tase on 2. korruse lastetoas. On märgata ruumide õhutamist (joonis 5.2.19), mis viitab süsihappegaasi kõrgele tasemele.



Joonis 5.2.19. Suhteline õhuniiskus siseruumides

Süsihappegaasi tase magamistoas ületab üksikutel öödel pea kahekordselt sisekliima standardites toodud soovituslikku maksimumi (joonis 5.2.20). Süsihappegaasi sisalduse kiire languse põhjustab ilmselt akna või ukse avamine.



Joonis 5.2.20 Süsihappegaasi sisaldus 2. korrusel paiknevas magamistoas

Kokkuvõte

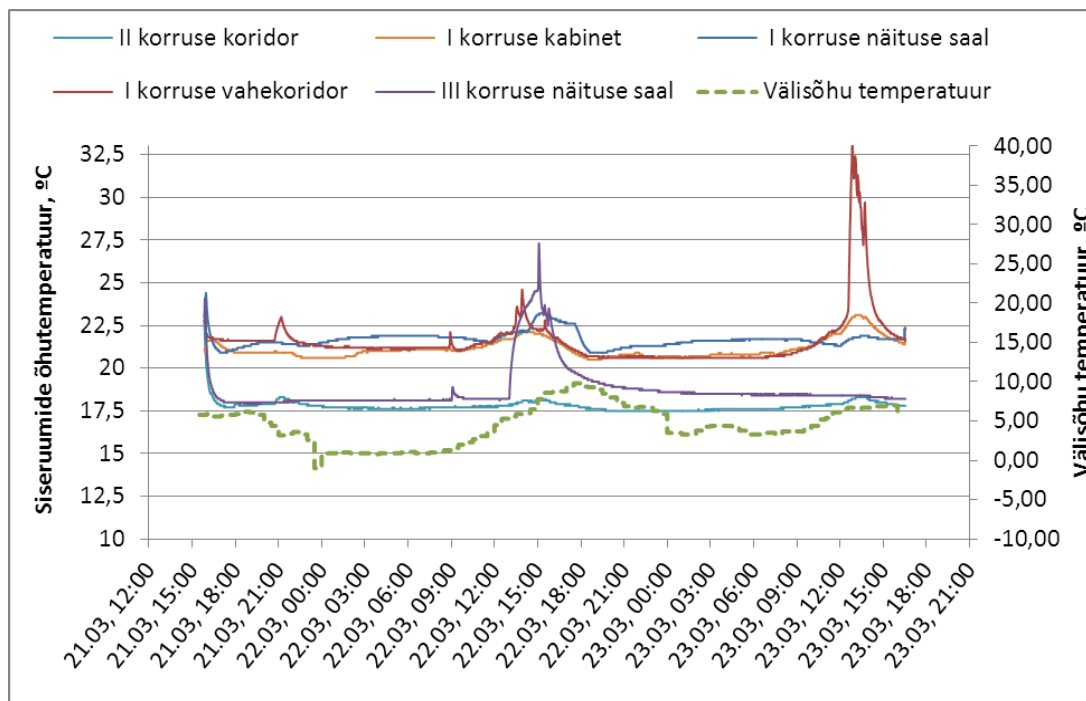
Vajalik on tasakaalustada küttepüstakud ning paigaldada temperatuuri reguleerimise võimalus küttesüsteemile, et toimuks keskmise temperatuuri langus öösiti. Samuti on hoone magamistubadesse vaja rajada mikrotuulutuse võimalus või paigaldada ruumidepõhised ventilatsioonigraadid.

5.2.5 Laulupeomuseum (Jaama tn 14)



Joonis 5.2.21. Laulupeomuseumi välisvaade

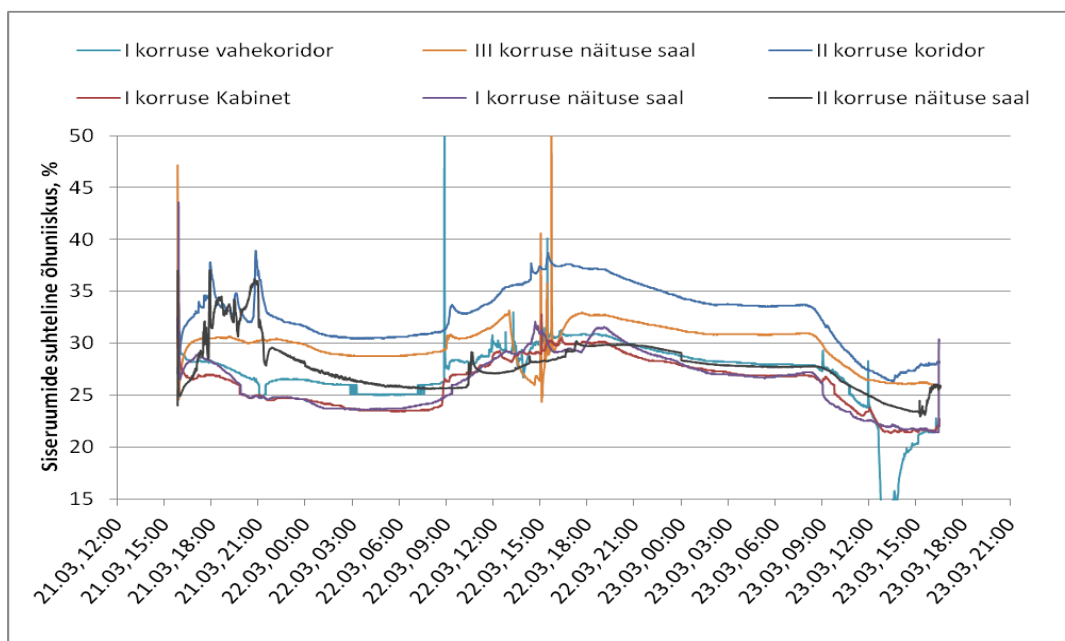
Sisekliima andmete kogumine toimus ajavahemikul kolmapäevast laupäevani (21.03...24.03). Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel.



Joonis 5.2.22. Välisõhu temperatuur ja mõõdetud temperatuur siseruumides

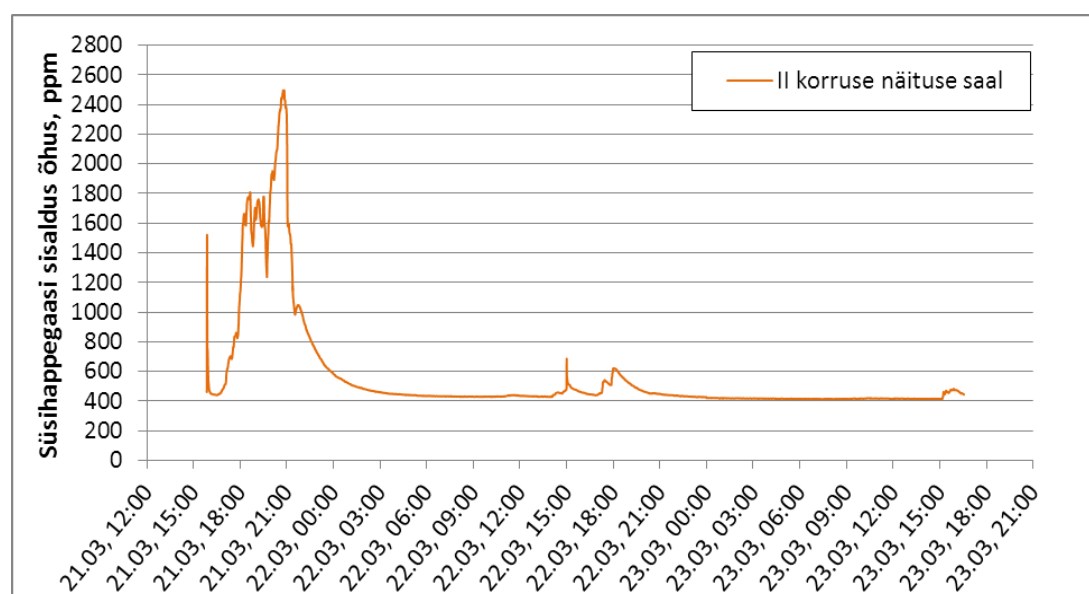
Esitatud välisõhu temperatuurid kõiguvad kohati suurtes piirides olenevalt muuseumi külaliste gruppide suuruselt ning gruppide ruumis viibimise kestusest. Temperatuurid pole liialt kõrged, kuid nende päevast ja öist reguleerimine tuleks võimaluse korral

rakendada. On hea, et (arvestades ruumide kasutust) saali temperatuur ja koridori temperatuur pole mitte 21-22 kraadi, vaid pigem 19 kraadi.



Joonis 5.2.23. Suhteline õhuniiskus siseruumides

Suhteline õhuniiskus (joonis 5.2.23) pole siseruumides kõrge ja sõltub paljuski välisõhu niiskusest.



Joonis 5.2.24. Süsihappegaasi sisaldus II korruse näitusesaalis

Süsihappegaasi tase II korruse saalis suureneb, kui suurem hulk inimesi viibib ruumis kauem ühe tunni (joonis 5.2.24). Jooniselt märkame kuidas mitmetunnise ürituse ajal suureneb süsihappegaasi tase kuni 2500 ppm-ni, mis omakorda hakkab pärssima ajutegevust liialt madala hapniku sisalduse tõttu veres. Seega ei suuda olemasolev

sundventilatsioon ruumi suurema kasutusintensiivse korral süsihappegaasi sisaldust viia alla soovitusliku normväärtuse.

Kokkuvõte

Küttesüsteemi tasakaalustamine ning öine temperatuuri madalamaks reguleerimine on meetmed, mis selle hoone puhul võimaldavad energiasäästu. Ruumi kasutuskormuse suurenemisel muutuvad temperatuuri, suhtelise niiskuse ja süsihappegaasi näidud oluliselt, seega tuleb suuremate ürituste korraldamisel mõelda õhuvahetuse suurendamisele väljatõmbeventilaatorite või lokaalsete, ruumipõhiste seadmete kasutamise läbi

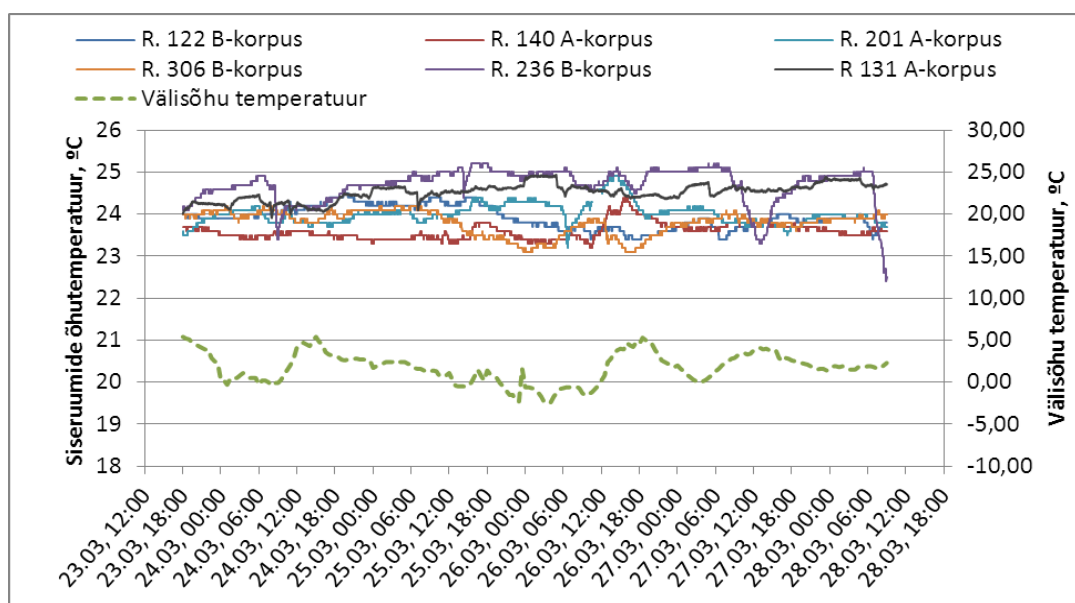
5.2.6 Hooldekodu (Liiva tn. 32/34/34a)



Joonis 5.2.25 Välisvaade Liiva tänava hooldekodust

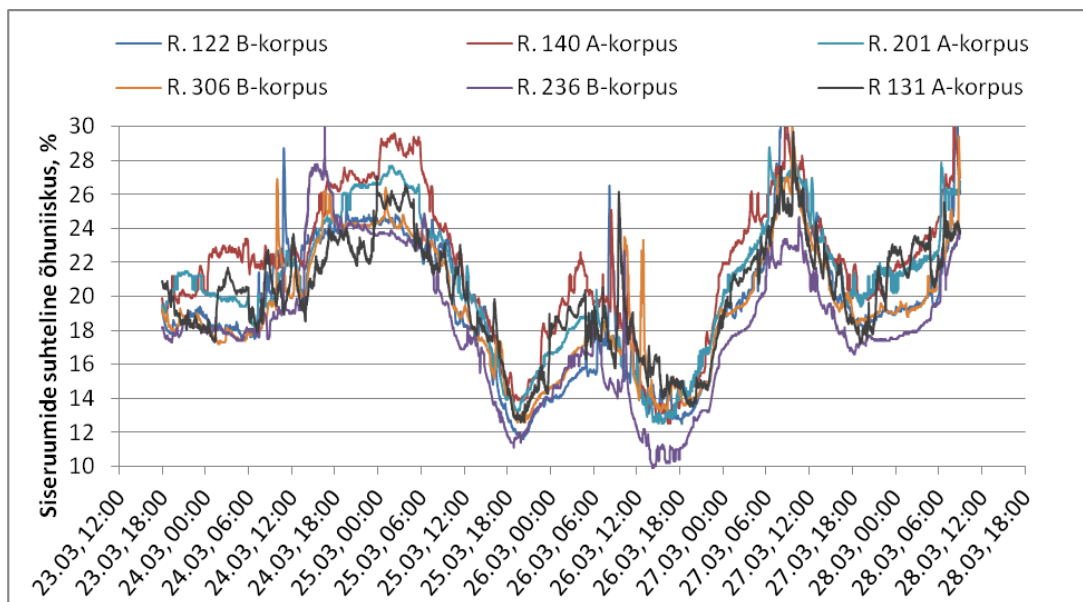
Sisekliima andmete kogumine toimus ajavahemikul reedest kolmapäevani (23.03...28.03). Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel.

Alltoodud jooniselt (joonis 5.2.26) on temperatuurikõikumiste alusel võimalik väita, et kõigis mõõdetud ruumides toimub radiaatorite soojusväljastuse reguleerimine. Samas temperatuurid siseruumides praktiliselt alla 23 kraadi ei lange, mis tõstab hoone energiakulusi märgatavalt. Kuivõrd tegemist on hooldekoduga, siis võib antud temperatuurivahemiku kasutamine olla tingitud elanike vajadusest. Reguleerimine peaks ideaaljuhul toimuma nii, et öised temperatuurid oleks reguleeritud võimaluse korral madalamaks. Lubatud temperatuurivahemikud hoolekandeesutuses on 19...27°C.



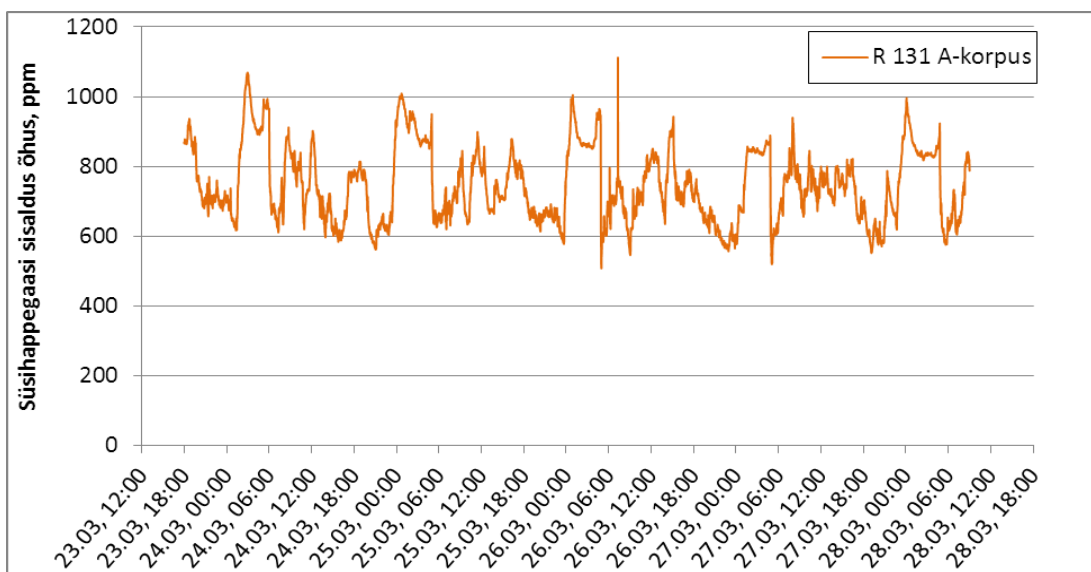
Joonis 5.2.26. Mõõdetud sise- ja välisõhu temperatuurid.

Siseruumide suhtelise õhuniiskuse tase (joonis 5.2.27) jäi mõõteperioodil alla 30%, mis on sisekliima soovitude kohaselt minimaalne lubatud suhteline õhuniiskus. Kuna süsihappegaasi andur näitas, et kahjulike gaaside tase on ruumides madal või piir peal, siis õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumidesse tuua niiskuse allikaid nagu näiteks taimed.



Joonis 5.2.27. Suhteline õhuniiskus siseruumides

Süsihappegaasi sisaldus ruumis 131 (joonis 5.2.28) kasvas vastavalt ruumi kasutusintensiivsusele: intensiivsem kasv toimus öisel perioodil, kuid 1000 ppm taset ületas CO₂ sisaldus vaid üksikudel kordadel. Seega võib järeldada, et ruumis on toimiv ventilatsioon.



Joonis 5.2.28. Süsihappegaasi sisaldus A-korpuses paiknevas ruumis 131

Kokkuvõte

Liiva tänava hooldekodu sisekliima olukord ning küttesüsteemide reguleeritus on vastavalt mõõtmistulemustele väga heal tasemel: siseruumide temperatuur jäi välistemperatuuri muutuste korral praktiliselt muutumatuks. Õist temperatuurilangetamist antud hoones ei rakendata, mis võib olla tingitud hoone kasutusotstarbest. Süsihappegaasi sisaldus ruumis 131 jäi mõõteperioodil enamasti alla 1000 ppm taseme. Hoone ruumides on madal õhuniiskuse taset, mis on tingitud asjaolust, et välisõhu niiskusesisaldus on tavaliselt kütteperioodil madal.

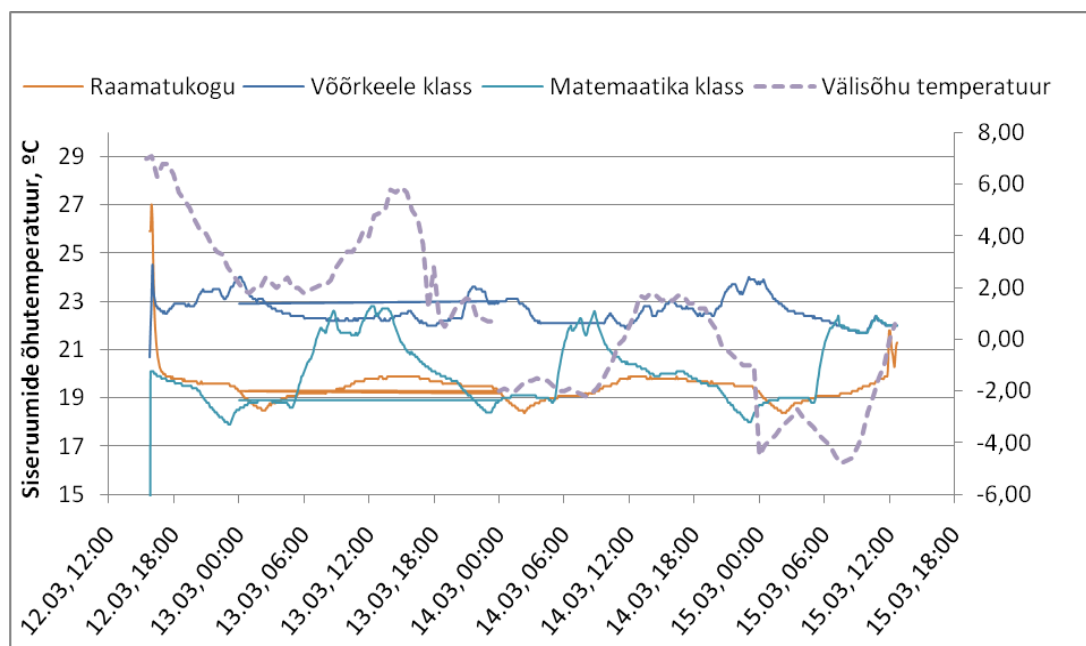
5.2.8. Hugo Treffneri gümnaasium (Munga 12)



Joonis 5.2.29 Munga 12 välisvaade

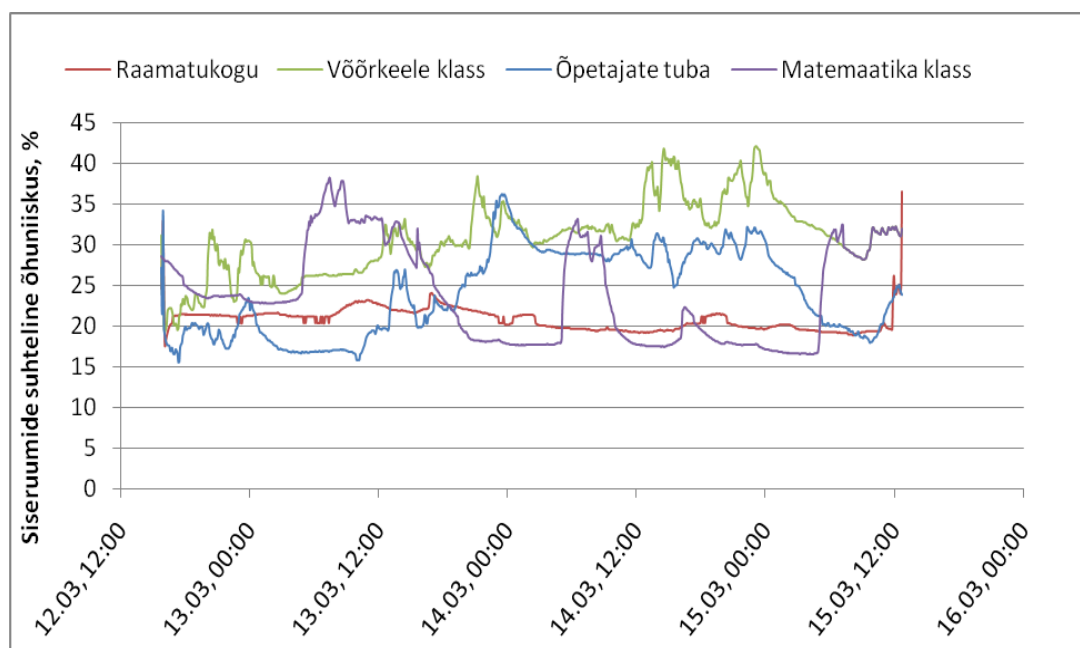
Sisekliima andmete kogumine toimus ajavahemikul reedest kolmapäevani (12.03...15.03). Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel.

Hoone korpuste küttesüsteemid on reguleeritud hoidma erinevaid temperatuure. Näiteks lõunapoolses keelteklassis on temperatuurid ühtlaselt kõrged ligi 23 kraadi, kuid vastavalt loode- ja põhjatiivas asuvad matemaatika klass ja raamatukogu on tunduvalt jahedamad.



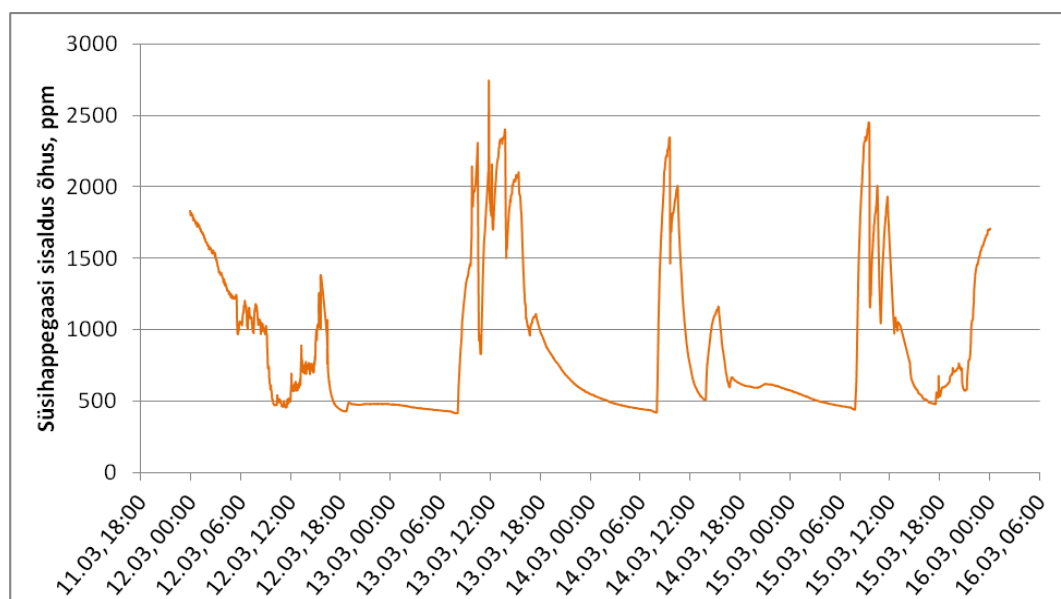
Joonis 5.2.30. Välisõhu temperatuur ja mõõdetud temperatuur siseruumides

Ruumides, va võõrkeele klass, on talve kohta sobiva suhtelise õhuniiskuse tase madal (joonis 5.2.31). Arvatavasti mõjutab suhtelise õhuniiskuse taset ka õpilaste kohalolek.



Joonis 5.2.31. Suhteline õhuniiskus siseruumides

Süsihappegaasi sisaldus hoone loodusklassis (joonis 5.2.32) tõuseb kasutusperioodil üle lubatud normväärtuste ehk üle 1000 ppm. Süsihappegaasi sisalduse tõustes väheneb ilmselt ka laste tähelepanuvõime ning seega tuleks ruume õhutada või mõelda erinevate ventilatsiooni- ja tuulutuslahenduste rakendamisele.



Joonis 5.2.32 Süsihappegaasi tase loodusklassis

Kokkuvõte

Hoone küttesüsteem vajab täiendavat reguleerimist siseruumide temperatuuride reguleerimise näol: hoone põhja- ja lõunaküljes esineb sisetemperatuuride erinevusi. Samuti on täiendavalt vaja reguleerida ventilatsiooni vastavalt ruumide päevasele maksimaalkasutusele nii, et vähendada süsihappegaasi taset klassiruumides.

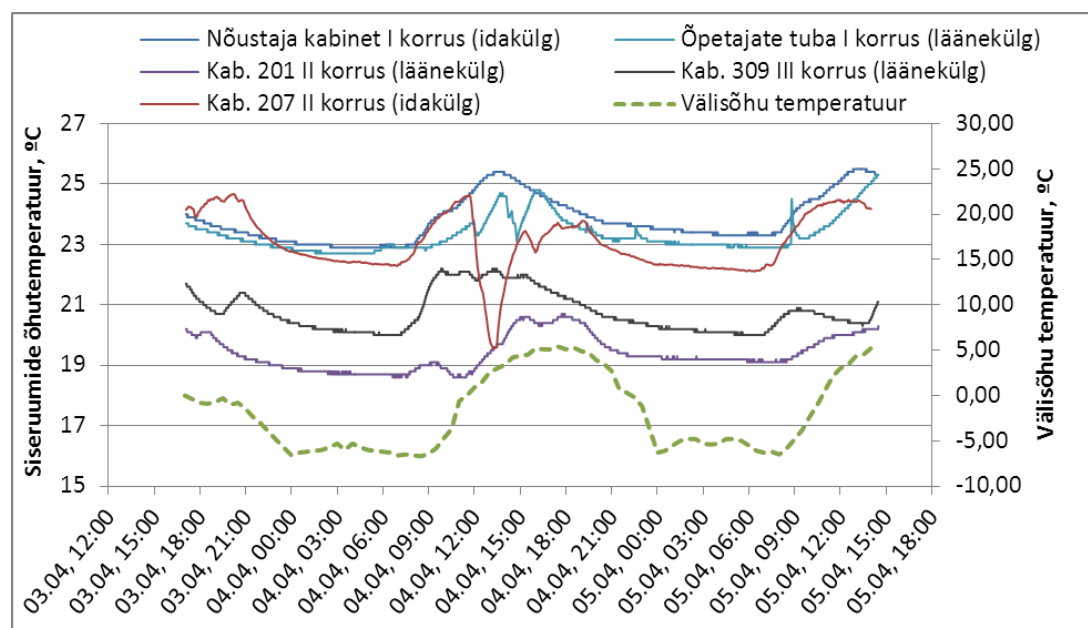
5.2.9 Täiskasvanute gümnaasium (Riia tn 25)



Joonis 5.2.33 Koolihoone fassaadivaade Riia tänavalt.

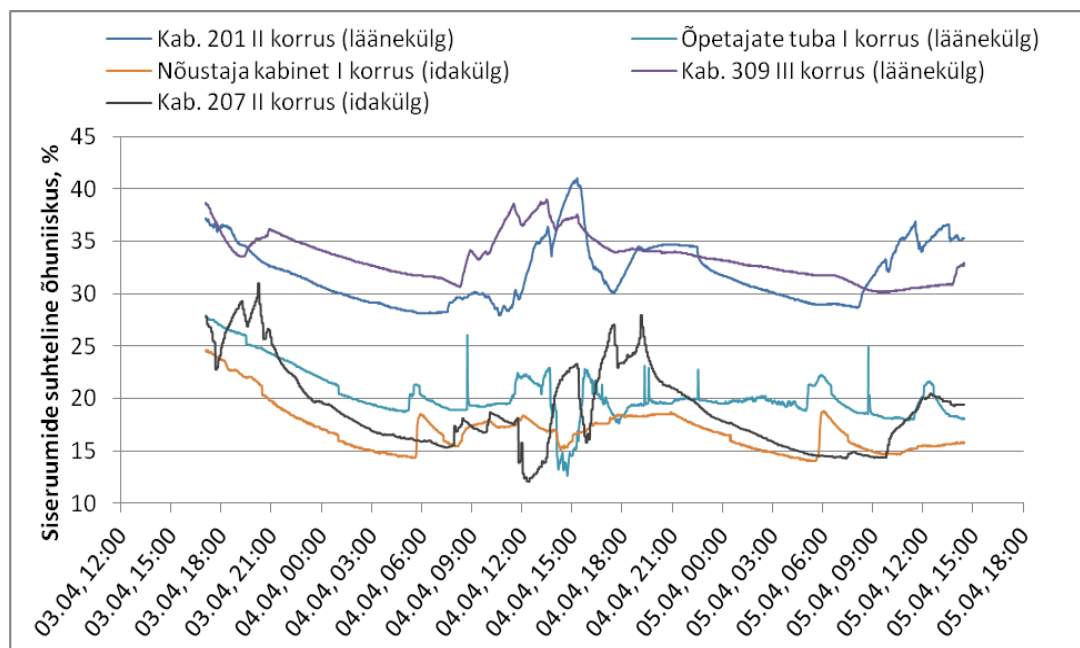
Sisekliima andmete kogumine toimus ajavahemikul teisipäevast neljapäevani (03.04...05.04). Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel.

Hoone siseõhu temperatuurid (joonis 5.2.34) on viiekraadise erinevusega ning seetõttu saab järeldada, et küttesüsteem pole tasakaalus. Läänepoolseid ruume on madalamate temperatuuridega kui idapoolseid ruume. Temperatuuride tõstmine ja alandamine toimub aga õigeaegselt vastavalt ruumide kasutusele, mis on väga hea näitaja. Samas tuleb kindlaks teha, kas põhjuseks on hoone kasutajate hulga suurenemine või kütteregulaatori käitumine.



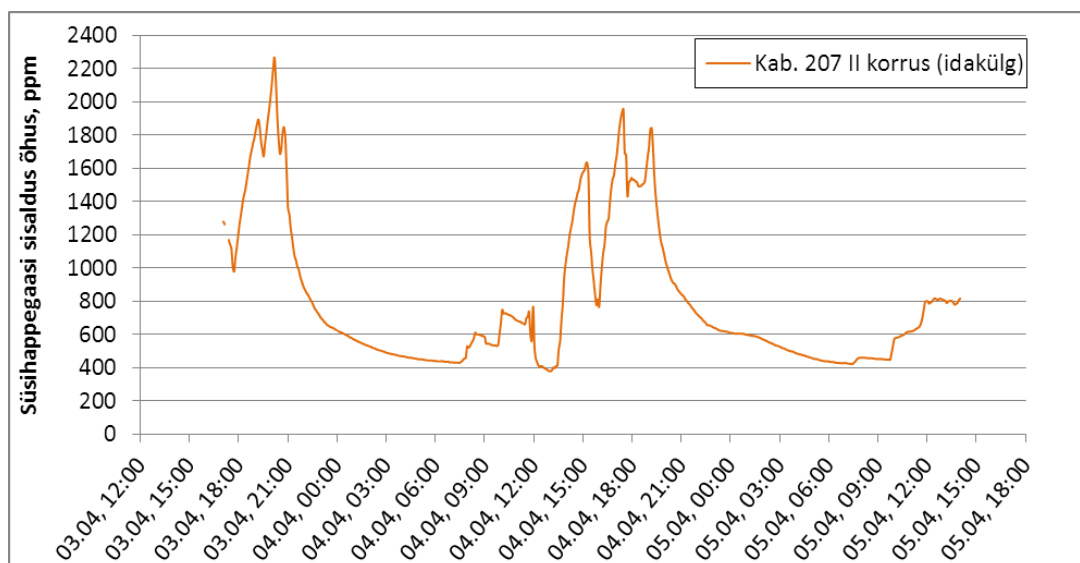
Joonis 5.2.34. Temperatuur mõõtepunktides ja välisõhu temperatuur

Suhtelise õhuniiskuse näitajad erinevad kogu hoone lõikes: seal kus temperatuur on kõrgem, on ka õhuniiskus madalam. Esineb suhtelise õhuniiskuse väärtusi alla 20%.



Joonis 5.2.35. Suhteline õhuniiskus siseruumides

Süsihappegaasi sisalduse alusel õhus (joonis 5.2.36) on märgata, et peamine ruumide kasutus on ajavahemikus 14:00...21:00. Õhu süsihappegaasi sisalduse mõõtmine näitab, et ruumis puudub õhuvahetus ja sellest tulenevalt suureneb õhu süsihappegaasi sisaldus ruumide kasutamisel. Aktiivsema ruumi kasutuse korral tuleks kindlasti vähemalt aknad ja uksed praakil hoida, et süsihappegaasi sisaldus liiga kõrgele ei läheks ning kasutajad uniseks ei muutuks.



Joonis 5.2.36. Süsihappegaasi sisaldus kabinetis 207

Kokkuvõte

Hoonele küttepüstakud tuleb reguleerida ning radiaatoritele tuleb paigaldada termostaatventiilid, mis aitavad hoones hoida ühtlasemat temperatuuri ja säästa energiat vabasoojuse arvelt. Süsihappegaasi taseme madalamal hoidmiseks tuleb ruume tihedamalt õhutada või paigaldada ruumipõhine ventileerimine just nendes ruumidesse, kus seda peamiselt vaja on.

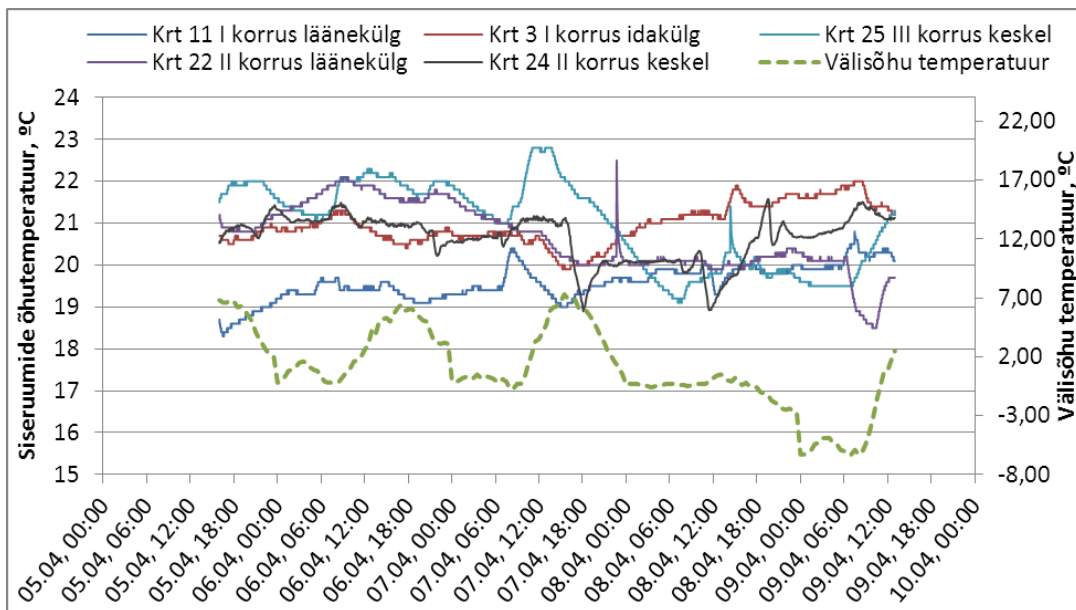
5.2.9 Sotsiaalkorterimaja (Puiestee tn. 79)



Joonis 5.2.37 Sotsiaalmaja fassaadivaade puiestee tänavalt.

Sisekliima andmete kogumine toimus ajavahemikul neljapäevast esmaspäevani (05.04...09.04). Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel.

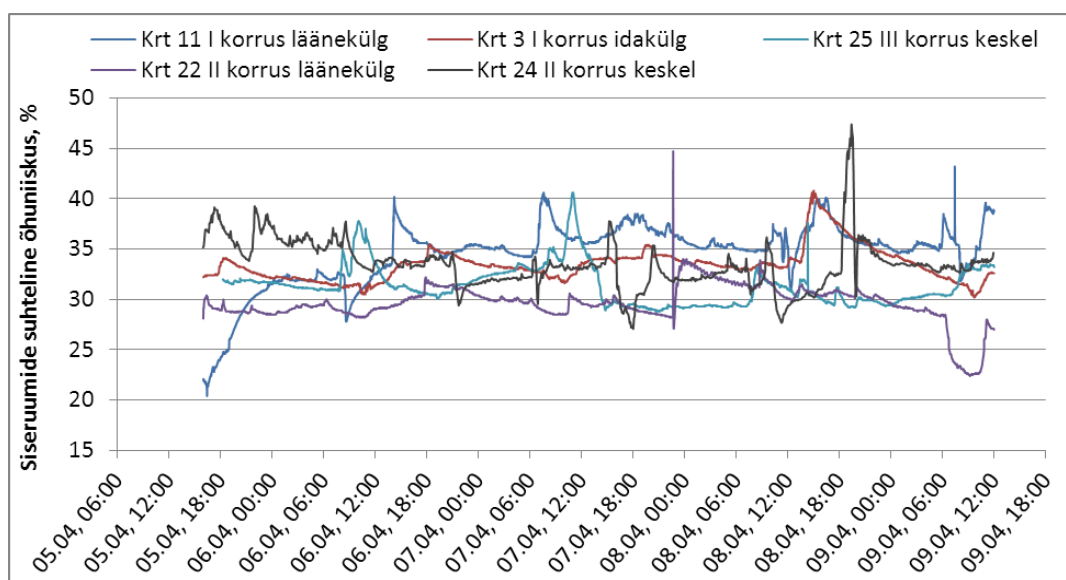
Hoone siseruumide temperatuurid on piirides 19-22 kraadi, mis on väga hea näitaja (joonis 5.2.38), kuid erinevad nii korruste kui ka korpuste lõikes. Samuti toimub temperatuuri reguleerimine vastavalt välisõhu temperatuurile, mis on samuti hea, kuid lisaks peaks vaatlema temperatuure siseruumides ning nende alusel küttevõimsust, kas tõstma või langetama. Selleks on hea kasutada termostaatventiile. Siseruumide temperatuur ei ole ühtlasel tasemel ning on näha, et välisõhu temperatuuri tõustes toimub ruumide temperatuuri langus.



Joonis 5.2.38. Välisõhu temperatuur ja mõõdetud temperatuur siseruumides

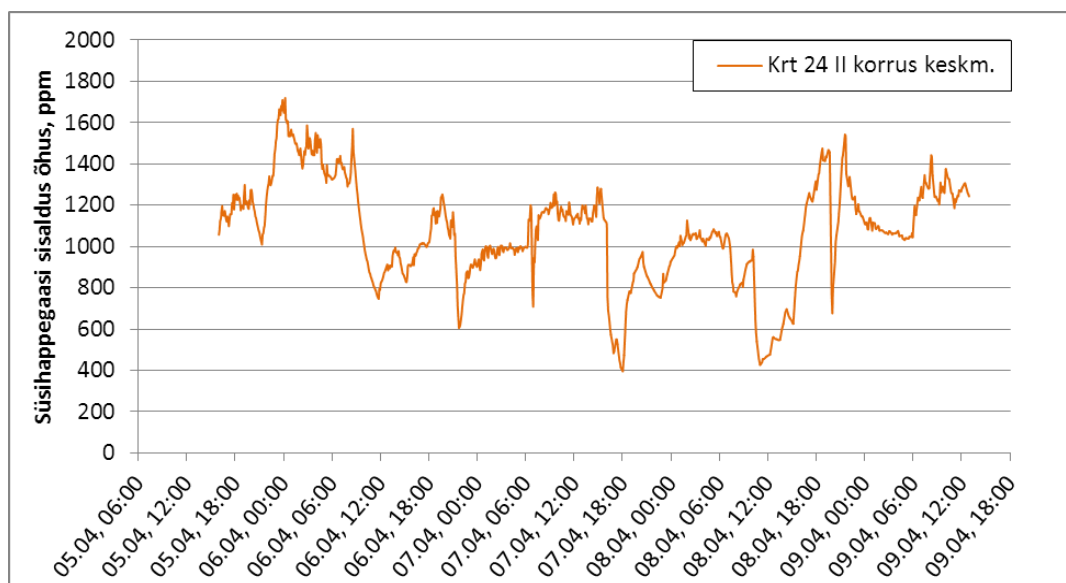
Suhteline õhuniiskus siseruumides (joonis 5.2.39) on mõõteperioodil enamasti vahemikus 30...40%. Aeg-ajalt esineb suhtelise õhuniiskuse järsku kasvamist, mis on tingitud siseruumides tehtavatest tegevustest. Ventilatsioon ei ole seega piisav, et ruumides tekkivat liigniiskust eemaldada. Liigniiskusest vabanetakse lisaõhutuse rakendamisega läbi akende lahti hoidmise, mis omakorda suurendab hoone energiatarvet.

Kuigi liigkõrgeid suhtelise õhuniiskuse tasemeid ei täheldatud, ei saa tähelepanuta jätta asjaolu, et mõningates III korruse korterites tekib talvel seinte ja katuslae ühenduskohtadesse „härmatise“ kiht, mis on ilmselt tingitud seinte ja katuslae ebapiisavast soojapidavusest. Piirdekonstruktsioonile, mille temperatuur on märkimisväärselt madalam siseruumi keskmisest temperatuurist, tekib õhuniiskuse kondenseerumine ka madala (20...30%) suhtelise õhuniiskuse korral. Kütteperioodi lõppedes täheldati liigset niiskust ka teistes korterites.



Joonis 5.2.39. Suhteline õhuniiskus siseruumides

Süsihappegaasi taset mõõdeti II korruse keskel paiknevas korteris (joonis 5.2.40). On näha, et süsihappegaasi tase ületab elanike ruumis viibimise ajal soovituslikku 1000ppm normväärtust ning langeb harva loodusliku fooni tasemele (400...500ppm).



Joonis 5.2.40. Süsihappegaasi sisaldus mõõdetud ruumis

Kokkuvõte

Puiestee 79 paikneva sotsiaalkorterimaja peamiste probleemidena toodi elanike poolt välja liigniiskust kütteperioodi lõppedes ning III korruse e. katusekorrusel tekkivat veeauru kondenseerumisest tingitud härmatise teket katuslaele. Seega vajavad tulevikus antud hoone puhul lahendamist soojustamise küsimused ning seejärel ventileerimise küsimused. Lihtsa energiasäästu meetmena tuleks kaaluda küttesüsteemi tasakaalustamist, kuivõrd mõõteperioodil oli I korrusel paiknevas korteris temperatuur kohati kuni 3 °C madalam, kui III korruse korteris. Samuti tuleks vältida küttesüsteemi liialt hilja sisse lülitamist ja varajast välja lülitamist.

Energiasäästu aitaks saavutada küttesüsteemi kiirem reguleerimine vastavalt välisõhu temperatuuri muutustele: seeläbi on võimalik ka vähendada akende lahti hoidmisest tekkivaid soojuskadusid kütteperioodil.

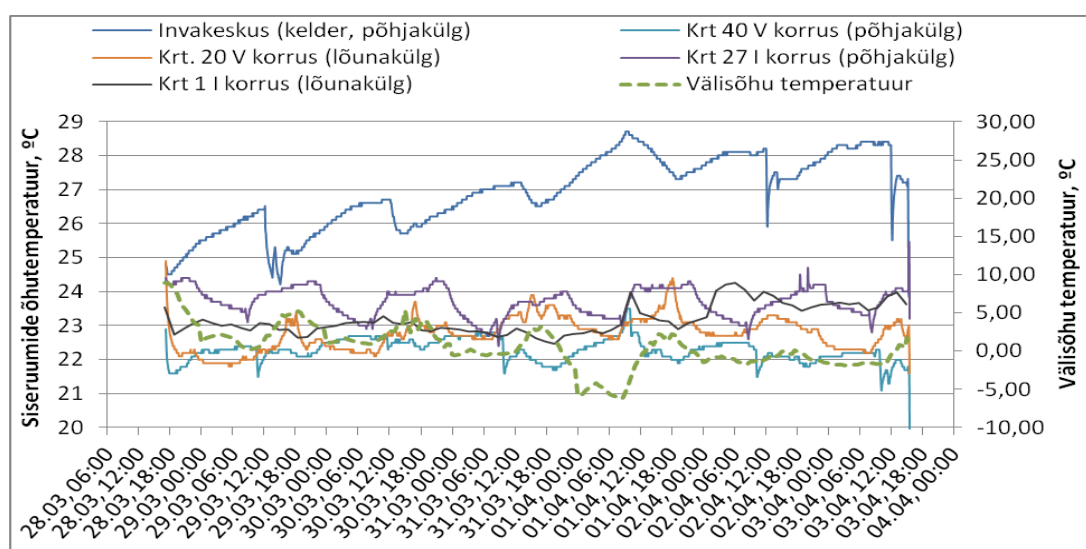
5.2.9 Sotsiaalkorterimaja (Kalda tee 40)



Joonis 5.2.41 Hoone fassaadivaade õuealalt

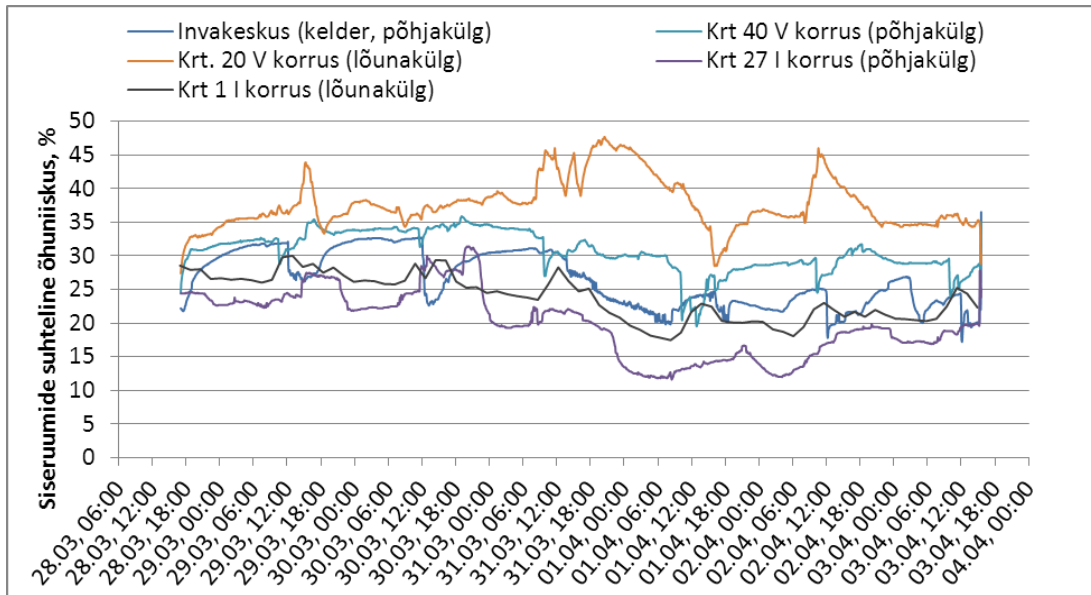
Sisekliima andmete kogumine toimus kolmapäevast kolmapäevani ajavahemikul (28.03...04.04). Kogutud andmed on esitatud alljärgnevatel joonistel.

Siseruumide temperatuurid (Joonis 5.2.42) püsisid mõõteperioodi vältel suhteliselt stabiilsena ka ajal, mil toimus langus välisõhu temperatuurides. Kuna keldris köetakse ruume küttesüsteemi torudega, siis toimub keldriruumide temperatuuride reguleerimine kiirelt vastavalt kütteregulaatori režiimi muutusele. Seetõttu on märgata, et välistemperatuuri tõustes langeb kiirelt ka keldri temperatuur, kuid samas temperatuuri langus korterite sisetemperatuuri ei kajastu. Kuigi mõõteperioodil oli siseruumide temperatuur vahemikus 21,5...23,5 °C, tuleb märkida, et külmemate ilmade puhul toimub elanike sõnul temperatuuri langus isegi 17 °C-ni. Osa elanikest kasutab soojuskadude vähendamiseks ruumides aknaäärte kinni teipimist, mis on küll soojakadude vähendamise nimel hea tegevus, kuid samas ruumi inimeste hulga suurenemisel tuleb jälgiva, et süsinikdioksiidi tase ei tõuseks liialt kõrgele.



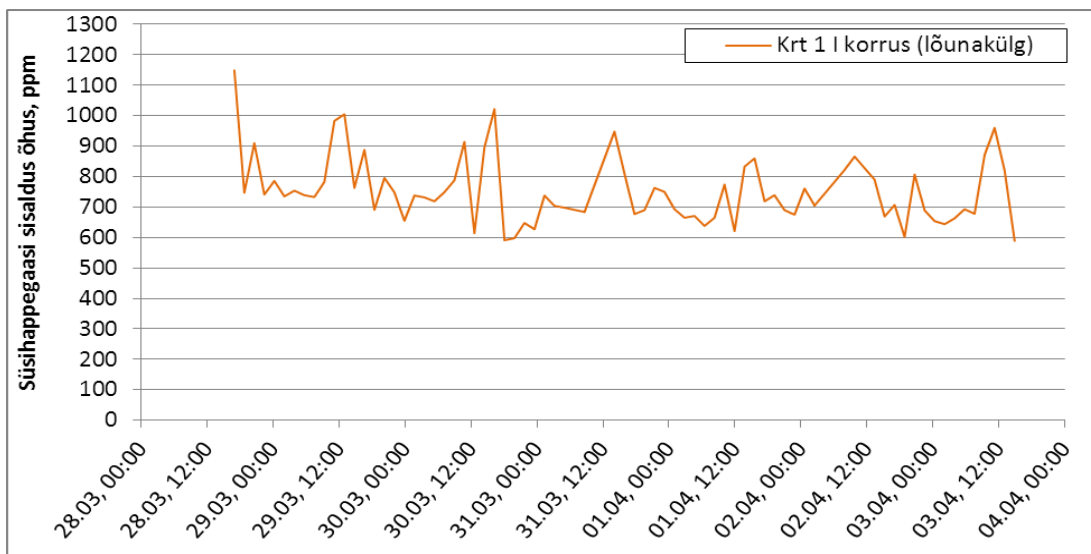
Joonis 5.2.42. Välisõhu temperatuur ja mõõdetud temperatuur siseruumides

Suhteline õhuniiskus korterites ületas 30% vaid perioodil, mil välistemperatuur oli 0 °C piirimaail (joonis 5.2.43). Alumiste korruste elanike sõnul on talvisel perioodil vajadus ruumide lisaniisutuseks. Selle jaoks asetatakse lahtised veenõud radiaatorite ligidusse. Välistemperatuuri langedes alla 0 °C toimub ka suhtelise õhuniiskuse vähenemine, kusjuures madalamate korruste õhk oli mõõteperioodil kuivem kui kõrgematel korrustel paiknevates korterites, sest sisetemperatuurid olid vastavalt üleval madalamad ja all kõrgemad.



Joonis 5.2.43. Suhteline õhuniiskus siseruumides

Süsihappegaasi taset mõõdeti I korruse lõunapoolses sektsioonis paiknevas korteris (joonis 5.2.44). Pikaajalisi CO₂ taseme tõuse üle normväärtuste ei täheldatud. Samas ei lange ka süsihappe gaasi tase korteris looduliku fooni tasemele.



Joonis 5.2.44. Süsihappegaasi sisaldus mõõdetud ruumis

Kokkuvõte

Põhiliseks probleemkohaks on Kalda tee 40 kortermajas ruumide ülemiste ja alumiste korterite temperatuuride erinevus ning samuti madal niiskusesisaldus kütteperioodil, mida praegusel juhul lahendatakse lahtiste veeanumate paigutamisega radiaatorite lähedusse. Samuti polnud märgata küttesüsteemist põhjustatud temperatuuride tõusu siseruumides, mis viitab sellele, et kütteregulaator on küll paigaldatud, kuid sisetemperatuuri muutustesse see olulist mõju ei avalda.

5.3 Sisekliima kokkuvõte

Kogutud andmete põhjal väidame, et kõikides hoonetes esineb teatavaid kõrvalekaldumisi standardijärgsetest sisekliima parameetritest, soovitud küttesüsteemi reguleerimisel või välispiirete soojapidavusest. Esile võib tuua küttesüsteemi küttepüstakute kaupa mittetasakaalus olemist, ebapiisavat reguleerimist vastavalt ruumide kasutusele ning samuti päevase ja öö kütterežiimi ebatäpset või olematut reguleerimist küttesõlmes. Sisekliimaga seotud probleemid on seotud peamiselt õhu kvaliteediga ning ka suhtelise niiskusega, kuigi talvel ongi suhtelise õhuniiskuse tase siseruumides madal ehk alla 30%. Kuna käesoleva uuringu ajalistesse raamidesse ei mahtunud küttesüsteemi täielik kaardistamine ja soojakadude arvutused, vaid probleemidele tähelepanu pööramine, siis esitatud väited ja ettepanekud võivad olla ka osalt ebatäpsed, kuid adresseerivad probleemi.

Täpsema energiasäästu tasuvusaja arutamiseks on vajalik hoonete täiendav uurimine ja mõõtmine. Selleks tuleb hoone igasse renoveeritavasse süsteemi süüvida põhjalikumalt, selgitada välja komponendid, nende tööpõhimõtted ning muudatuste tasuvus.

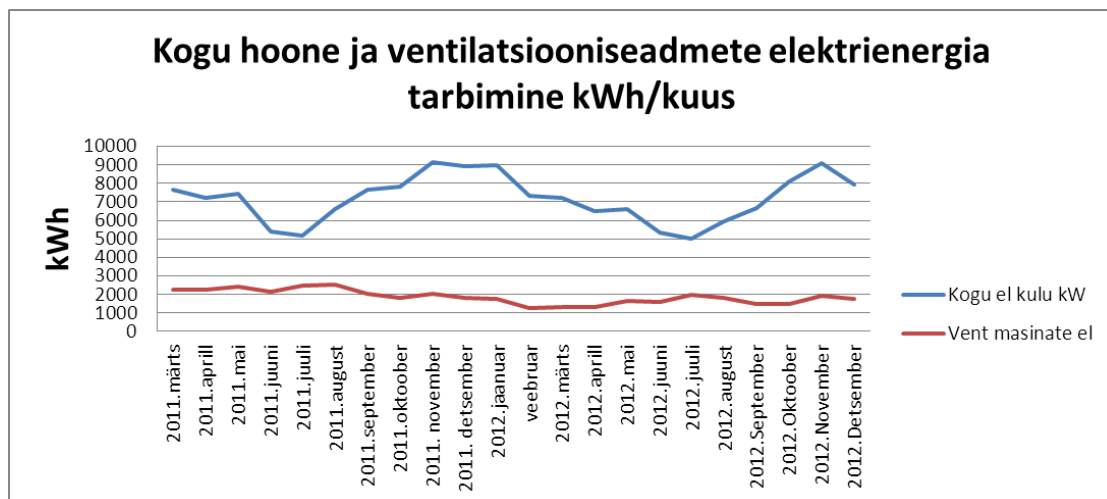
6. Haldushoonete ventilatsiooni energiakasutuse mõõtmine

Sissejuhatus

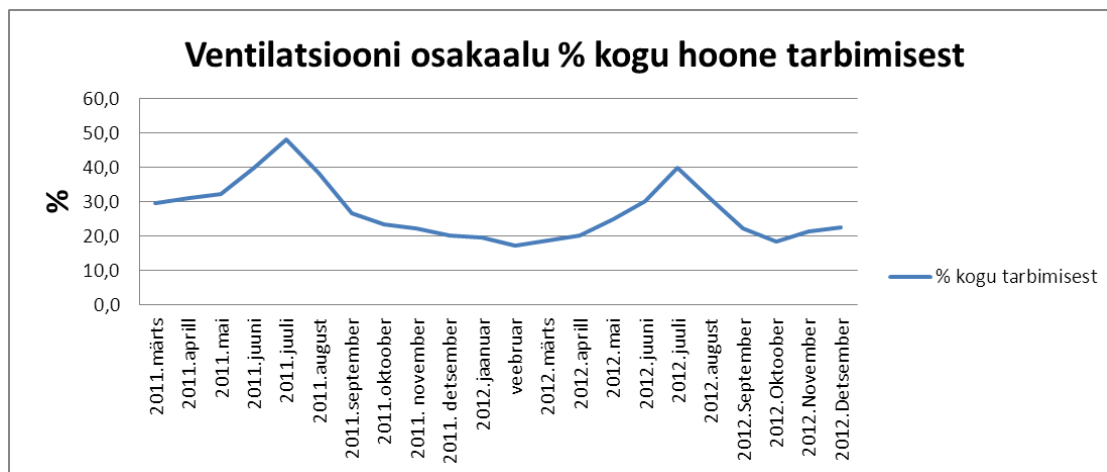
Haldushoonete ventilatsiooniseadmete elektrienergia mõõtmine viidi läbi kolmes Tartu lasteaias. Kuna ventilatsioon on uuemates lasteaedes väga oluline tehnoloogia komponenti sisekliima tagamiseks, siis Tartu Regiooni Energiaagentuuri ja Tartu Linnavalitsuse linnavarade osakonna koostöös paigaldati uutele lasteaedadele Klaabule ja Lottele ning renoveeritud lasteaiale Sipsikule eraldi elektrienergia mõõtmiseadmed. Elektrienergiat mõõdetavad seadmed mõõdavad nii hoone kogutarbimist, kui ka ventilatsiooni agregaatide tarbimist. Tänu mõõtmisandmetele on võimalik näha, kui suure osa moodustavad kogu hoone elektritarbimisest ventilatsiooniseadmed.

Mõõtmised algasid 2011 aasta märtsist ja kestavad veel tänaseni.

6.1. Lasteaed Klaabu ventilatsiooniseadmete elektrienergia tarbimise analüüs

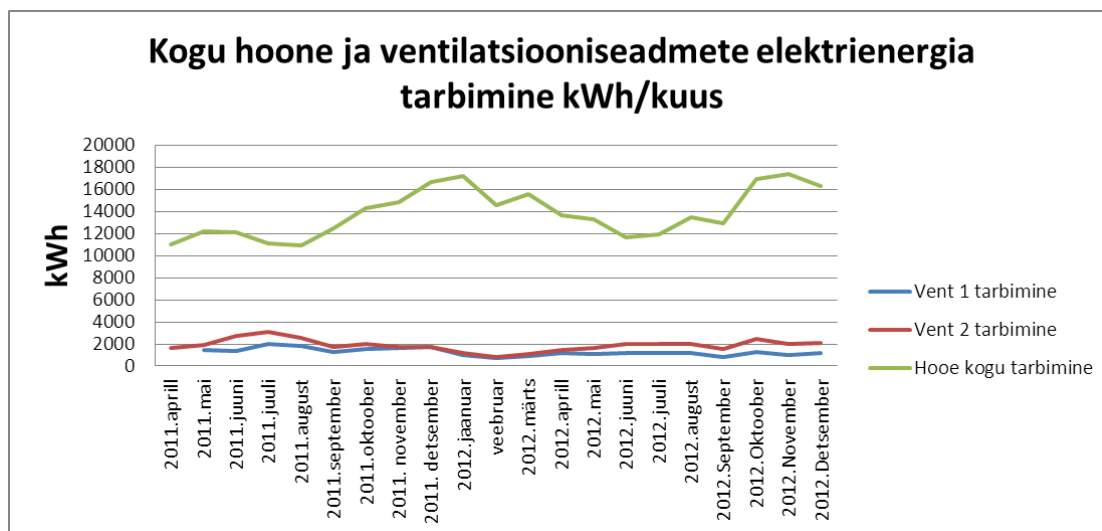


Joonis 6.1.1. Kogu hoone ja ventilatsiooniseadmete tarbimine aasta lõikes

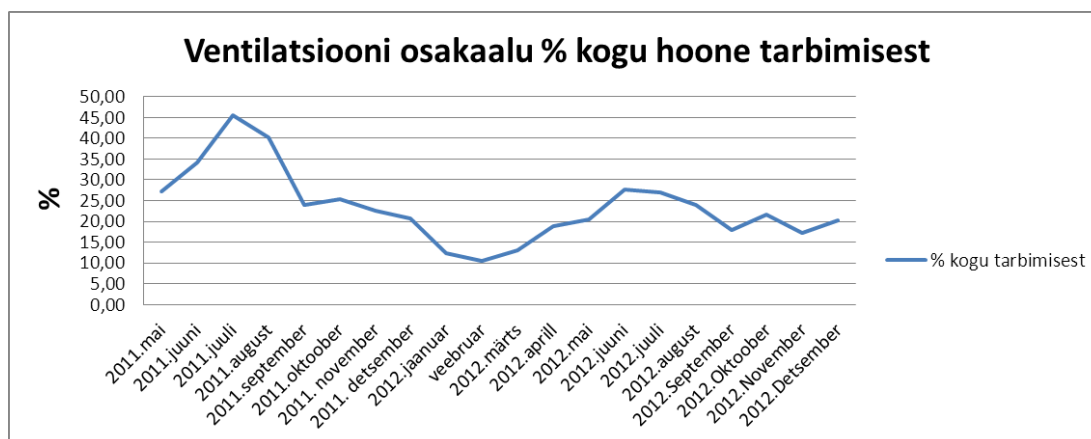


Joonis 6.1.2. Ventilatsiooni osakaalu % kogu hoone tarbimisest

6.2. Lasteaed Sipsiku ventilatsiooniseadmete elektrienergia tarbimise analüüs

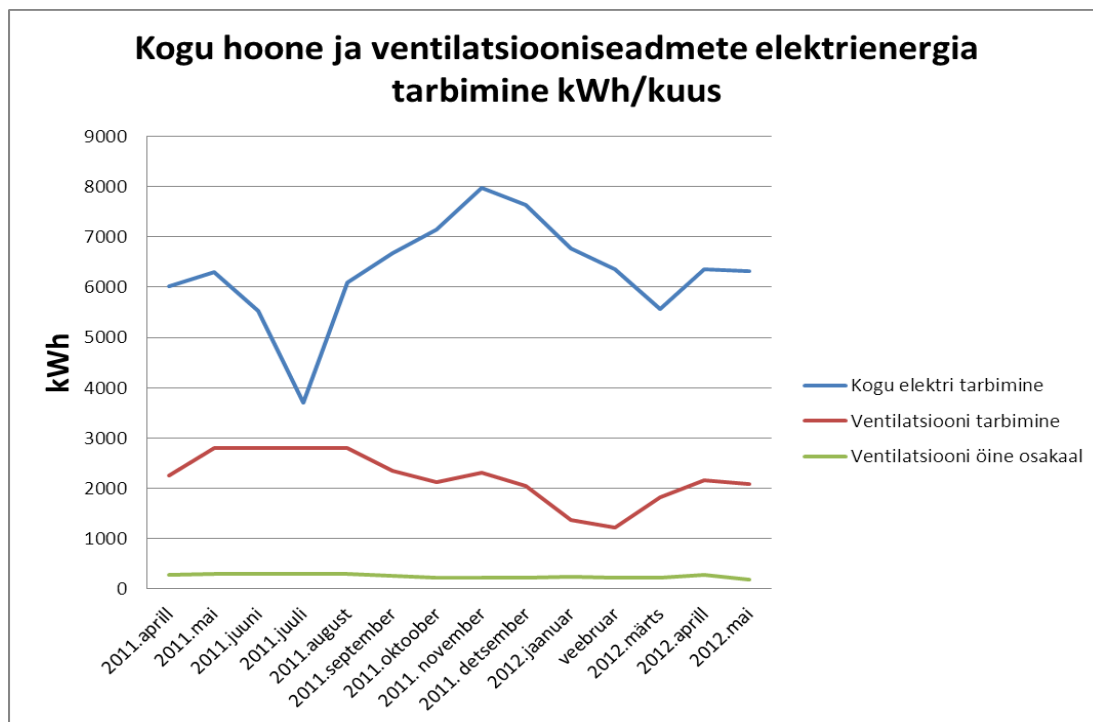


Joonis 6.2.1. Kogu hoone ja ventilatsiooniseadmete tarbimine aasta lõikes



Joonis 6.2.2. Ventilatsiooni osakaalu % kogu hoone tarbimisest

6.3. Lasteaed Lotte ventilatsiooniseadmete elektrienergia tarbimise analüüs



Joonis 6.3.1. Kogu hoone ja ventilatsiooniseadmete tarbimine aasta lõikes



Joonis 6.3.2. Ventilatsiooni osakaalu % kogu hoone tarbimisest

Kokkuvõte

Kolme lasteaia mõõtmisandmete graafikutelt on nähe, et ventilatsiooniseadmete tarbimine ulatub kogutarbimisest 10% kuni 70%. Keskmiselt on ventilatsiooniseadmete tarbimine kogu tarbimisest 30% ringis. Lasteaed Klaabu puhul on 22 kuu lõikes 27 %, lasteaed Sipsiku puhul on 20 kuu lõikes 23,5% ja lasteaed Lotte puhul on 14 kuud lõikes 37 %.

Graafikult on näha, kuidas suve lõikes ventilatsiooniseadmete tarbimine tõuseb ja hoone kogutarbimine väheneb. Ventilatsiooniseadmete tarbimine suureneb peamiselt jahutuse arvelt. Mida peaks edaspidi ka kõigi järgnevate uute ja renoveeritavate hoonete puhul ka arvestama, et jahutuse koormus oleks madal ja kasutaks ära rohkem ehituslikke elemente (päikesevarje) ja hoone ning akende paiknemist ilmakaarte suhtes.

7. Järeldused ja märkused

Tulemuste põhjal saab teha mõningaid olulisi kokkuvõtvaid järeldusi:

1. **Sisekliima aruande koostajate puhul tuli välja, et saamaks täpsemat energiasäästu tasuvusaja arvutamiseks on vajalik hoonete täiendav uurimine ja mõõtmine.** Selleks tuleb hoone igasse renoveeritavasse süsteemi süüvida põhjalikumalt, selgitada välja komponendid, nende tööpõhimõtted ning muudatuste tasuvus. Põhilised probleemid, mis ilmnesisid sisekliima parameetrite mõõtmistel oli, et hooned on üle köetud, radiaatorid ei ole tasakaalus. Samuti on probleeme kõrge CO₂ tasemega, kui inimeste kohalolijate hulk on suurem.

2. Kui õhuniiskus langeb allapoole 20 %, mis külmadel perioodidel kindlasti väga mitmetes hoonetes täna ka juhtub, siis soovitaks oleks kasutada lokaalseid õhuniisuteid, et ruumis olemine talutavamaks muuta, kuna kogu ventilaatsioonisüsteemi ümber ehitamine on suhteliselt kulukas. Teine võimalus on vähendada ka ruumide ventileeritavust, kus võimalik, et inimeste poolt tekkinud niiskus kohe välja ei ventileerita.

3. Tuleks kontrollida pikema perioodi peale siseruumide temperatuuri, õhuniiskust ja CO₂, kuna lühikese perioodi mõõtmisandmed ei pruugi olla piisavalt advekaatsed suuremate sisekliima probleemide avastamiseks.

4. Ehituskvaliteedi kohapealt vaadata üle kõikide hoonete akende kui nende paigaldamise kvaliteet.

5. Küttesüsteemide puhul oleks esialgne energiasääst olemasolevad probleemsemad küttesüsteemid tasakaalustada ja paigaldada termostaatventiilid, kui neid juba paigaldatud ei ole.

6. Osades hoonetes ei lubata maja suure arhitektuurse väärtuse tõttu välisseinu soojustada. Samas on soovitatav suurendada olemasolevat pööningu põranda soojustuskihi paksust. Parema õhuvahetuse tagamiseks ja madalamaks soojusenergiakuluks on soovitatav paigaldada soojustagastusega ventilatsioonisüsteem ja renoveerida küttesüsteem termostaatventiilidega reguleeritavaks kahetorusüsteemiks.
8. Energiasäästu potentsiaali leidmiseks tehnosüsteemide kohapealt, tuleks kaardistada ventilatsiooniagregaate ja kontrollida olemasolevate ventilatsiooniseadmete filtreid ning ventilatsiooniseadmete käitumist.
9. Kaaluda tehnoseadmete süsteemide töö piiramist lisaks nädalavahtuse järgi ka vabadel päevadel ja riigipühadel
10. Esimesel võimalusel parandada sadevee äravoolusüsteeme, et vältida piirete märgumist, hallitamist, jäätumist ja lagunemist.
11. Paljudes hoonetes on juba tehtud renoveerimistöid, kuid põhilised võimalused soojuse kokkuhoiuks on välisfassaadide soojustamine, pööningu/katuse soojustamine, küttesüsteemi renoveerimine, soojatagastusega ventilatsioon jne. Seega säästupotentsiaali on veel piisavalt, aga sellejaoks peaks tegema põhjalikuma uuringu konkreetsete objekti kohta eraldi ja tegema vastavad tasuvusarvutused.
12. Edasise vaatluse alla võtta hooned, mille energierikasutuse arvud on kõige suuremad. Kaartistada, millele soojus- ja elektrienergia põhiliselt kulub ja teostada tasuvusarvutused, et missugused energiatõhususe investeeringud on kõige mõistlikuma tasuvusajaga. On ka oht, et hoone ei tasu enam renoveerimist või peaks selle kasutusfunktsiooni muutma.
16. Renoveerimise puhul on kõige õigem teostada kohe täielik renoveerimine. Kuna omavalitsustel ei ole piisavalt ressursse, siis võiks rääkida järgnevatest renoveerimise etappidest.

- Soojussõlme torude soojustamine ja tasakaalustamine. Termostaatveniilide lisamine.
- Akende ja uste vahetus, kus tekib ka juba soojatagastusega ventilatsiooni vajadus, kuna õhuvahetus ei toimi enam endisel viisil.
- Seinte, katuse ja vundamendi soojustamine
- Küttesüsteemi renoveerimine ja uuesti tasakaalustamine
- Taastuveenergia seadmete analüüs. Näiteks päikesekollektorite kasutamise korral oleks võimalik katta osaline vajadus sooja tarbevee ja küttevee katmiseks.

KOKKUVÕTE

Tartu Regiooni teise etapi haldushoonete uuringu raames analüüsiti Tartu linnas asuvate koolide, raamatukogude, sotsiaalkorterelamute, ja spordihoonete energiakasutust tarbimisandmete järgi. Teostati paikvaaltus seitsmele hoonele, et saada ülevaadet üleüldisest välispiirete ja tehnosüsteemide seisukorrast ning energiatarbimise harjumustest, mis on üldine olukord ja mis on sama tüüpi hoonete põhiprobleemid. Ülevaatuse käigus fikseeriti hoone füüsiline seiskord sellisel määral, mis on oluline energiatarbimise seisukohast; hoone konstruktsioonide seisukorra hindamine nende füüsilise püsivuse või remondivajaduse seisukohast ei kuulunud käesoleva uuringu ülesannete hulka.

Kümnele hoonele teostati koostöös Eesti Maaülikooli Energiaklassiga sisekliimauuring, mille eesmärgiks on fikseerida Tartu linnale kuuluva kinnisvara sisekliima seisukord energiakasutuse, -tõhususe ning sisekliima kvaliteedi seisukohast. Uuring teostati 2012. aasta teises kvartalis.

Lisaks teostati kolmele lasteaiale ventilatsiooniseadmete energiatarbimise analüüs, et uurida, mis on ventilatsioonisüsteemi tarbimise osakaal kogu tarbimisest ja kuidas on tarbimisgraafik aasta lõikes.

Uuringu lõppfaasis on koostatud loetelu tulemustest ja järeldustest, mis on põhiprobleemid ja kuidas oleks mõistlikum edasi minna, kui soovitakse hakata tegema enegriasäästu ja efektiivsusele suunatud investeeringuid.