



Õppeasutuste sisekliima seireprogramm

Tööde tellija: Riigi Kinnisvara AS

Tööde teostaja: SA Eesti Mükoloogiaüuringute Keskus

Töögrupp:

Kalle Pilt – ekspert, töörühma juht

Tõnu Jõesaar – ekspert

Aare Vabamägi – ekspert

Tanel Kaart – ekspert

Siiri Vessmann – laborant

Karin Kirsimägi – assistent

Tartu 2017

Sisukord

| | |
|---|-----|
| Sissejuhatus | 3 |
| Tartu Emajõe Kool..... | 7 |
| Nõo Reaalgümnaasium | 26 |
| Tartu Jaan Poska Gümnaasium..... | 44 |
| Viljandi Jakobsoni Kool..... | 58 |
| Viljandi Gümnaasium | 66 |
| Jõgevamaa Gümnaasium | 77 |
| Tallinna Muusikakeskkool | 99 |
| Avinurme Keskkool..... | 113 |
| Kiigemetsa Kool | 126 |
| Valga Jaanikese Kool..... | 137 |
| Kammeri Kool..... | 150 |
| Tallinna Mustamäe Humanitaargümnaasium..... | 158 |
| Georg Otsa nimeline Tallinna Muusikakool..... | 174 |
| Kallemäe Kool | 185 |
| Tallinna Linnamäe Vene Lütseum | 195 |
| Noarootsi Gümnaasium | 205 |
| Läänemaa Ühisgümnaasium | 217 |
| Jõhvi Gümnaasium..... | 230 |
| Narva Vanalinna Riigikool | 238 |
| KOKKUVÕTE | 247 |
| Lisa 1. Sissejuhatava loengu slaidid (lisatud elektrooniliselt)..... | 253 |
| Lisa 2. Tunniplaamid (lisatud elektrooniliselt). | 253 |
| Lisa 3. Kasutatud seadmete tehnilised andmed..... | 253 |
| Lisa 4. Graafik | 255 |
| Lisa 5. Õhu mikrobioloogilise analüüsi tulemused | 255 |
| Lisa 6. Mõõtmiste toorandmed (lisatud elektrooniliselt). | 258 |
| Vastused Tellija küsimustele (esitatud tööde teostajale pärast uuringutulemuste selgumist): | 259 |

Sissejuhatus

Vastavalt Riigi Kinnisvara AS (edaspidi RKAS) ja Eesti Mükoloogiauringute Keskus SA (edaspidi EMÜK) vahel sõlmitud töövõtulepingule T11151/16 teostas EMÜK üheksateistkümnes koolis, igas koolis kümnes ruumis, sisekliima mõõdistusi. RKASe eesmärk oli saada sisekliima olukorrast ülevaade ja võimalikud juhtnöörid probleemide parendamiseks, harida hoone kasutajaid (õpilased ja koolipere) sisekliima olulisuse seisukohast ja hoonete tehnohooldajaid tehnosüsteeme hooldama parimal võimalikul moel, mis tagab parima võimaliku sisekliima pidades silmas energiasäästu. EMÜK sai Tellijalt enda kasutusse 51 monitor-logerit E6226, nende seadmetega mõõdeti 5 esimest kooli 2016 aastal (vt. Tabel 1). Kuna selgus, et seadmed olid ebakvaliteetsed, siis tarnis RKAS jaanuaris 2017 uued seadmed Delta OHM HD35 (4 komplekti igas 10 andurit), millega teostati allesjäänud 14 kooli sisekliima mõõtmised. Seadmete mõõtepunktis hoidmise aeg oli minimaalselt 30 kalendripäeva aktiivse kooliaasta jooksul. Algselt plaaniti mõõdistada perioodil, mil kolme järjestikuse ööpäeva keskmine temperatuur on alla +5°C, kuid arvestades probleeme seadmetega ning 2016/17 aasta talve eripära, loobus RKAS antud nõudest. Seadmete tehnilised andmed on toodud Lisas 3.

Koolid valis RKAS oma haldusalas olevate koolide hulgast. Siseõhu parameetreid mõõdeti iga viie minuti tagant. Mõõdetavateks parameetriteks olid õhu suhteline niiskus, temperatuur ja CO₂ sisaldus ruumiõhus. Mõõtmised teostati 30 kalendripäeva jooksul ning salvestati isesalvestavatele logeritele. Mõõtmisperiood oli ajavahemiku 19.september 2016 – 01.juuni 2017 vahel. Koolides teostatud mõõtmise aeg on toodud tabelis 1.

| Nr | Kool | Seadmete arv | Logerite ülespaneku kuupäev | 30 päeva mõõtmise algusest | Logerite mahavõtmise kuupäev |
|-----------|--|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Tartu Emajõe Kool | 10 | 19.09.2016 | 19.10.2016 | 19.10.2016 |
| 2 | Nõo Reaalgümnaasium | 10 | 20.09.2016 | 20.10.2016 | 31.10.2016 |
| 3 | Tartu Jaan Poska Gümnaasium | 10 | 26.09.2016 | 26.10.2016 | 28.10.2016 |
| 4 | Viljandi Jakobsoni Kool | 10 | 30.09.2016 | 30.10.2016 | 11.11.2016 |
| 5 | Viljandi Gümnaasium | 10 | 7.10.2016 | 6.11.2016 | 11.11.2016 |
| 6 | Jõgevamaa Gümnaasium | 10 | 11.01.2017 | 10.02.2017 | 10.02.2017 |
| 7 | Tallinna Muusikakeskkool | 10 | 5.01.2017 | 4.02.2017 | 6.02.2017 |
| 8 | Avinurme Keskkool | 10 | 11.01.2017 | 10.02.2017 | 10.02.2017 |
| 9 | Kiigemetsa Kool | 10 | 11.01.2017 | 10.02.2017 | 10.02.2017 |
| 10 | Valga Jaanikese Kool | 10 | 13.02.2017 | 15.03.2017 | 15.03.2017 |
| 11 | Kammeri Kool | 10 | 13.02.2017 | 15.03.2017 | 15.03.2017 |
| 12 | Tallinna Mustamäe Humanitaargümnaasium | 10 | 16.02.2017 | 18.03.2017 | 27.03.2017 |
| 13 | Georg Otsa nimeline Tallinna Muusikakool | 10 | 18.02.2017 | 20.03.2017 | 27.03.2017 |
| 14 | Kallemäe Kool | 10 | 17.03.2017 | 16.04.2017 | 21.04.2017 |

| Nr | Kool | Seadmete arv | Logerite ülespaneku kuupäev | 30 päeva möötmise algusest | Logerite mahavõtmise kuupäev |
|----|--------------------------------|--------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 15 | Tallinna Linnamäe Vene Lütseum | 10 | 27.03.2017 | 26.04.2017 | 28.04.2017 |
| 16 | Noarootsi Gümnaasium | 10 | 28.03.2017 | 27.04.2017 | 4.05.2017 |
| 17 | Läänemaa Ühisgümnaasium | 10 | 28.03.2017 | 27.04.2017 | 4.05.2017 |
| 18 | Jõhvi Gümnaasium | 10 | 2.05.2017 | 1.06.2017 | 1.06.2017 |
| 19 | Narva Vanalinna Riigikool | 10 | 25.04.2017 | 25.05.2017 | 1.06.2017 |

Tabel 1. Koolide loetelu ja möödistusperiood

Igas koolis ühes ruumis, kus oli sissejuhatav loeng, möödeti ka ruumiõhu mikrobioloogilist koostist. Kuna möödistus oli ühekordne ja ainult ühes ruumis, siis aruandes pole tulemusi kajastatud. Ruumiõhu hallitussente pesa moodustavate ühikute (PMÜ) arv ühes kuupmeetris ruumiõhus jäi vahemikku 3-267 PMÜ/m³. Kokkuvõttev tabel möödistuste tulemustest on toodud Lisas 5. Koolides, kus möödistused toimusid talveperioodil miinuskraadidega, välisõhust mikrobioloogilisi proove ei võetud. Ülejäänud perioodil võeti proovid ka välisõhust. Kokkuvõtteks võib öelda, et hallitussente kontsentratsioonid ja liigiline koostis jäi kõikides möödistatud ruumides lubatud piiridesse, mis ei tekita terve immuunsussüsteemiga inimestele tervisehäireid.

Lisaks seiretöödele ja andmeanalüüsile viis EMÜK õppeasutustes läbi kaks loengut. Esimene loeng toimus enne logerite paigaldamist, mis tutvustab seireprogrammi üldisemalt, sisekliima olulisust ja selle parameetreid. Käsitleti teemasid: mis on sisekliima, selle mõju inimestele ja millele tuleks tähelepanu pöörata (loengu slaidid on toodud Lisas 1, lisatud elektrooniliselt). Loengute eesmärgiks oli nii õpilaste kui kogu koolipere teadlikkuse tõstmine. Kokkuvõtva loengu eesmärk oli selgitada uuringust selgunud tulemusi, võimalikke probleeme, sellega kaasnevad võimalikke terviseprobleeme ja õpitulemuse langust (kui on tuvastatud) ning parandusettepanekud. Loengute sihtrühm oli õpilased ja kooli personal. Loengute ajad ja loengutel osalenute arv on toodud tabelis 2.

| Nr | Kool | I loeng | Osalejate arv | II loeng | Osalejate arv |
|----|-----------------------------|------------|---------------|-------------|---------------|
| 1 | Tartu Emajõe Kool | 19.09.2016 | 22 | 31.10.2016 | 13 |
| 2 | Nõo Reaalgümnaasium | 20.09.2016 | 60 | 14.11.2016 | 53 |
| 3 | Tartu Jaan Poska Gümnaasium | 26.09.2016 | 82 | 14.11.2016 | 0 |
| 4 | Viljandi Jakobsoni Kool | 30.09.2016 | 26 | 16.11.2016 | 39 |
| 5 | Viljandi Gümnaasium | 7.10.2016 | 34 | 18.11.2016 | 38 |
| 6 | Jõgevamaa Gümnaasium | 2.11.2016 | 6 | 12.04.2017 | 10 |
| 7 | Tallinna Muusikakeskkool | 7.11.2016 | 83 | ei toimunud | 0 |
| 8 | Avinurme Keskkool | 15.11.2016 | 50 | 12.04.2017 | 33 |
| 9 | Kiigemetsa Kool | 11.01.2017 | 23 | 12.04.2017 | 35 |

| Nr | Kool | I loeng | Osalejate arv | II loeng | Osalejate arv |
|----|--|-------------|---------------|-------------|---------------|
| 10 | Valga Jaanikese Kool | 13.02.2017 | 16 | 10.04.2017 | 27 |
| 11 | Kammeri Kool | 13.02.2017 | 20 | 10.04.2017 | 29 |
| 12 | Tallinna Mustamäe Humanitaargümnaasium | 16.02.2017 | 58 | 23.05.2017 | 49 |
| 13 | Georg Otsa nimeline Tallinna Muusikakool | ei toimunud | 0 | ei toimunud | 0 |
| 14 | Kallemäe Kool | 17.03.2017 | 35 | 21.04.2017 | 41 |
| 15 | Tallinna Linnamäe Vene Lütseum | 27.03.2017 | 22 | 5.05.2017 | 36 |
| 16 | Noarootsi Gümnaasium | 28.03.2017 | 27 | 16.05.2017 | 23 |
| 17 | Läänemaa Ühisgümnaasium | 28.03.2017 | 107 | 16.05.2017 | 109 |
| 18 | Jõhvi Gümnaasium | 2.05.2017 | 105 | 2.06.2017 | 81 |
| 19 | Narva Vanalinna Riigikool | 25.04.2017 | 70 | 2.06.2017 | 34 |

Tabel 2. Loengute toimumise ajad ning osalenute arvud

Andmete töötlemisel kasutati koolide poolt edastatud tunniplaane (lisa 2 elektrooniliselt), mille põhjal määrati klassiruumides tundide toimumise ajad. Ruumide aeg jagati nelja ajajaotusse – tunni aeg, vahetunni aeg ja ööaeg. Viimasesse alajaotusse arvestati nii öötunnid kui nädalavahetuse tunnid. Kahjuks polnud võimalik salvestada klassiruumis viibinud õpilaste arvu iga tunni ajal.

Teiseks kasutati andmetöötusel Eesti Meteoroloogia- ja Hüdroloogia Instituudi poolt väljastatud välisõhu temperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse näitajaid, mis olid salvestatud iga tunni aja tagant koolile kõige lähemas mõõtepunktis.

Analüüsi käigus otsiti vastuseid küsimustele:

- Kas sisekliima vastab nõuetele?
- Millistes ruumides ei vasta sisekliima nõuetele?
- Analüüs, mis on võimalikud mittevastavuse põhjused.
- Kas probleemid on tehnilised või kasutatakse olemasolevaid süsteeme vääriti?
- Ettepanekud olukorra parandamiseks ja lahendamiseks.

Tulemused esitatakse käesolevas kokkuvõttes koolide lõikes. Igas koolis analüüsitakse iga klassiruumi eraldi. Kokkuvõttes tuuakse välja koolide üldise seisundi hinnang ning ettepanekud sisekliima parandamiseks koolides. Sisekliimale esitatavad nõuded vastavalt Vabariigi Valitsuse määrusele [Tervisekaitse nõuded koolidele. Vastu võetud 30.05.2013 nr 84 avaldatud RT I, 31.05.2013, 12](#) § 12. Nõuded siseõhule on alljärgnevad:

(3) Öpperuumi ühes liitris siseõhus võib olla keskmiselt kuni 1000 mikrolitrit (ppm) süsinikdioksiidi.

(5) Õpperuumi siseõhu optimaalne suhteline niiskus peab olema vahemikus 40% kuni 60%. Talvel võib nädala keskmine suhteline niiskus langeda 25%-ni ja suvel tõusta 70%-ni.

(6) Õhutemperatuur peab olema õpperuumis vähemalt 19 °C, võimlemissaalis vähemalt 18 °C ja duširuumis vähemalt 24 °C. Õhutemperatuuri mõõtmiseks peab õpperuumis olema termomeeter.

Kõikide mõõtmiste toorandmed on lisatud käesolevale kokkuvõttele (Lisa 6 elektrooniline) elektrooniliselt eraldi failidena koolide lõikes.

Tartu Emajõe Kool

Mõõdistuste aeg: 19.september 2016 – 19.oktoober 2016

Analüüsitud ruumide loetelu:

- ▶ Õpilaskodu esimese korruse saal
- ▶ Õpilaskodu 0 korrus söögisaal
- ▶ Õpilaskodu esimese korruse ruum 106
- ▶ Õpilaskodu teise korruse puhkeruum
- ▶ Õpilaskodu kolmas korrus ruum 325
- ▶ Koolimaja muusikaklass 106
- ▶ Koolimaja esimese ja teise klassi ruum 114
- ▶ Koolimaja klassiruum 205
- ▶ Koolimaja arvutiklass 208
- ▶ Koolimaja võõrkeelte klass 309

Mõõdistusseadmed: Monitor-logger E6226, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

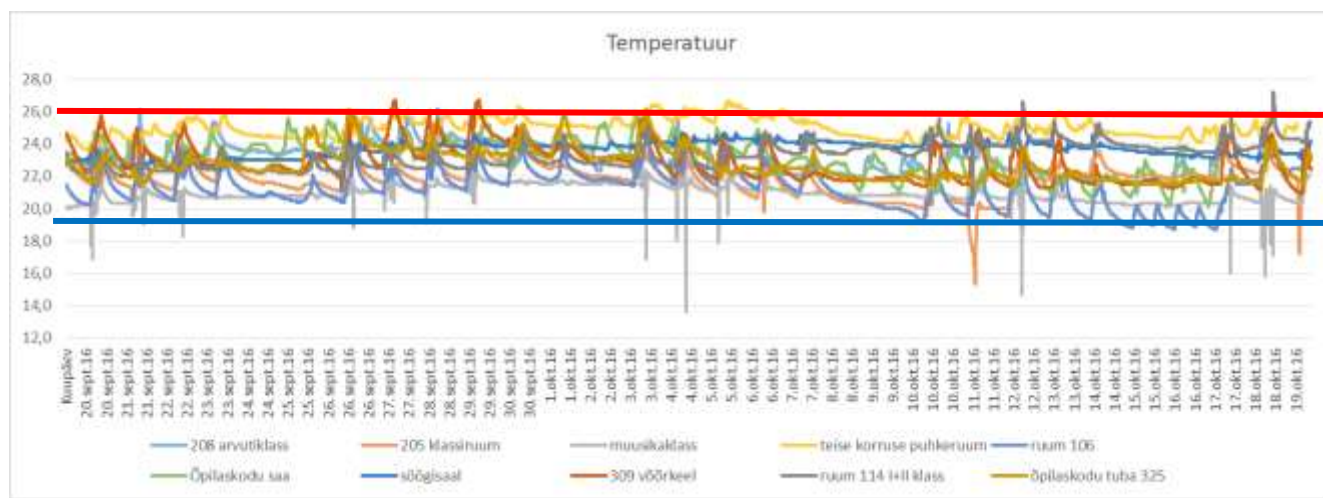
- Mõõdistused teostati kahes eraldi paiknevas hoones
- Kasutatud monitor-loggerid E6226 ei töötanud ühtlaselt. Selle tulemusena toimusid nihked mõõtmisaja ja reaalse aja lõikes ning osad loggerid lõpetasid mõõtmise enne õiget tähtaega. Koolimaja esimese ja teise klassi ruumis 114 ning õpilaskodu kolmanda korruse ruumis 325 paiknenud loggerid ei mõõtnud CO₂ sisaldust ruumiõhus.
- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamasti plusskraadides ning ainult mõõtmisperioodi lõpus langes alla null kraadi. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli -8,0°C kuni 16,8°C
- Loggerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,69 – 2,27 m põrandapinnast.
- Kuna tegemist on erivajadustega laste õppeasutusega, siis toimusid tunnid ebareeglipäraselt ja laste arv ruumides oli varieeruv. Tunniplaan on toodud tabelis 3.

| | ESMASPÄEV/ruum | 106 | 114 | 205 | 208 | 309 | ÕK 106 | ÕK saal |
|----|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|---------|
| 1. | 8.15 - 9.00 | | | | | | | |
| 2. | 9.10 - 9.55 | | x | x | | | | x |
| 3. | 10.05 - 10.50 | | x | x | | x | x | x |
| 4. | 11.00 - 11.45 | | x | | | x | x | |
| 5. | 12.10 - 12.55 | x | | x | | | x | x |
| 6. | 13.20 - 14.05 | | | x | | x | x | x |
| 7. | 14.15 - 15.00 | x | | x | | x | x | |
| 8. | 15.10 - 16.50 | | | | | x | | |
| | TEISIPÄEV | 106 | 114 | 205 | 208 | 309 | | |
| 1. | 8.15 - 9.00 | x | x | | x | | x | |
| 2. | 9.10 - 9.55 | | x | | | x | | x |
| 3. | 10.05 - 10.50 | | | | | | x | x |
| 4. | 11.00 - 11.45 | x | | | | x | x | |
| 5. | 12.10 - 12.55 | | x | | | x | x | x |
| 6. | 13.20 - 14.05 | x | | | x | x | | x |
| 7. | 14.15 - 15.00 | | | x | | x | | x |
| 8. | 15.10 - 16.50 | | | x | | | | |
| | KOLMAPÄEV | 106 | 114 | 205 | 208 | 309 | | |
| 1. | 8.15 - 9.00 | x | | | x | x | x | x |
| 2. | 9.10 - 9.55 | | | x | | x | x | x |
| 3. | 10.05 - 10.50 | | x | x | | x | x | x |
| 4. | 11.00 - 11.45 | | x | x | | | x | x |
| 5. | 12.10 - 12.55 | | x | x | | | x | x |
| 6. | 13.20 - 14.05 | | | | x | | x | x |
| 7. | 14.15 - 15.00 | x | | | x | x | | |
| 8. | 15.10 - 16.50 | x | | | | | | |
| | NELJAPÄEV | 106 | 114 | 205 | 208 | 309 | | |
| 1. | 8.15 - 9.00 | | x | x | x | | | |
| 2. | 9.10 - 9.55 | | x | | | x | x | x |
| 3. | 10.05 - 10.50 | | x | x | x | x | x | x |
| 4. | 11.00 - 11.45 | | x | x | | | x | |
| 5. | 12.10 - 12.55 | x | | | | x | | x |
| 6. | 13.20 - 14.05 | x | | x | | x | x | x |
| 7. | 14.15 - 15.00 | | | x | | | | x |
| 8. | 15.10 - 16.50 | | | x | | | | |
| | REEDE | 106 | 114 | 205 | 208 | 309 | | |
| 1. | 8.15 - 9.00 | | x | x | | | | |
| 2. | 9.10 - 9.55 | | x | x | | | x | |
| 3. | 10.05 - 10.50 | | x | x | | | x | |
| 4. | 11.00 - 11.45 | x | x | x | | | x | x |
| 5. | 12.10 - 12.55 | | | x | | | x | x |

Tabel 3. Tunniplaan. ÕK – õpilaskodu

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C

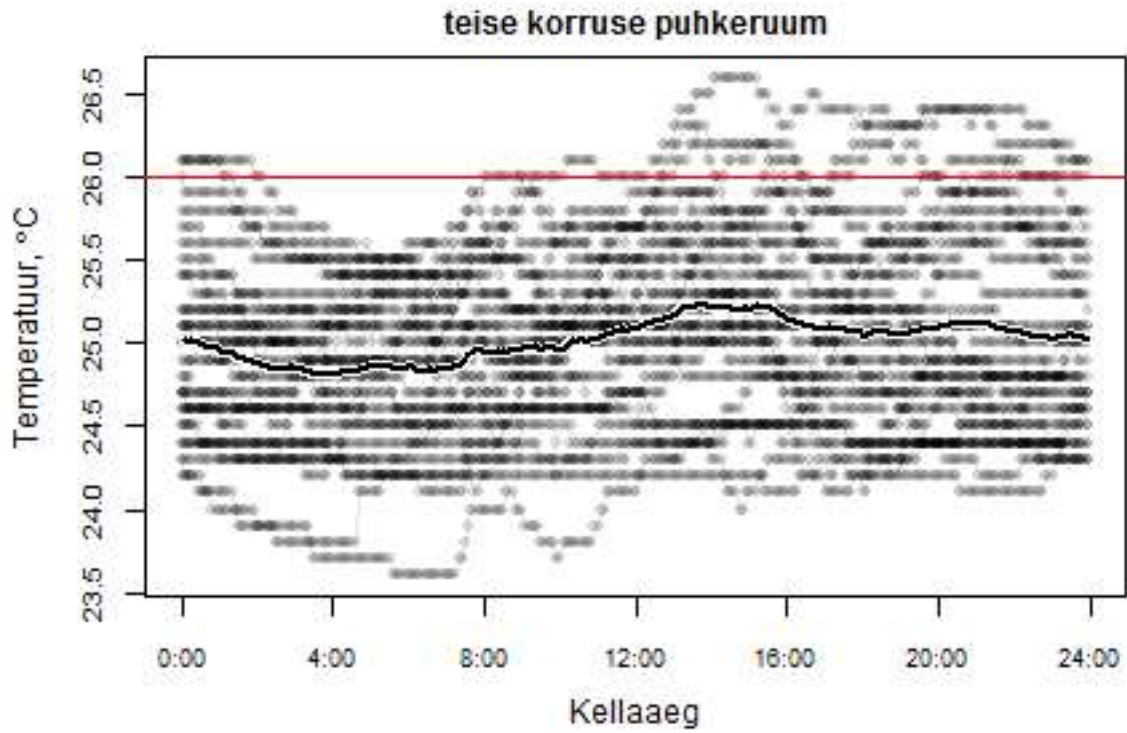


Graafik 1. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

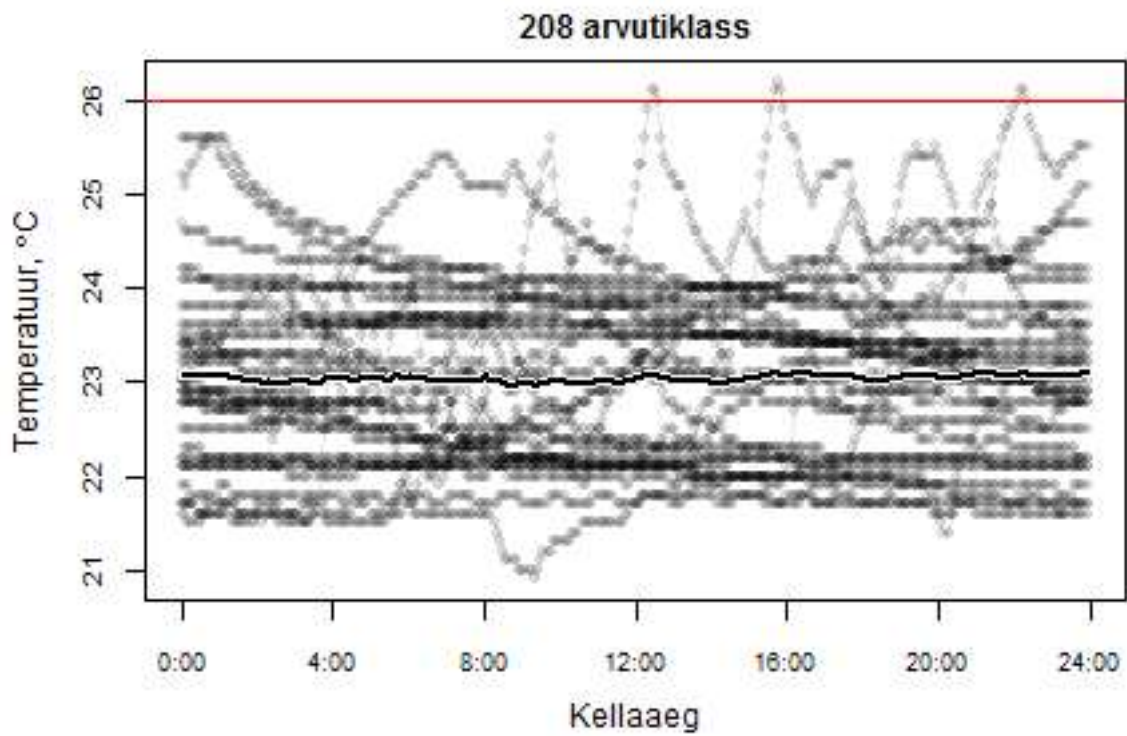
| | 208 arvuti | 205 klassii | muusikaki | teise korr | ruum 106 | Õpilaskod | söögisaal | 309 võõrki | ruum 114 | õpilaskod | KOKKU |
|-------------------|------------|-------------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|--------------|
| KOKKU | 7946 | 8558 | 8580 | 8491 | 8589 | 7949 | 8577 | 8586 | 8581 | 8592 | 84449 |
| Üle 26 °C | 7 | 0 | 0 | 393 | 0 | 0 | 0 | 73 | 20 | 8 | 501 |
| alla 19 °C | 0 | 63 | 28 | 0 | 147 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 238 |
| Üle 26 °C | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 4,6% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,9% | 0,2% | 0,1% | 0,6% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,7% | 0,3% | 0,0% | 1,7% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,3% |

Tabel 4. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

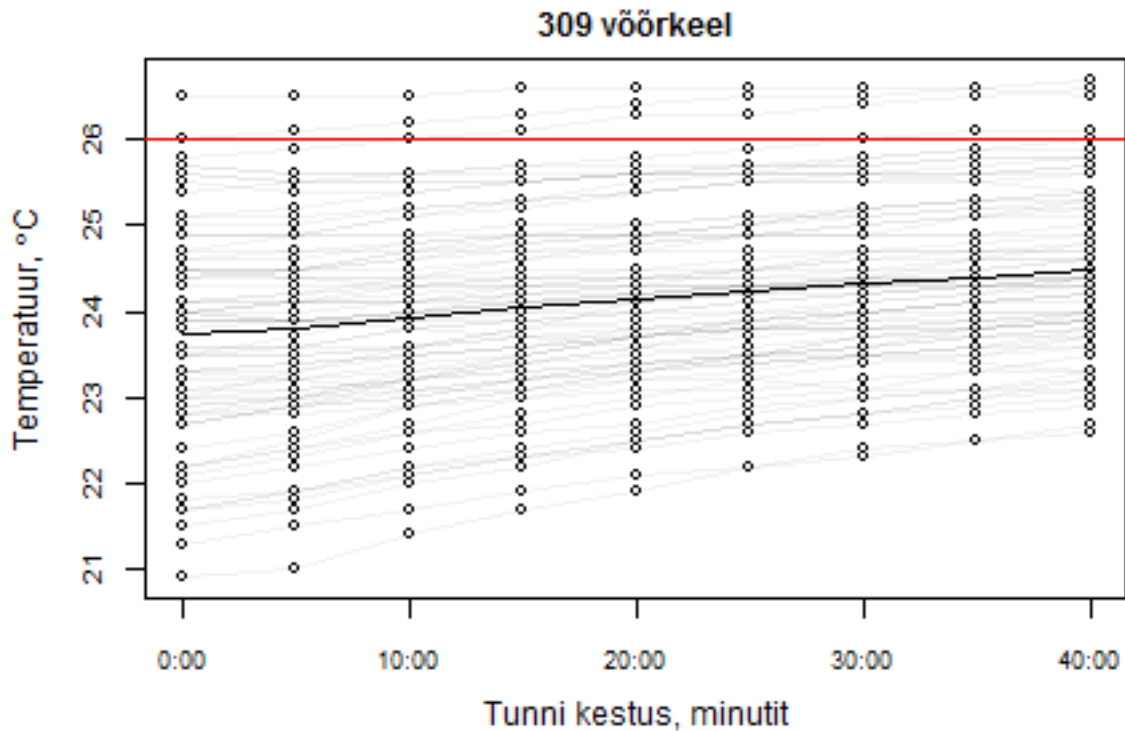
Graafikult 1 ja tabelist 4 lähtub, et temperatuur on enamuses ajast lubatu piires. Teise korruse puhkeruumis tõusis temperatuur lubatust kõrgemale 393 juhul ehk 1965 minutit, mis moodustab 4,6% kogu mõõtmisperioodist. Kui vaadelda seda ruumi eraldi (graafik 2), siis on näha, et temperatuur tõuseb lubatust kõrgemale enamasti pärastlõunasel ajal, kui õpilased kogunevad puhkeruumi. Kohati tõusis temperatuur lubatust kõrgemale ka arvutiklassis, kuid see on kogu mõõtmisperioodi jooksul vaid 35 minutit, mis on vaid 0,1% mõõtmisperioodi ajast. Nimetatud temperatuuri tõus on tingitud arvutite suurest soojaeritavusest (graafik 3). Võõrkeele ruumis 309 võib temperatuuri tõusmist üle lubatud piiri 73 mõõtmist ehk 365 minutit seletada väikse kubatuuriga klassiruumiga – tunni jooksul tõuseb temperatuur klassiruumis oluliselt (graafik 4). Ruumides 114 ja õpilaskodu toas 325 tõusis samuti temperatuur lühiajaliselt üle lubatu. Ruumis 114 oli tõus ühekordne (ühel päeval lühiaegselt) ning õpilaskodu toas tõusis temperatuur õpilaste pideva viibimise järel õpilaskodu toas.



Graafik 2. Teise korruse puhkeruumi õhutemperatuuri muutus ööpäeva lõikes.

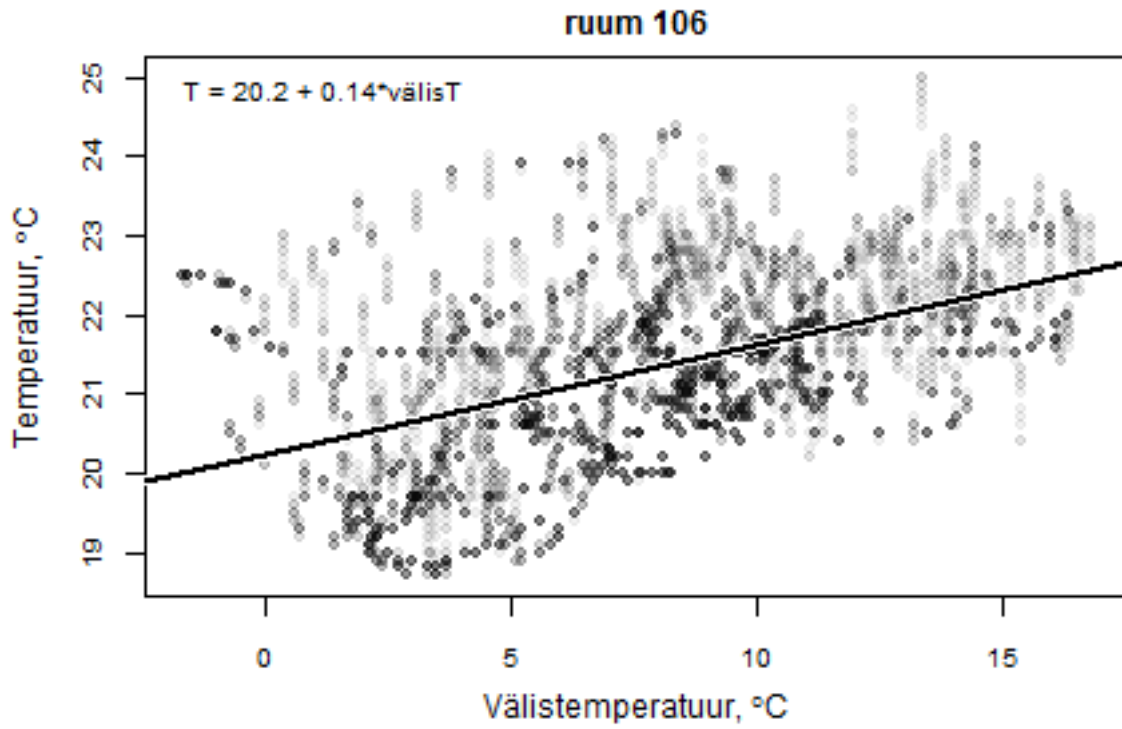


Graafik 3. Arvutiklassi õhutemperatuuri muutus ööpäeva lõikes.

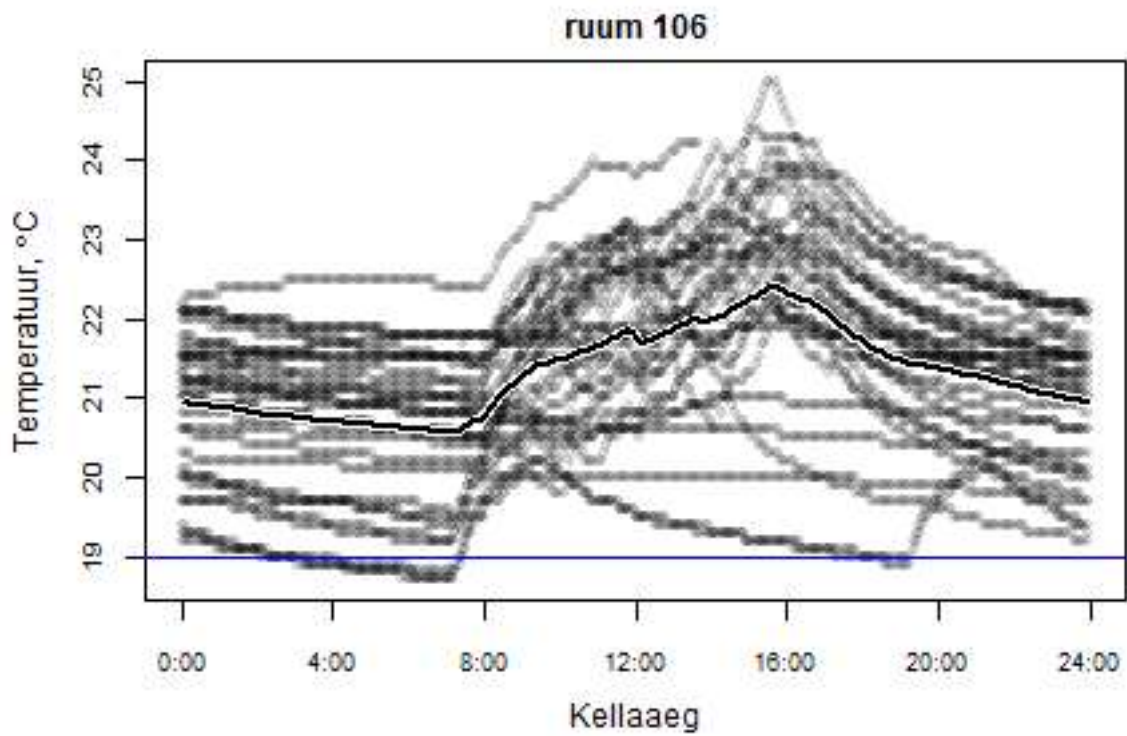


Graafik 4. Võõrkeele klassi õhutemperatuuri muutus tunni lõikes.

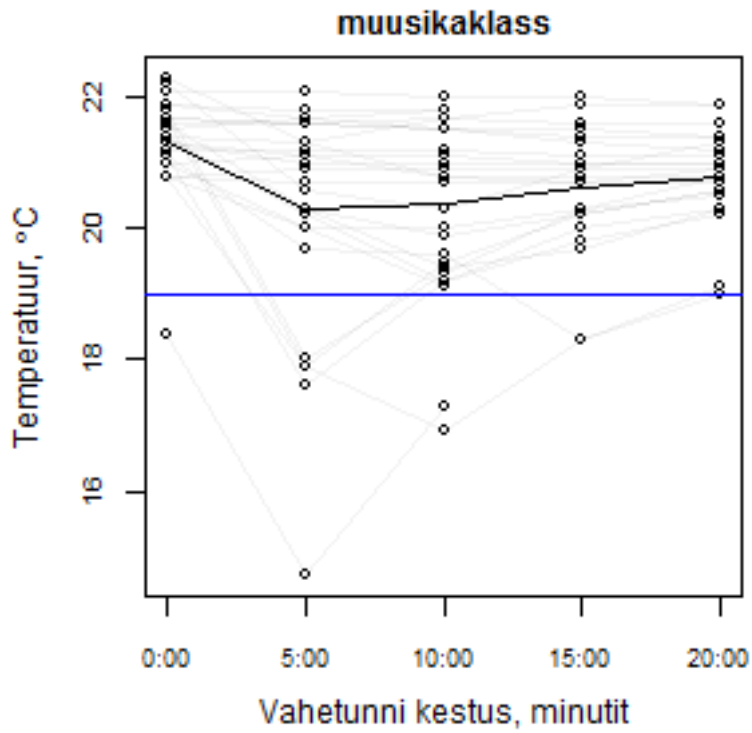
Ruumis 106 esines alla 19°C temperatuuri 163 mõõdistust ehk 815 minutit, mis moodustab 1,7% kõikidest mõõtmistest. Kui võrrelda nimetatud ruumi temperatuuri seost välistemperatuuriga (graafik 5), siis on näha, et korrelatsioon sise- ja välistemperatuuri vahel on oluline. See võib olla tingitud ruumi välispiirde soojajuhtivusest kui ka ruumi pidevast tuulutamisest välisõhuga läbi akende. Analüüsisdes Ruumi 106 õhutemperatuuri muutust ööpäeva lõikes (graafik 6), näeme, et põhiliselt langeb temperatuur alla lubatu öötundidel ehk tõenäoliselt on tegemist välispiirde suure soojajuhtivusega. Ruumis 205, kus õhutemperatuur langes samuti kohati alla 19°C, on põhjuseks ühekordne akende avamine ajal, kui lapsi klassiruumis polnud (graafik 8). Muusikaklassis oli õhutemperatuuri langemise põhjuseks alla 19°C klassiruumi tuulutamine vaheaegadel välisõhuga läbi akende avamise (graafik 7).



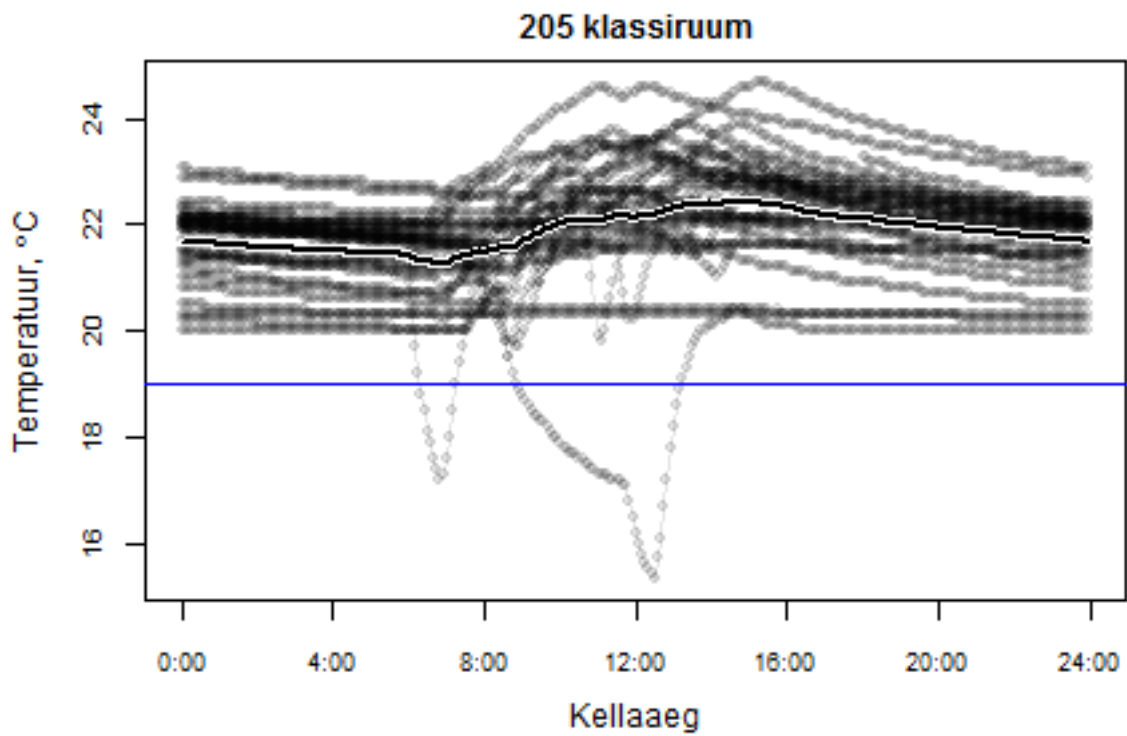
Graafik 5. Sise- ja välitemperatuuri korrelatsioon ruumis 106.



Graafik 6. Ruumi 106 õhutemperatuuri muutus ööpäeva lõikes



Graafik 7. Muusikaklassi õhutemperatuuri muutus vahetunni lõikes.



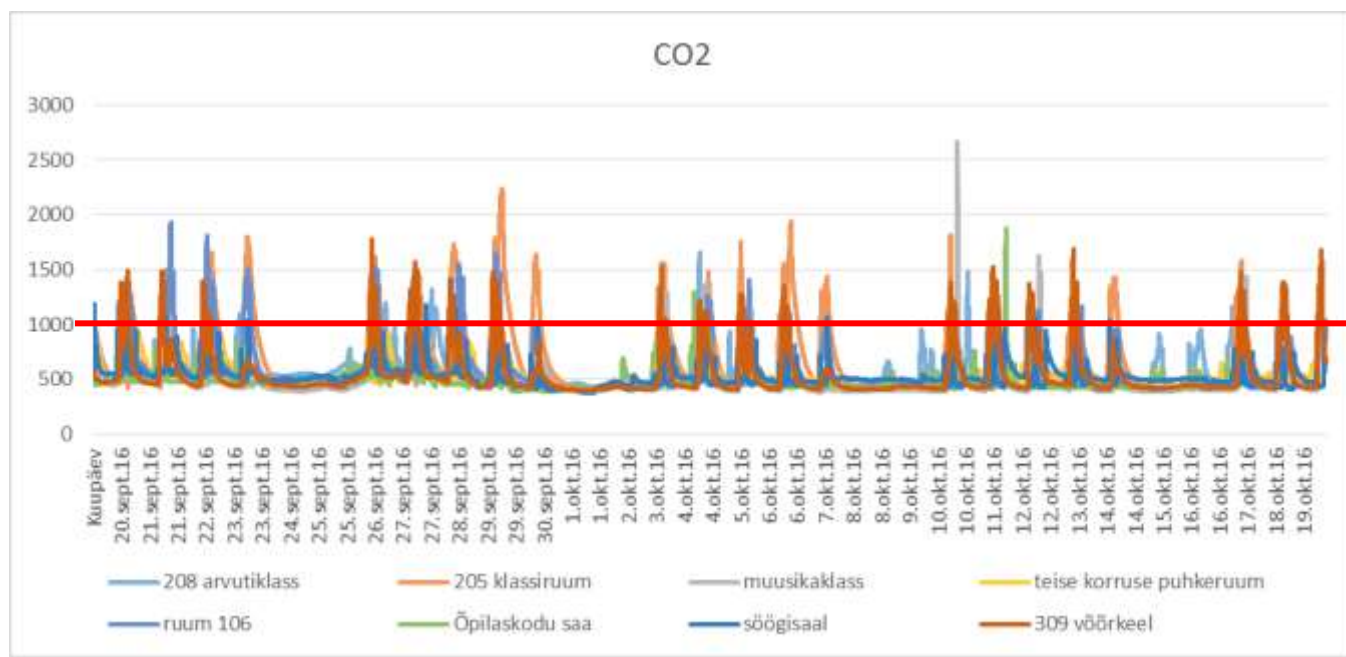
Graafik 8. Klassiruumi 205 õhutemperatuuri muutus ööpäeva lõikes

Kokkuvõttes võib väita, et õhutemperatuur Tartu Emajõe Koolis on lubatu piires. Klassiruumides on temperatuur suhteliselt ühtlane (tabel 5). Temperatuuri ületamised on lühiajalised.

| Ruum | Keskmine | Standardhälve | Mediaan | Miinum | Maksimum | Muutus minutis |
|-----------------|----------|---------------|---------|--------|----------|----------------|
| 205 klassiruum | 23,15 | 0,77 | 23,1 | 22 | 24,9 | -0,001 |
| 208 arvutiklass | 22,68 | 0,93 | 22,7 | 19,8 | 24,7 | 0,004 |
| 309 võõrkeel | 21,07 | 0,76 | 21,2 | 15,8 | 22,4 | 0,018 |
| muusikaklass | 22,05 | 0,88 | 22,0 | 19,8 | 24,2 | 0,006 |
| ruum 106 | 24,12 | 1,07 | 24,1 | 20,9 | 26,7 | 0,019 |
| Kokku | 22,84 | 1,33 | 22,9 | 15,8 | 26,7 | 0,012 |

Tabel 5. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvukarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



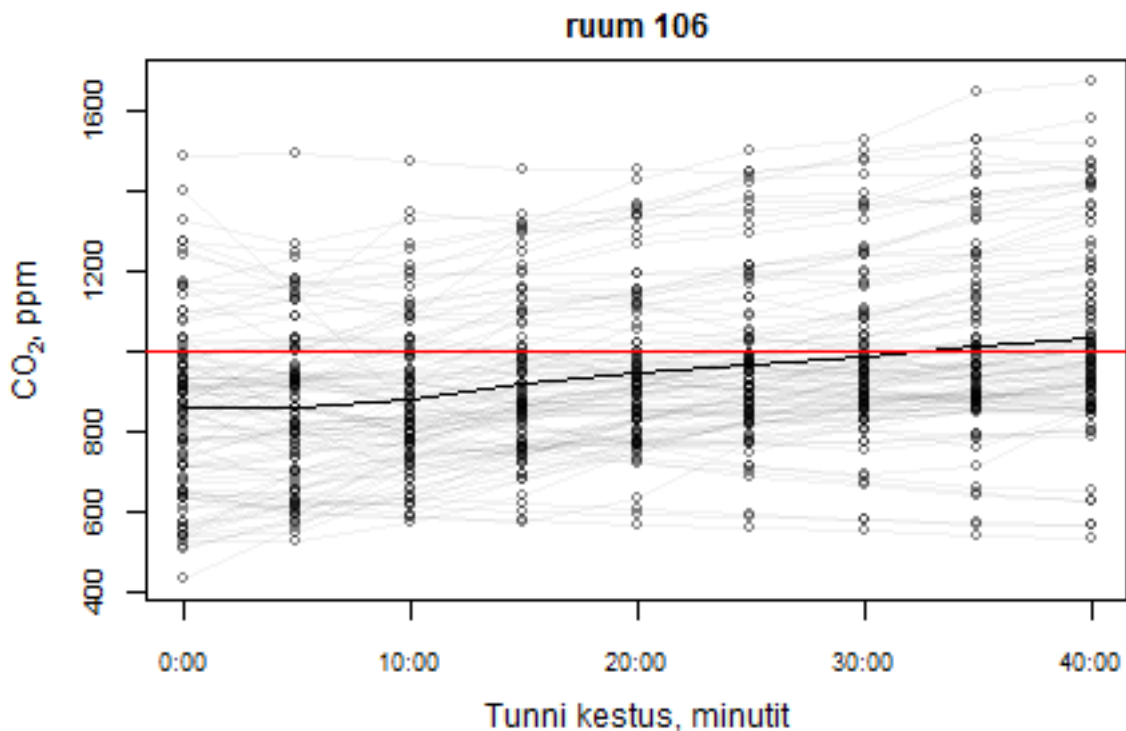
Graafik 9. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

| | 208 arvuti | 205 klassi | muusikakl | teise korr | ruum 106 | Õpilaskod | söögisaal | 309 võõrk | KOKKU |
|-------------------|------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| KOKKU | 7946 | 8558 | 8580 | 8491 | 8589 | 7949 | 8577 | 8586 | 67276 |
| Üle 1000 p | 158 | 1331 | 238 | 5 | 661 | 21 | 33 | 665 | 3112 |
| Üle 1000 p | 2,0% | 15,6% | 2,8% | 0,1% | 7,7% | 0,3% | 0,4% | 7,7% | 4,6% |

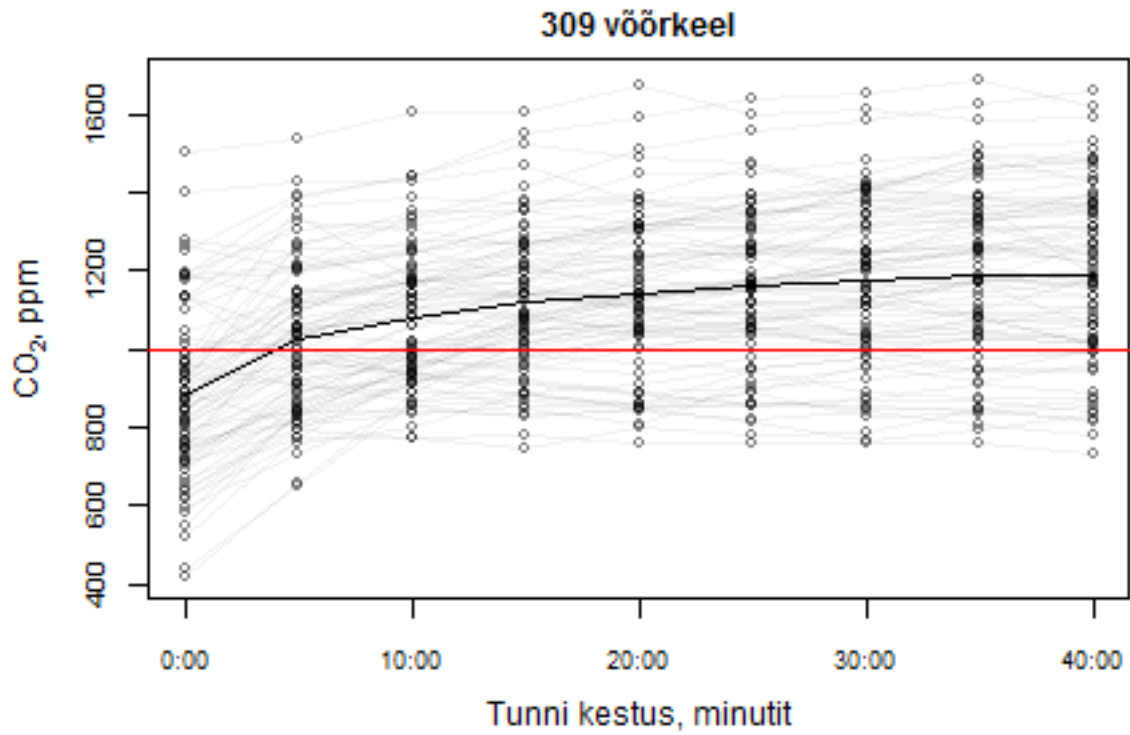
Tabel 6. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõtmisperioodi vältel

Graafikult 9 ja tabelist 6 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Kõige rohkem on ületamine klassiruumis 205 ning kõige vähem teise korruse puhkeruumis. Graafikul 9 joonistub selgelt välja CO₂ jaotumine – õppetegevuse ajal näidud tõusevad ning öötundidel ja nädalavahetustel on CO₂ tase ühtlaselt madal. Seega tuleb analüüsida ruume õppetöö toimumise ajal, vaid kindla tunniplaanita ruume analüüsiti ööpäeva lõikes. Kuna seadmetel oli erisusi salvestatud mõõtmisaja ja reaalse lõikes, siis võib esineda näitude tõlgendamisel anomaaliaid.

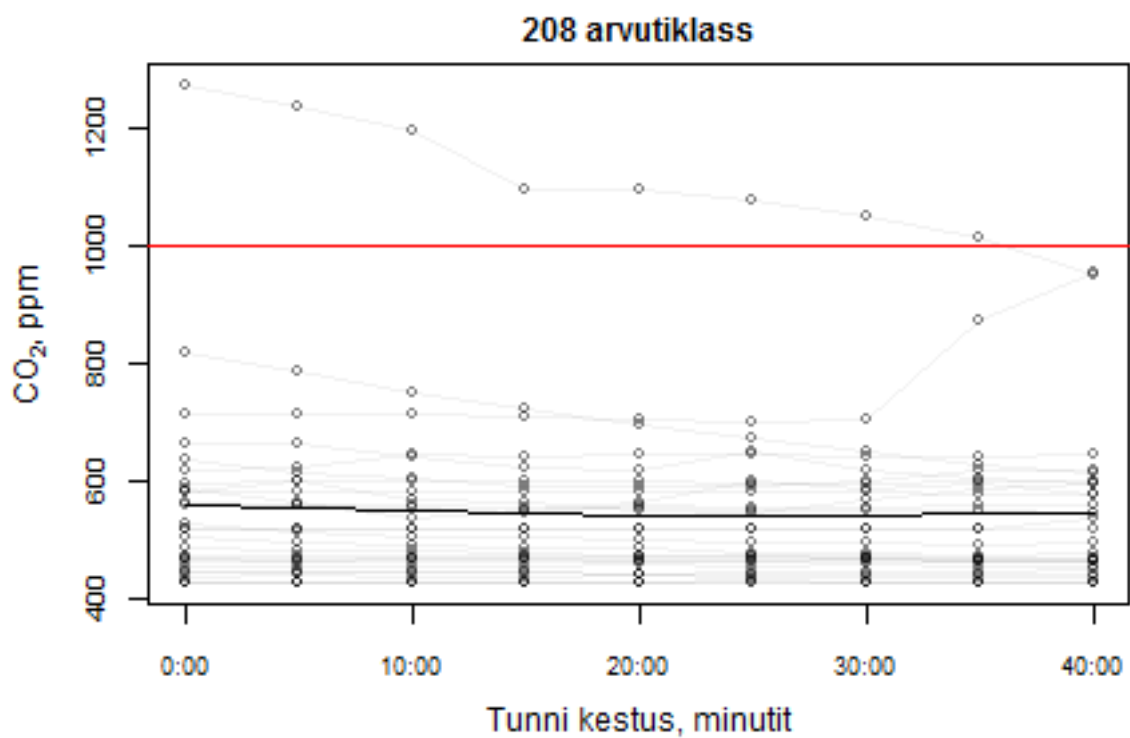
Kõige kriitilisem on olukord ruumides 205, 106 ja võõrkeeles klassis ruumis 309. Neis ruumides on lubatud piirmäär ületatud vastavalt 15,6%, 7,7% ning 7,7% kogu mõõtmisperioodi ajast. Kui vaadata graafikuid 10, 11 ja 13, siis on näha, et tunni kestel tõuseb CO₂ tase kiiresti üle lubatu piiri. Eriti kriitiline on olukord ruumis 309 (võõrkeeles klass graafik 11), kus tõuseb CO₂ tase üle lubatud piiri keskmiselt esimese nelja minuti jooksul. See on tingitud klassiruumi kujust ja kubatuurist ning vähesest ventilatsioonist. Klassiruumis 205 ületab CO₂ tase lubatud piiri juba tunni alguses (graafik 13) ning kui vaadata näitusid ööpäeva lõikes (graafik 16), siis on näha, et kogu õppetöö perioodil on CO₂ tase keskmiselt lubatust kõrgem. Söögisaalis tõuseb CO₂ tase üle lubatud piiri söögivahetundidel (graafik 15).



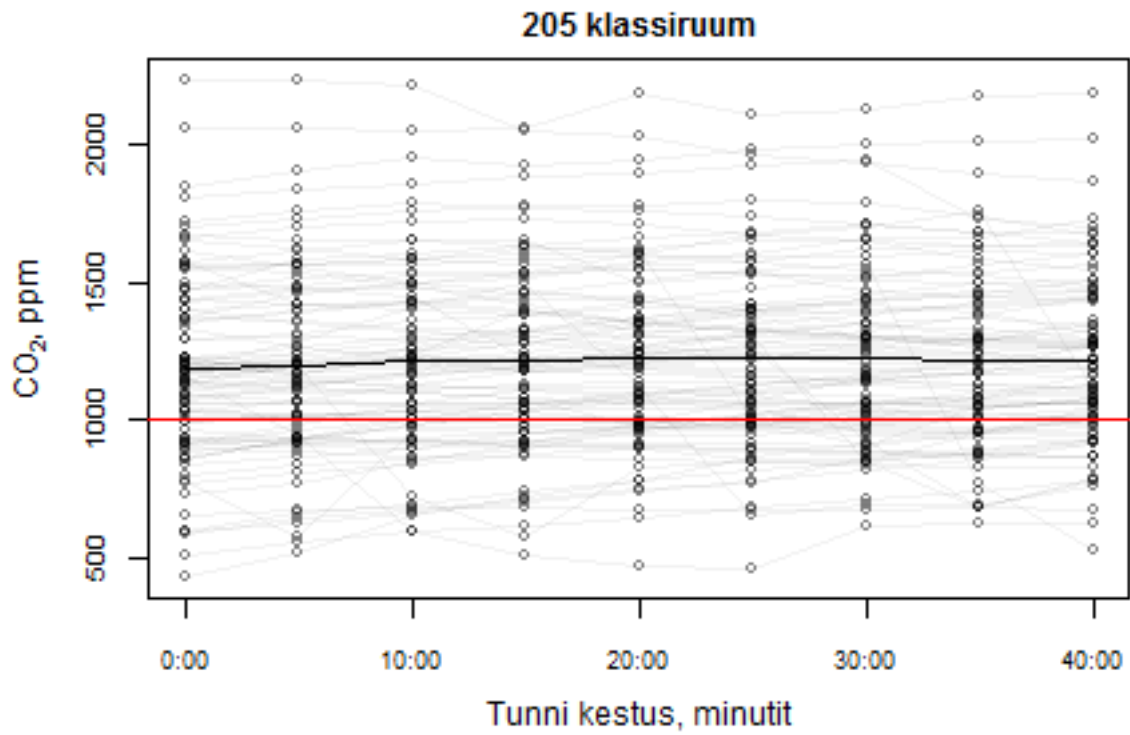
Graafik 10. Ruumis 106 ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus tunni kestvuse lõikes



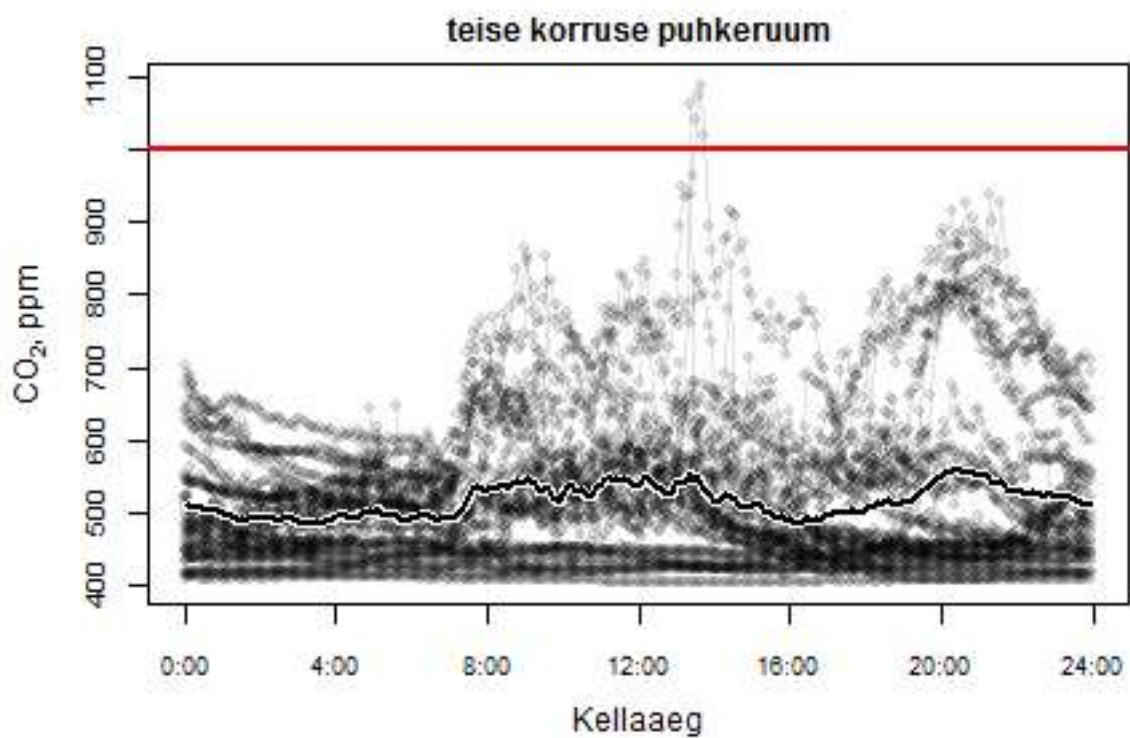
Graafik 11. Võõrkeele klassis ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus tunni kestuse lõikes



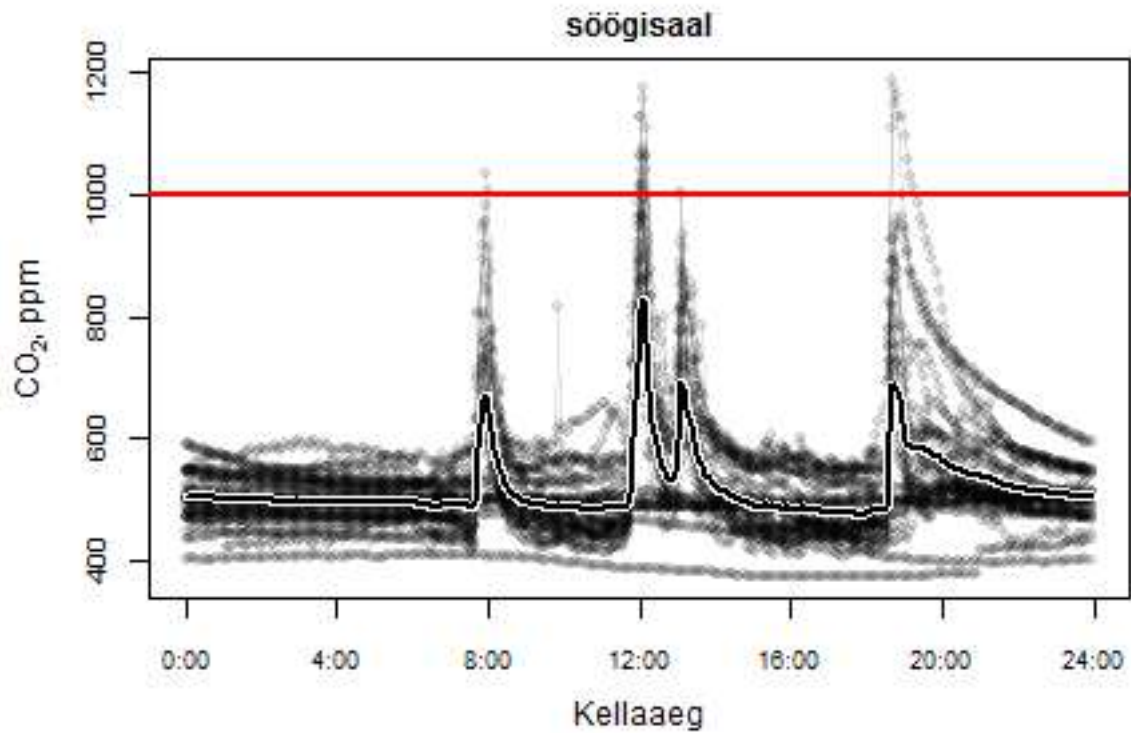
Graafik 12. Arvutiklassis ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus tunni kestuse lõikes



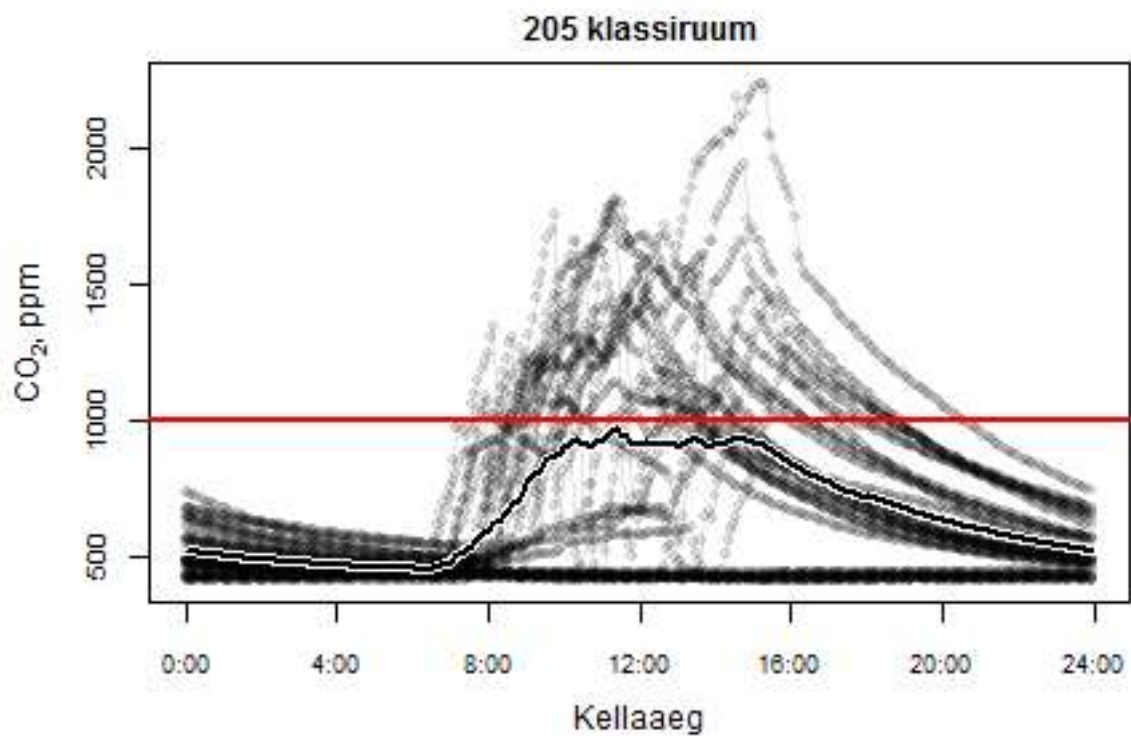
Graafik 13. Klassiruumis 205 ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus tunni kestvuse lõikes



Graafik 14. Teise korruse puhkeruumis ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



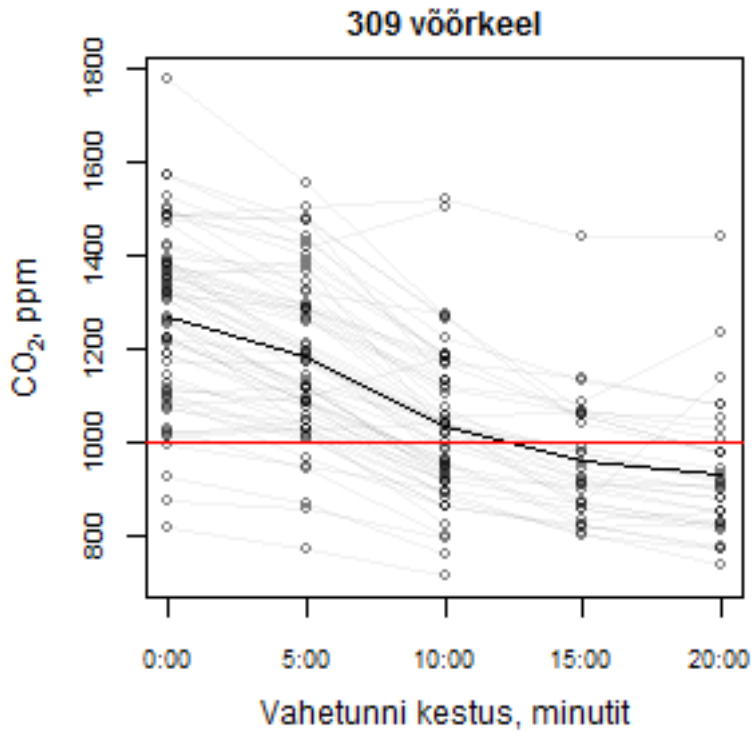
Graafik 15. Söögisaaalis ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



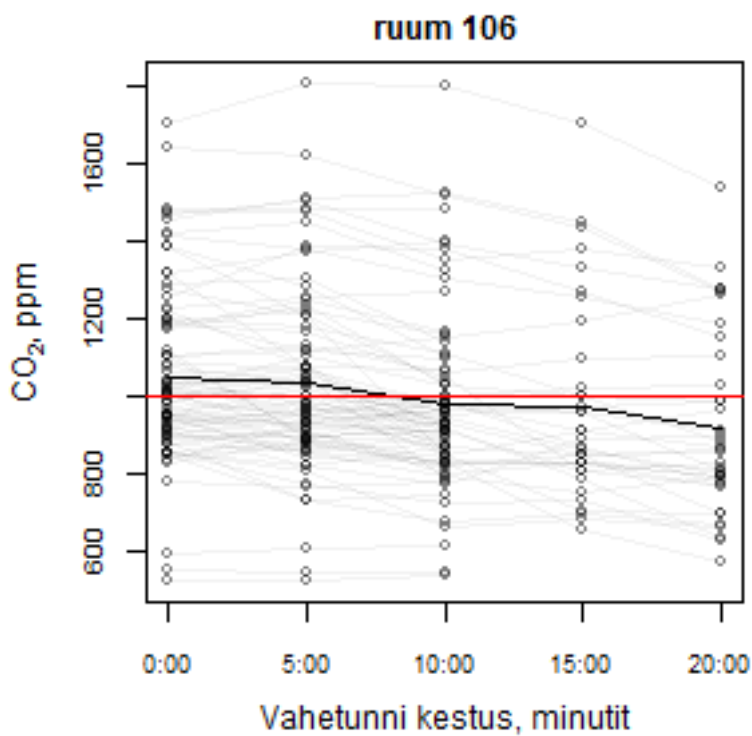
Graafik 16. Klassiruumis 205 ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes

Vahetundidel langeb CO₂ sisaldus kõige rohkem võrreelte klassis 309 (graafik 17), kuid isegi nii intensiivse langusega ei saavutata sageli vahetundi lõpuks lubatud taset. Nagu graafikul 11 näha oli, tõuseb keskmine tase üle lubatu juba esimese 4 minutiga. Klassiruumis

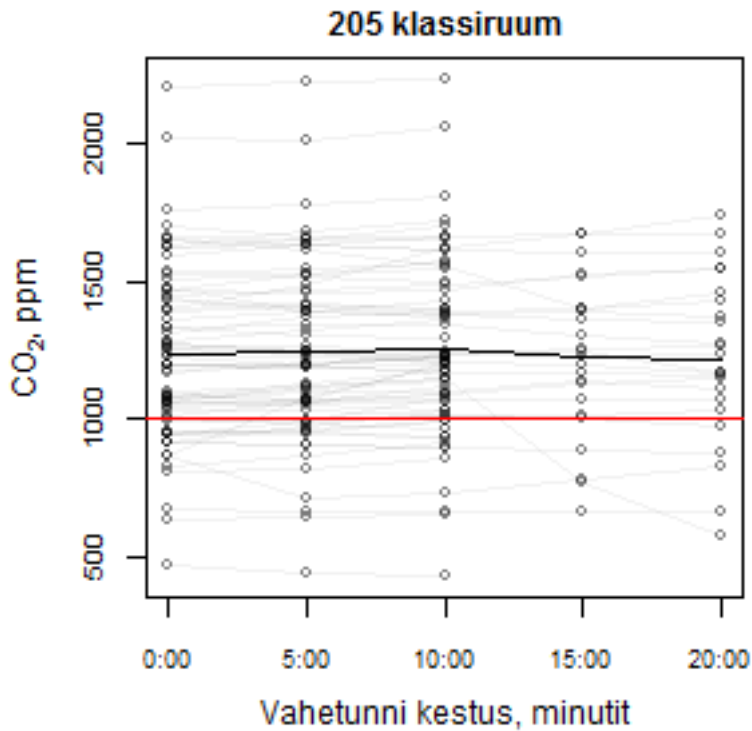
205, kus CO₂ on praktiliselt kogu õppeperioodi vältel üle lubatu, ei lange tase vahetundidel praktiliselt üldse (graafik 19). Klassiruumis 106 toimub mõningane langus vahetunnil ning tunni alguseks saavutatakse keskmiselt lubatust pisut madalam tase (graafik 18).



Graafik 17. Klassiruumi 309 (võõrkeele klass) ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus vahetunni lõikes



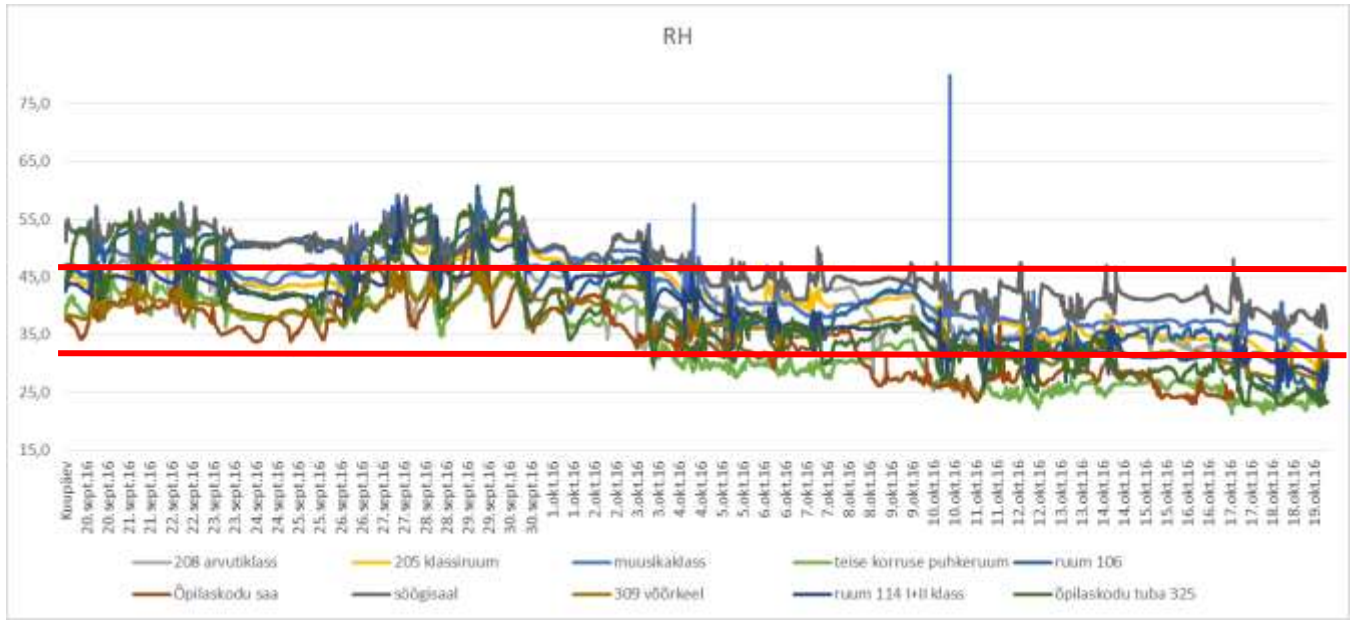
Graafik 18. Klassiruumis 106 ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus vahetunni lõikes



Graafik 19. Klassiruumis 205 ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus vahetunni lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Tartu Emajõe Koolis tõsine probleem. Tasemed tõusevad õppetöö perioodil oluliselt üle lubatud piirmäära ning ei lange tihti isegi vahetundidel alla piirmäära 1000 ppm. Põhjuseks on väheldane ventilatsioon õppetöö perioodil. Kui vahetunni ajal tuulutada klassiruumi akende avamise kaudu, siis langeb CO₂ tase kiiremini (ruumi 309 näitel). Seega tuleks klassiruumide vahetundidel rohkem tuulutada välisõhuga. Lisaks on soovitatav paigaldada hoonetesse CO₂ anduritega ventilatsioonisüsteem, mille puhul ruumide õhuvahetuse hulk sõltub CO₂ tasemest.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 20. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | 208 arvuti | 205 klassi | muusikak | teise korr | ruum 106 | Õpilaskod | söögisaal | 309 võõrke | ruum 114 | õpilaskod | KOKKU |
|------------------|------------|------------|----------|------------|----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|--------------|
| KOKKU | 7946 | 8558 | 8580 | 8491 | 8589 | 7949 | 8577 | 8586 | 8581 | 8592 | 84449 |
| alla 40 % | 3589 | 2840 | 3008 | 6607 | 4185 | 6317 | 1033 | 5942 | 4251 | 5186 | 42958 |
| alla 25 % | 0 | 2 | 0 | 1029 | 23 | 528 | 0 | 0 | 0 | 381 | 1963 |
| alla 40 % | 45,2% | 33,2% | 35,1% | 77,8% | 48,7% | 79,5% | 12,0% | 69,2% | 49,5% | 60,4% | 50,9% |
| alla 25 % | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 12,1% | 0,3% | 6,6% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 4,4% | 2,3% |

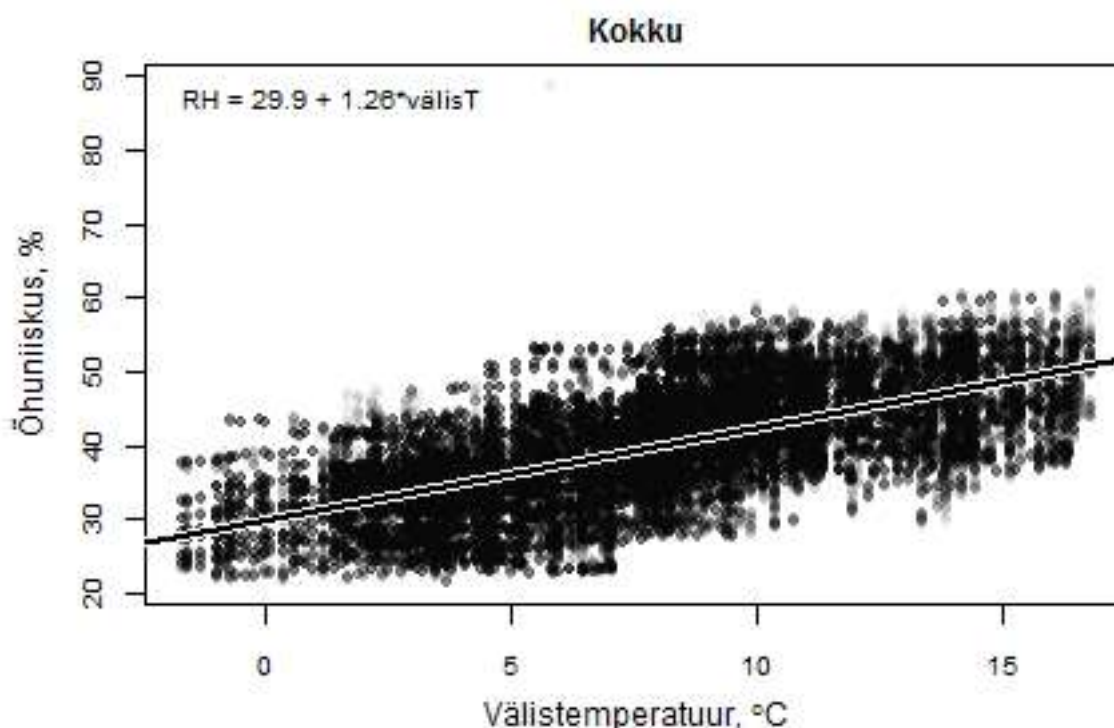
Tabel 7. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 20 ja tabelist 7 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb allapoole lubatud piirmäärasid keskmiselt 53,8% ulatuses. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid septembris, kus välisõhu temperatuur on plusskraadides, on selline siseõhu suhtelise niiskuse tase madal. Kõige kriitilisemad on suhtelise õhuniiskuse tasemed teise korruse puhkeruumis, õpilaskodu toas 325, võõrkeelte ruumis 309 ja õpilaskodu saalis. Neis ruumides oli õhu suhteline niiskus alla 40% vastavalt 77,8%, 60,4%, 69,2% ja 79,5% kogu mõõtmisperioodi ajast.

Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (graafik 8) on vahemikus 0,69-0,87. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=29,9+1,26 \cdot välisT$ ehk iga $1^{\circ}C$ välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 1,26% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.

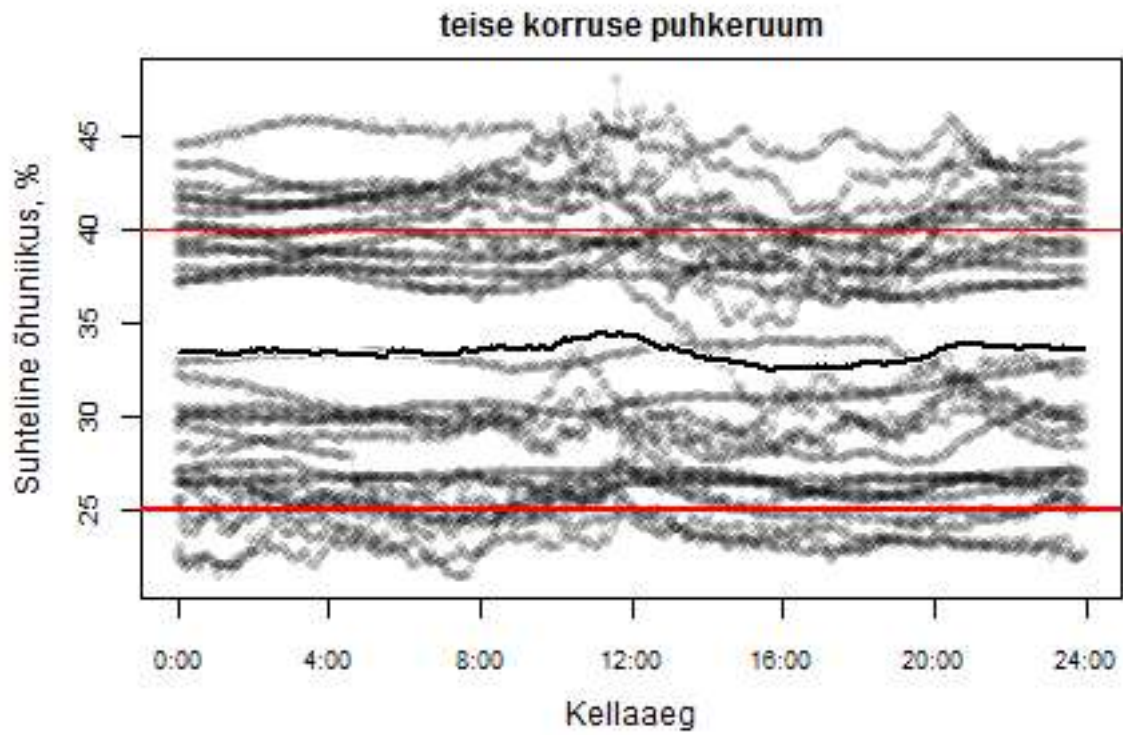
| Ruum | Keskmine | Standardhälve | Mediaan | Miinum | Maksimum | Korrelatsioon välis-temperatuuriga |
|--------------------------|----------|---------------|---------|--------|----------|------------------------------------|
| 205 klassiruum | 40,88 | 5,18 | 41,1 | 28,0 | 53,9 | 0,73 |
| 208 arvutiklass | 42,09 | 5,87 | 42,9 | 24,8 | 55,1 | 0,87 |
| 309 võõrkeelmuusikaklass | 43,41 | 5,98 | 42,7 | 31,5 | 88,7 | 0,87 |
| ruum 106 | 41,93 | 8,46 | 40,7 | 24,4 | 60,7 | 0,78 |
| ruum 114 I+II klass | 34,48 | 6,34 | 34,9 | 23,0 | 52,5 | 0,78 |
| söögisaal | 46,63 | 5,26 | 46,7 | 35,4 | 59,6 | 0,79 |
| teise korruse puhkeruum | 36,86 | 4,68 | 37,4 | 27,1 | 49,9 | 0,86 |
| õpilaskodu tuba 325 | 39,33 | 6,48 | 40,2 | 25,1 | 57,7 | 0,86 |
| Õpilaskodu saal | 38,06 | 9,00 | 36,6 | 22,6 | 60,5 | 0,69 |
| Kokku | 39,74 | 7,64 | 39,7 | 21,3 | 88,7 | 0,67 |

Tabel 8. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvukarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välis temperatuuriga

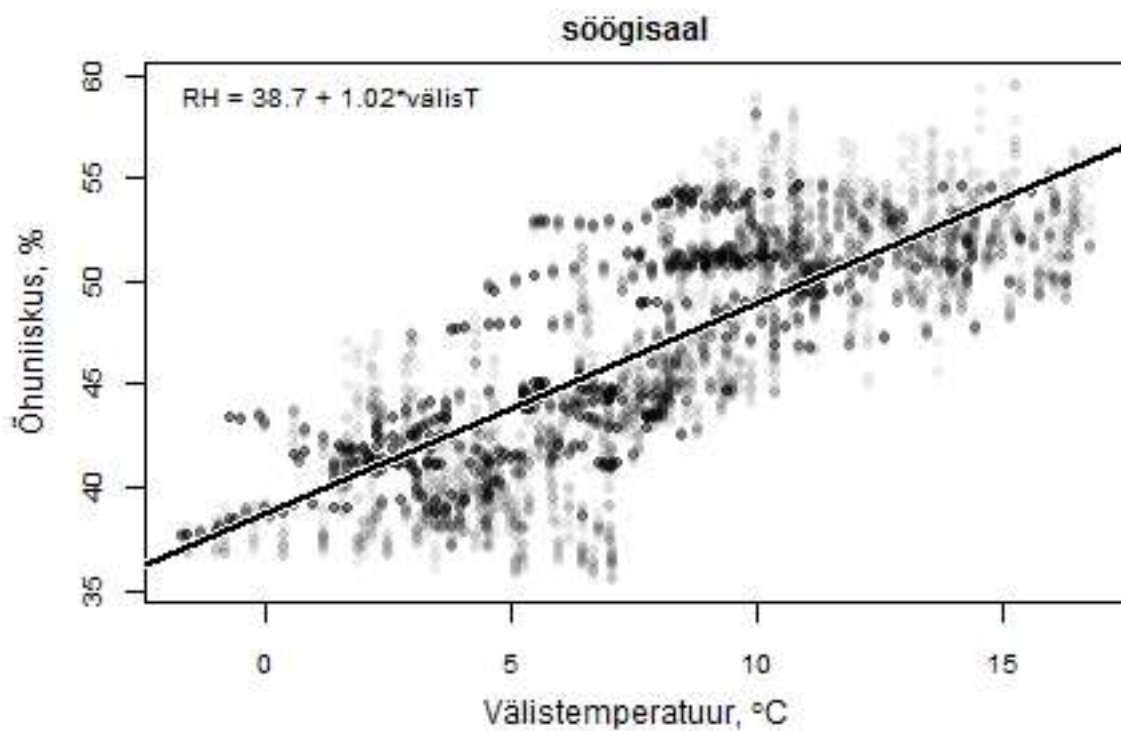


Graafik 21. Siseõhu suhtelise niiskuse sõltuvus välisõhu temperatuurist

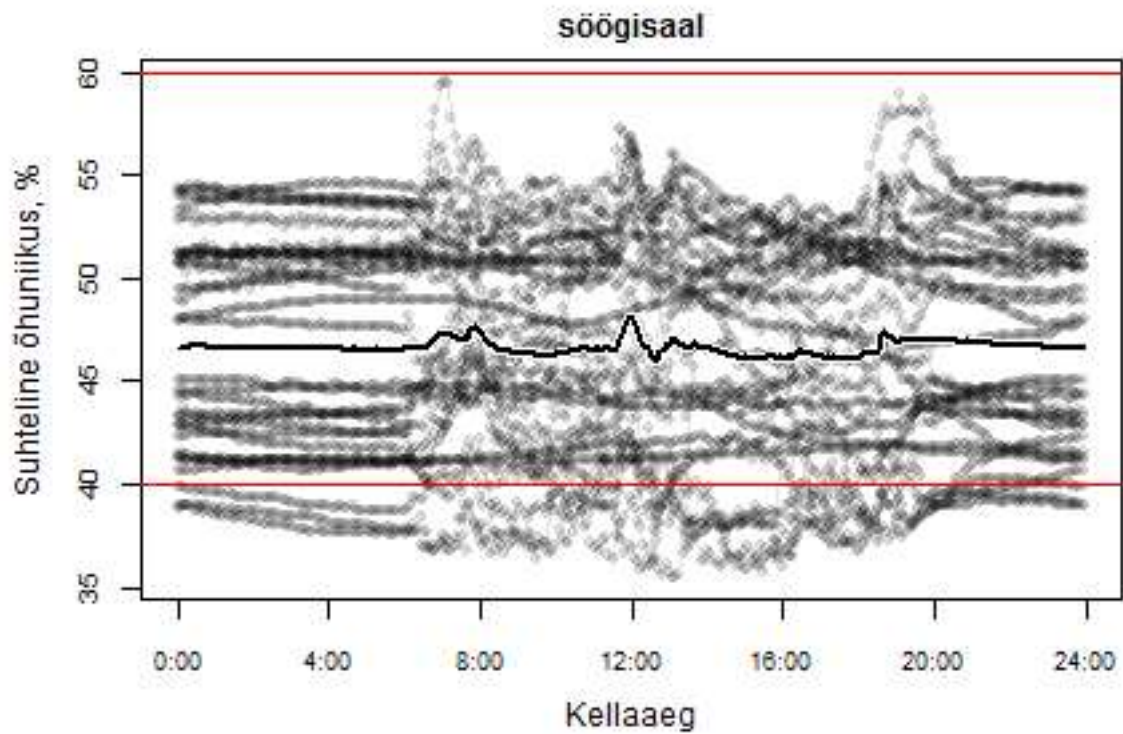
Ruumide lõikes on näha, et ööpäeva lõikes muutub suhteline õhuniiskus vähe ning tundide ajal tõuseb suhteline õhuniiskus vähesel määral (graafikud 22-24). Ülejäänud ruumides on suhtelise õhuniiskuse muutumine sarnane graafikutel toodud ruumidele. Teistmoodi muutub suhteline õhuniiskus arvutiruumi õhus, kus tunni ajal õhuniiskus jääb samaks või langeb (graafik 27), sest arvutiruumis tunni kestel temperatuur tõuseb ja sellest tulenevalt suhteline õhuniiskus langeb. Vahetundidel suhteline õhuniiskus reeglina langeb (graafik 26).



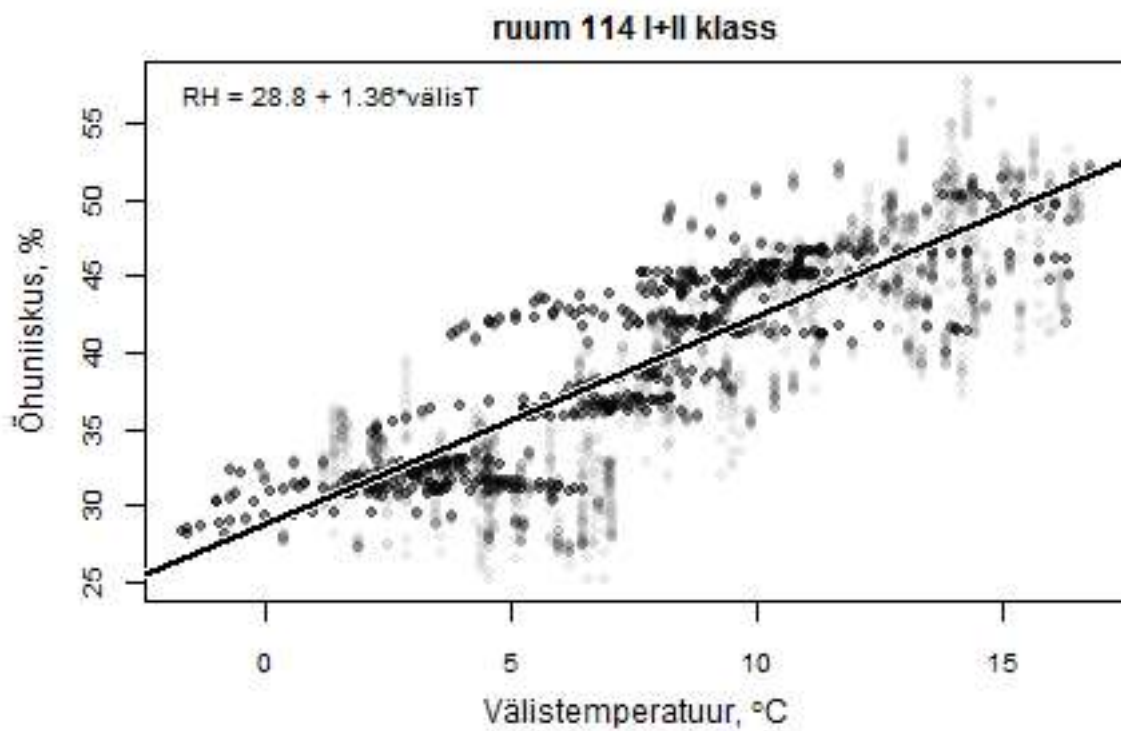
Graafik 22. Siseõhu suhtelise niiskuse muutus teise korruse puhkeruumis ööpäeva lõikes.



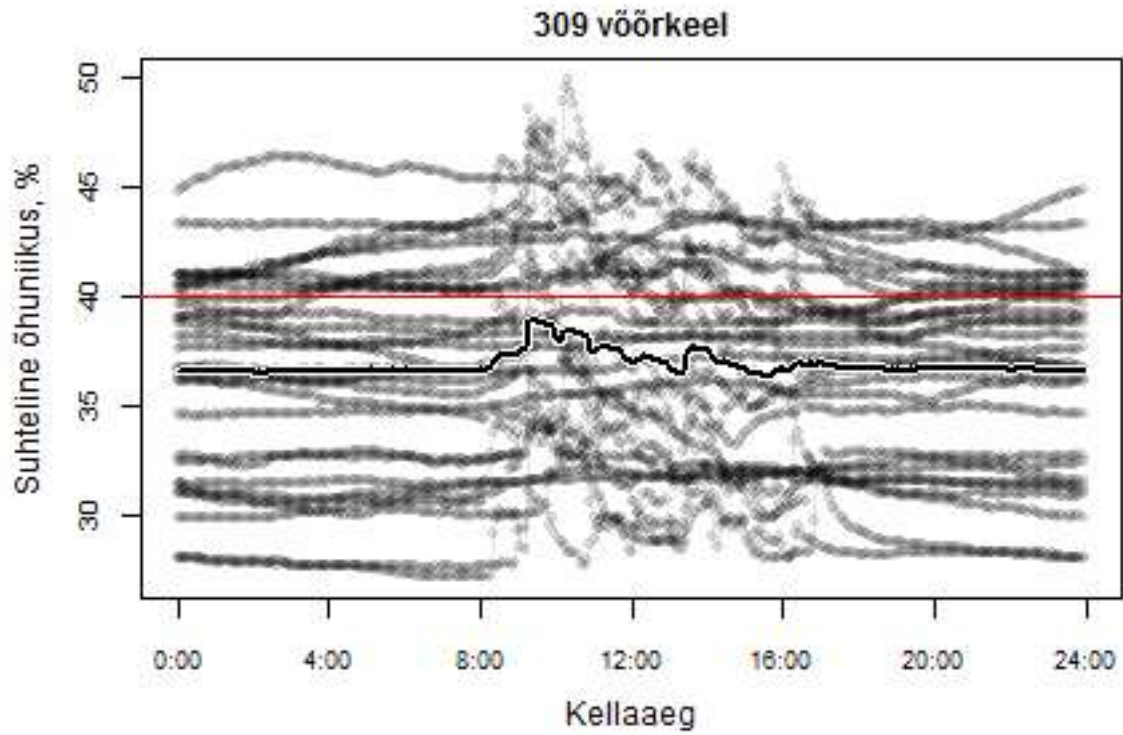
Graafik 23. Siseõhu suhtelise niiskuse sõltuvus välisõhu temperatuurist söögisaalis



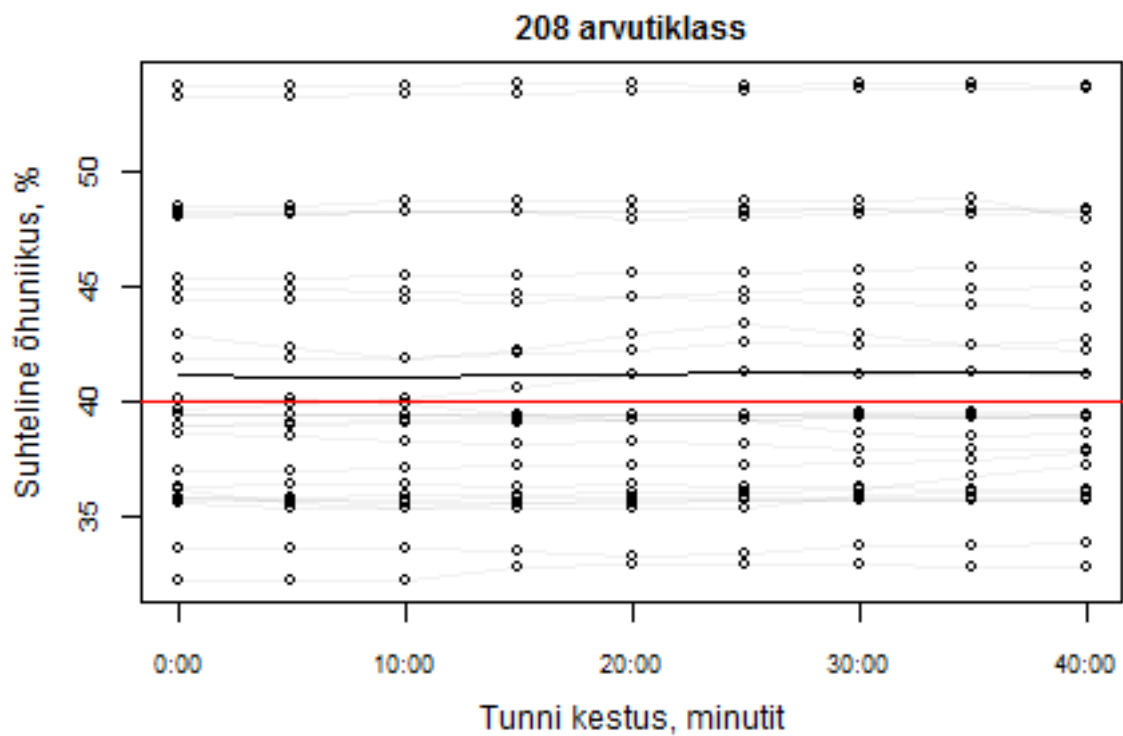
Graafik 24. Siseõhu suhtelise niiskuse muutus söögisaalis ööpäeva lõikes.



Graafik 25. Siseõhu suhtelise niiskuse sõltuvus välisõhu temperatuurist I ja II klassi ruumis 114



Graafik 26. Siseõhu suhtelise niiskuse muutus võõrkeeles klassis 309 ööpäeva lõikes.



Graafik 27. Siseõhu suhtelise niiskuse muutus arvutiklassis õppetöö tunni lõikes.

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides, kuid eriti madal on suhteline õhuniiskus õpilaskodu saalis ja teise korruse puhkeruumis. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö perioodil. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Tartu Emajõe Koolis keskmiselt tasemele 4,7%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Nõo Realgümnaasium

Mõõdistuste aeg: 20.september 2016 – 20.oktoober 2016

Analüüsitud ruumide loetelu:

- ▶ Arvutiklass 315
- ▶ Arvutiklass 316
- ▶ Eesti keel 301
- ▶ Direktor 122
- ▶ Kantselei 120
- ▶ Kaunid kunstid 101
- ▶ Keemia 219
- ▶ Õpetajad 305
- ▶ Valveruum 131
- ▶ Ühiselamu tuba 1144

Mõõdistusseadmed: Monitor-logger E6226, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Kasutatud monitor-loggerid E6226 ei töötanud ühtlaselt. Selle tulemusena toimusid nihked mõõtmisaja ja reaalaja lõikes ning osad loggerid lõpetasid mõõtmise enne õiget tähtaega. Valveruumis 131 mõõtmine ebaõnnestus, kuna logger ei salvestanud andmeid. Kaunite kunstide ruumis 101 olid logeri andmed poolikud. Mõõtmine lõppes logeri rikke tõttu 12.oktoober ehk kaheksa päeva enne tähtaega.

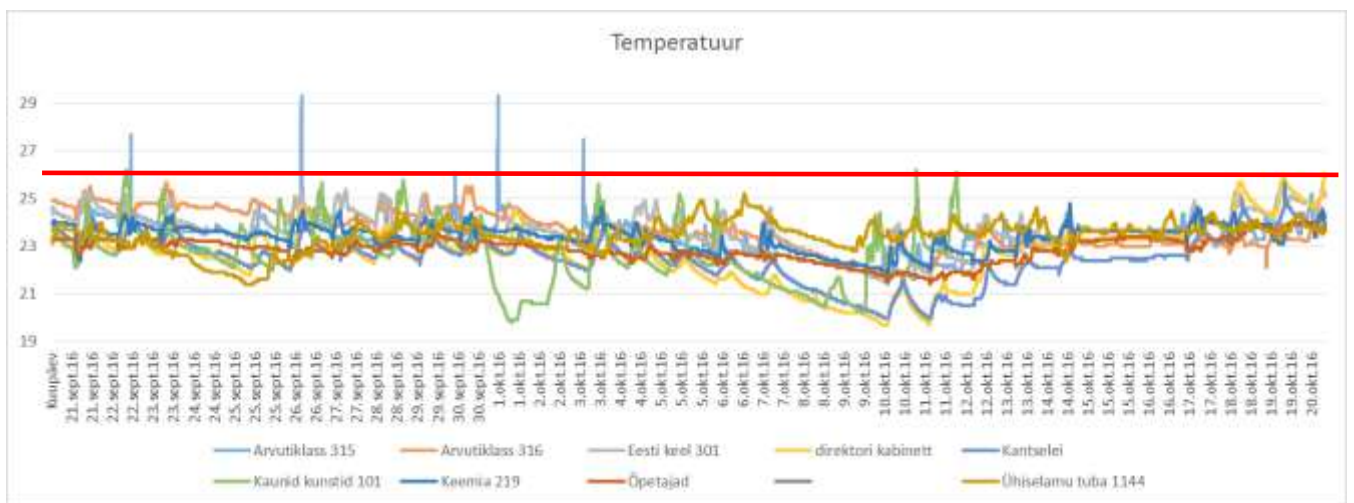
- Mõõdistused toimusid ajavahemikul, kui välistemperatuur oli enamus ajast plusskraadides ning ainult mõõtmisperioodi lõpus langes alla null kraadi. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli -9,3°C kuni 16,1°C
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,2 – 2,0 m põrandapinnast.
- Lisaks koolihoonele mõõdeti ühes ühiselamu toas.

NRG tunniplaan 2016./17. õppeaasta I periood

| | 10a | 10b | 10c | 11a | 11b | 11c | 12a | 12b | 12c | | | | | | | | | |
|------|----------------|-------------|-------------|---------|----------------|-------------|----------------|-------------|-------------|---------------------|----------------|-------------|---------------|--------------|------------------|---------|--------------|---------|
| E 1. | MA | 202 | KK | SH | AÕ / B2ik | 102/316 | KE | 219 | EK | 301 | FÜ | 203 | B2ik / FÜR | 106/306 | EK | 302 | MA | 201 |
| S 2. | B2ik / AÕ | 106/317 | FÜ | 203 | MA | 202 | FÜ | 215 | KE | 219 | MA | 201 | EK | 301 | KK | SH | B2ik / Aõrak | 102/316 |
| M 3. | EK | 301 | AÕ / Mar | 317/202 | KE | 219 | BI | 215 | B2ik / FÜR | 201/206 | EK | 302 | KK | SH | MA | 201 | AJ | 303 |
| A 4. | KE | 219 | EK | 302 | KK | SH | MA | 201 | FÜR / B2ik | 206/201 | AÕ / B2ik | 316/106 | ajalugu | 303 | FÜ | 203 | EK | 302 |
| S 5. | FÜ | 203 | KE | 219 | AJ | 303 | KK | SH | MA | 201 | UT | 315 | MA | 202 | BI | 215 | FÜ | 302 |
| P 6. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T 1. | KI | 301 | B2ik / AÕ | 104/317 | KE | 219 | MU | 101 | B1vk / B1vk | 306/304 | BI | 215 | MA | 202 | AJ | 303 | MA | 201 |
| E 2. | B1vk / AÕ | 304/317 | MA | 202 | BI | 215 | B2ik / B1vk | 104/306 | FÜ | 203 | MA | 201 | KI | 301 | KE | 219 | AJ | 303 |
| I 3. | AÕ / B1vk+sk | 317/106/306 | MU | 101 | B1vk+sk / Mar | 306/106/202 | FÜR / B2ik | 203/104 | EK | 301 | B1vk / FÜR | 304/306 | OÕ | 116 | OÕ | 116 | Blr / Ker | 215/219 |
| S 4. | MU | 101 | AÕ / B2ik | 317/104 | EK | 301 | B1vk+sk / FÜR | 306/106/203 | AJ | 303 | FÜR / B1vk+sk | 206/206/106 | IÕ | 102 | MA | 201 | KER / Blr | 219/215 |
| I 5. | VAL: ÖLE | | VAL: ÖLE | | VAL: ÖLE | | | | | VAL: RK, ME, JO | | | | | VAL: Vsk | | | |
| P 6. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K 1. | EK | 301 | MA / B1vk | 202/306 | B2ik / AÕ | 102/316 | KK | SH | MA | 201 | KI | 302 | FÜR / B2ik | 206/104 | MA | 203 | BI | 215 |
| O 2. | MA | 202 | FÜ | 203 | KI | 301 | MA | 201 | KK | SH | BI | 215 | AJ | 303 | B2ik / B2ik | 102/106 | KI | 302 |
| L 3. | FÜR / B2ik | 203/106 | KI | 301 | AÕ / B1vk | 317/306 | EK | 302 | BI | 215 | MA | 201 | MA | 202 | AJ | 303 | AÕrak / B2ik | 316/104 |
| M 4. | B2ik / FÜR | 106/203 | B1vk / AÕ | 306/317 | MA | 202 | UT | 315 | AJ | 303 | KK | SH | EK | 301 | BI | 215 | MA | 201 |
| A 5. | VAL: ÖLE | | VAL: ÖLE | | VAL: ÖLE | | | | | VAL: RK, ME, JO, MR | | | AÕrak / AÕpro | 316/315 | KI | 302 | KU | 101 |
| P 6. | | | | | | | | | | | | | | VAL: KÕ; Vek | | | | |
| N 1. | MA | 202 | EK | 301 | KK | SH | KE | 219 | MA | 201 | EK | 302 | OÕ | 303 | B2ik / B2ik | 102/106 | FÜR / B2ik | 206/104 |
| E 2. | KK | SH | B2ik / B1vk | 104/306 | EK | 301 | MA | 201 | UT | 315 | KE | 219 | MA | 202 | MA | 201 | B2ik / FÜR | 102/306 |
| L 3. | KE | 219 | MU | 101 | MA / AÕ | 202/316 | FÜ | 203 | B1vk / B2ik | 306/102 | B1vk / B2ik | 106/304 | KI | 301 | IÕ | 303 | KK | SH |
| J 4. | B1vk / B1vk+sk | 304/309/103 | MA | 202 | B1vk+sk / B2ik | 309/103/102 | MU | 101 | FÜ | 203 | MA | 201 | B2ik / B2ik | 106/104 | FÜ | 202 | EK | 302 |
| A 5. | MU | 101 | KE | 219 | AJ | 303 | B1vk+sk / B2ik | 309/103/104 | B2ik / B1vk | 102/304 | B2ik / B1vk+sk | 309/103/106 | KU | 202 | EK | 302 | MA | 201 |
| P 6. | | | | | | | | | | | | | | | ASTR | 116 | ASTR | 116 |
| R 1. | FÜ | 203 | MA | 202 | B2ik / B1vk | 102/306 | BI | 215 | MA | 201 | FÜ | 303 | AÕrak / AÕpro | 316/317 | KI | 302 | KE | 219 |
| E 2. | AÕ / Mar | 317/202 | B1vk / B2ik | 306/104 | KI | 301 | MA | 201 | KK | SH | B2ik / AÕrak | 106/316 | FÜ | 203 | KE | 219 | KI | 302 |
| S 3. | KI | 301 | KK | SH | MA | 202 | EK | 302 | BI | 215 | KE | 219 | KU | 101 | FÜR / Aõrak/õpro | 203/316 | B2ik / B2ik | 102/104 |
| D 4. | MA / B2ik | 202/106 | KI | 301 | BI | 215 | B1vk / B2ik | 306/104 | KE | 219 | KI | 302 | IÕ | 201 | AÕrak / FÜR | 316/203 | KU | 101 |
| E 5. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabel 9. Tunniplani näidis

Temperatuur.

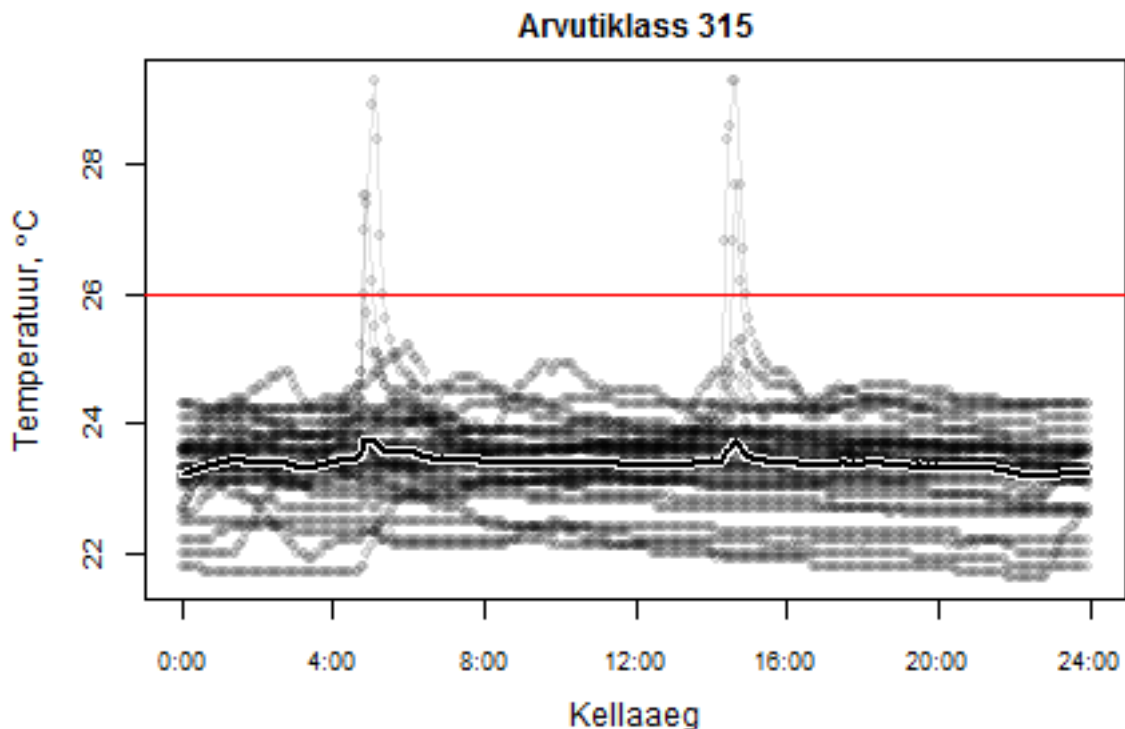


Graafik 28. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

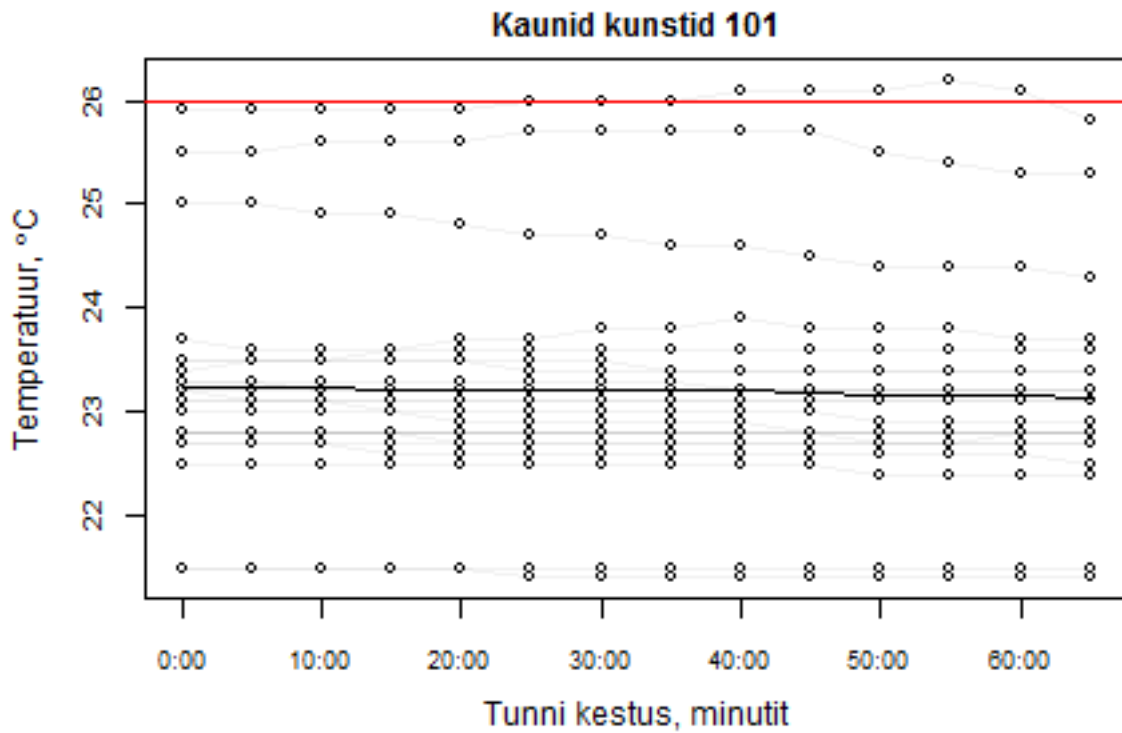
| | Arvutiklas | Arvutiklas | Eesti keel | direktori k | Kantselei | Kaunid ku | Keemia 21 | Õpetajad | Ühiselam | KOKKU |
|-------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 6272 | 10018 | 10668 | 10668 | 90966 |
| Üle 26 °C | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 26 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Üle 26 °C | 0,2% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |

Tabel 10. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

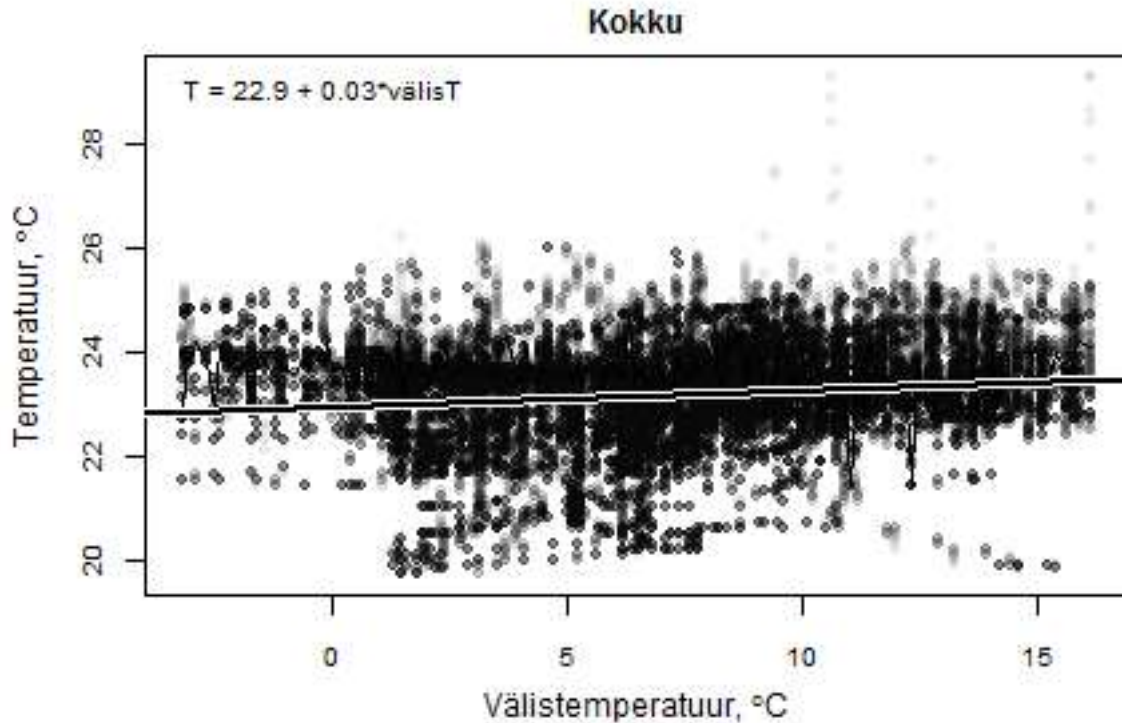
Graafikult 28 ja tabelist 10 lähtub, on temperatuur enamuses ajast lubatu piires. Kohati tõusis temperatuur lubatust kõrgemale arvutiklassis 315, kuid see on kogu mõõtmisperioodi jooksul vaid 95 minutit, mis on vaid 0,2% mõõtmisperioodi ajast. Nimetatud temperatuuri tõus on tingitud arvutite suurest soojaeritavusest (graafik 29). Kaunite kunstide klassis toimunud lühiajalised temperatuuritõusud on aga väga väikese tähtsusega, kuna 26°C piir ületati vaid 7 mõõtmiskorra ajal ühe tunni piires ehk 35 minutit, mis moodustab 0,1% mõõtmisperioodi ajast (graafik 30). Nagu näitavad graafik 31 ja tabel 11, sisetemperatuur välistemperatuurist praktiliselt ei sõltunud. Samas on imelik korrelatsioon välistemperatuuri ja sisetemperatuuri vahel (tabel 11) arvutiklassis 316, mis on koguni 0,68. Nimetatud seos võib olla tingitud välisseinte või akende suurest soojajuhtivusest. Ühiselamu toas on aga seos negatiivne ehk mida külmem on väljas, seda soojem ühiselamutoas. See võib olla tingitud ühiselamu toa kasutajate radiaatori reguleerimisest – kui väljas on külm, siis keeratakse radiaator oluliselt kuumemale temperatuurile.



Graafik 29. Temperatuuri muutus arvutiklassis 315 ööpäeva lõikes.



Graafik 30. Temperatuuri muutus kaunite kunstide klassis õppetöö tunni lõikes.



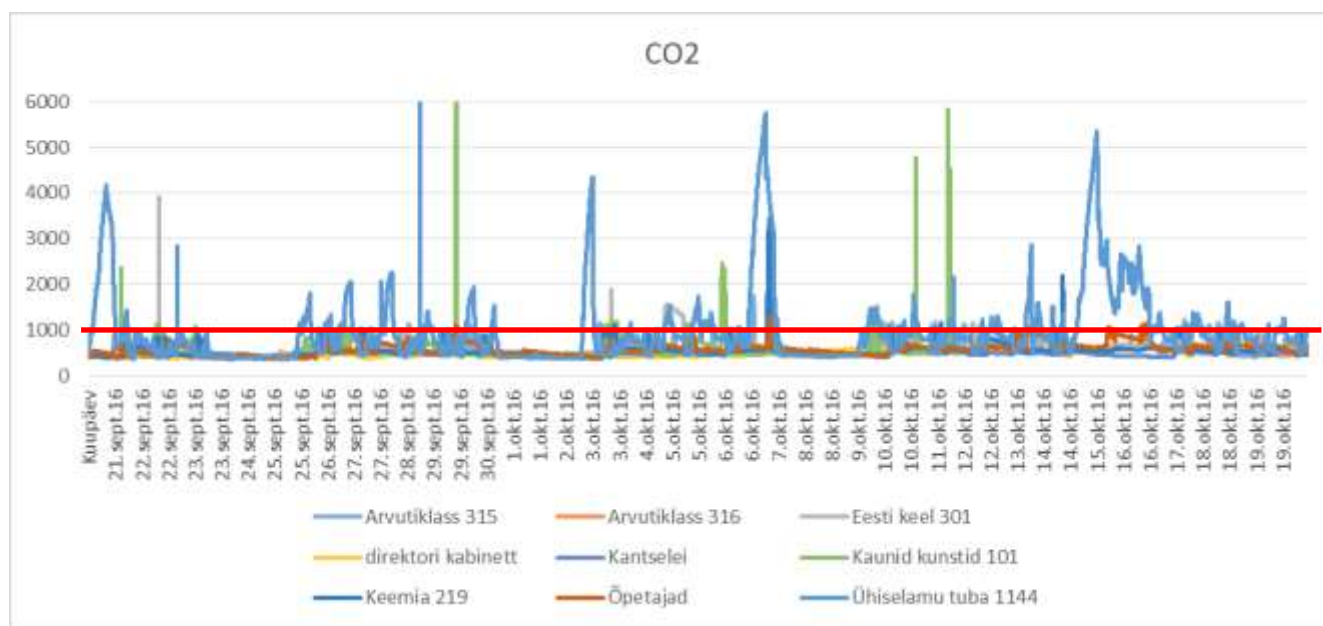
Graafik 31. Sisetemperatuuri sõltuvus välitemperatuurist

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|------------------------|--------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|------------------------------------|
| Arvutiklass 315 | 23,38 | 0,683 | 23,4 | 21,6 | 29,3 | 0,32 |
| Arvutiklass 316 | 23,69 | 0,825 | 23,6 | 21,6 | 25,7 | 0,68 |
| direktori kabinet | 22,74 | 1,265 | 22,9 | 19,7 | 26,0 | 0,06 |
| Eesti keel 301 | 23,74 | 0,773 | 23,7 | 21,4 | 25,6 | 0,27 |
| Kantselei | 22,52 | 1,001 | 22,6 | 20,0 | 25,7 | 0,26 |
| Kaunid kunstid 101 | 22,68 | 1,198 | 22,8 | 19,8 | 26,2 | 0,11 |
| Keemia 219 | 23,37 | 0,539 | 23,5 | 21,8 | 24,8 | 0,21 |
| Õpetajad | 22,86 | 0,526 | 22,9 | 21,4 | 24,4 | 0,05 |
| Ühiselamu tuba 1144 | 23,43 | 0,624 | 23,6 | 21,4 | 25,2 | -0,29 |
| Kokku | 23,17 | 0,955 | 23,3 | 19,7 | 29,3 | 0,15 |

Tabel 11. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Kokkuvõttes võib väita, et õhutemperatuur Nõo Reaalgümnaasiumis on lubatu piires.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 32. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperiodi ulatuses (mikrollitrit ppm liitris õhus).

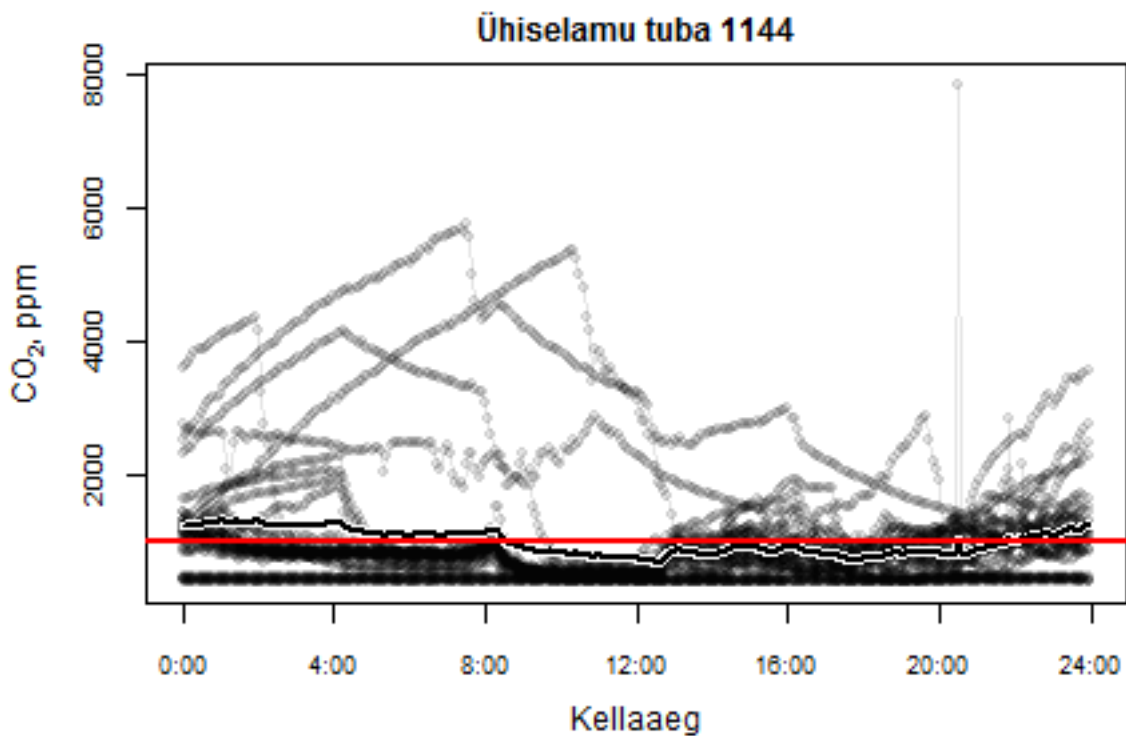
| | Arvutiklas | Arvutiklas | Eesti keel | direktori k | Kantselei | Kaunid ku | Keemia 21 | Õpetajad | Ühiselamu | KOKKU |
|---------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|--------------|
| KOKKU | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 6272 | 10018 | 10668 | 10668 | 90966 |
| Üle 1000 ppm | 164 | 54 | 425 | 1 | 41 | 206 | 125 | 101 | 2541 | 3658 |
| Üle 1000 ppm | 1,5% | 0,5% | 4,0% | 0,0% | 0,4% | 3,3% | 1,2% | 0,9% | 23,8% | 4,0% |

Tabel 12. Lubatud CO₂ taset ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperiodi vältel

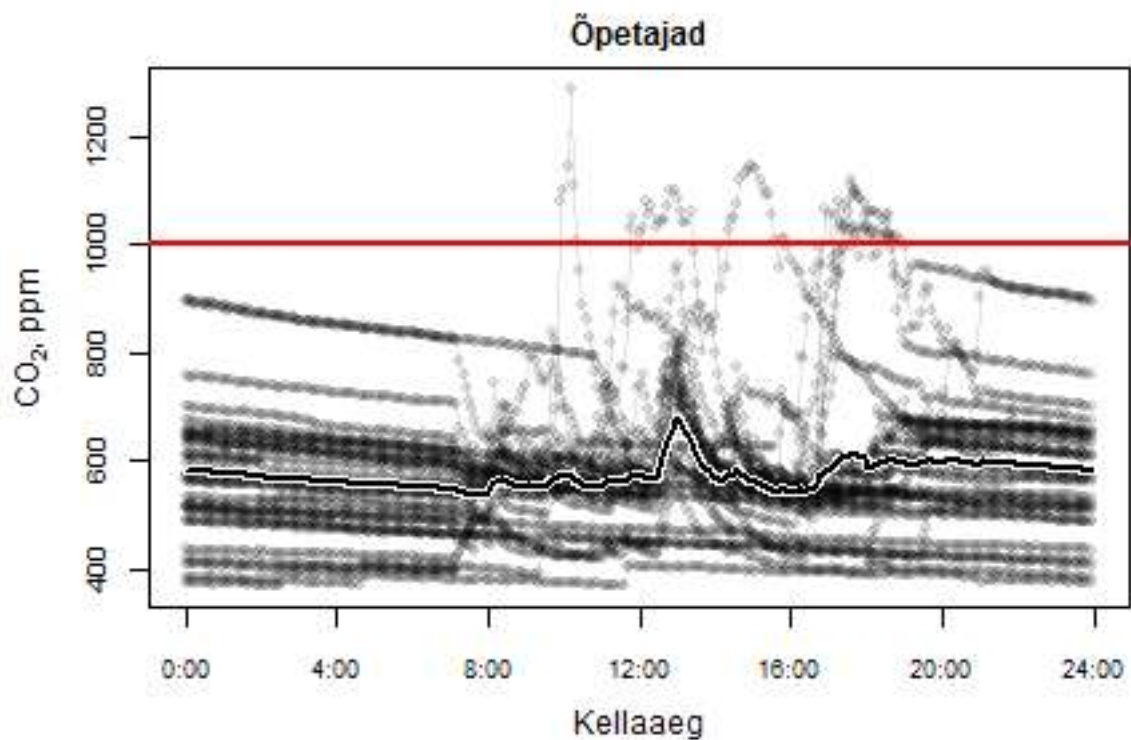
Graafikult 32 ja tabelist 12 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Kõige suurem on ületamine ühiselamu toas ning kõige vähem direktori kabinetis. Graafikul 32 joonistub selgelt välja CO₂ jaotumine – õppetegevuse ajal näidud tõusevad ning öötundidel ja nädalavahetustel on CO₂ tase ühtlaselt madal. Seega tuleb analüüsida ruume õppetöö toimumise ajal, vaid kindla tunniplaanita ruume analüüsiti ööpäeva lõikes. Kuna seadmetel oli erisusi salvestatud mõõtmisaja ja reaalse lõikes, siis võib esineda näitude tõlgendamisel anomaaliaid.

Kõige kriitilisem on olukord ühiselamu toas 1144, kus on lubatud piirmäär ületatud 23,8 kogu mõõtmisperioodi ajast. Kui vaadata graafikut 33, siis on selgelt näha, et CO₂ tase hakkab tõusma õhtul kella üheksa paiku ning tõuseb kuni hommikuni. Kohati on hommikul CO₂ tase üle 5000 ppm, mis on väga kriitiline suurus. Päeval ajal langeb tase aeglaselt ning kohati ei jõua langeda alla lubatud piiri.

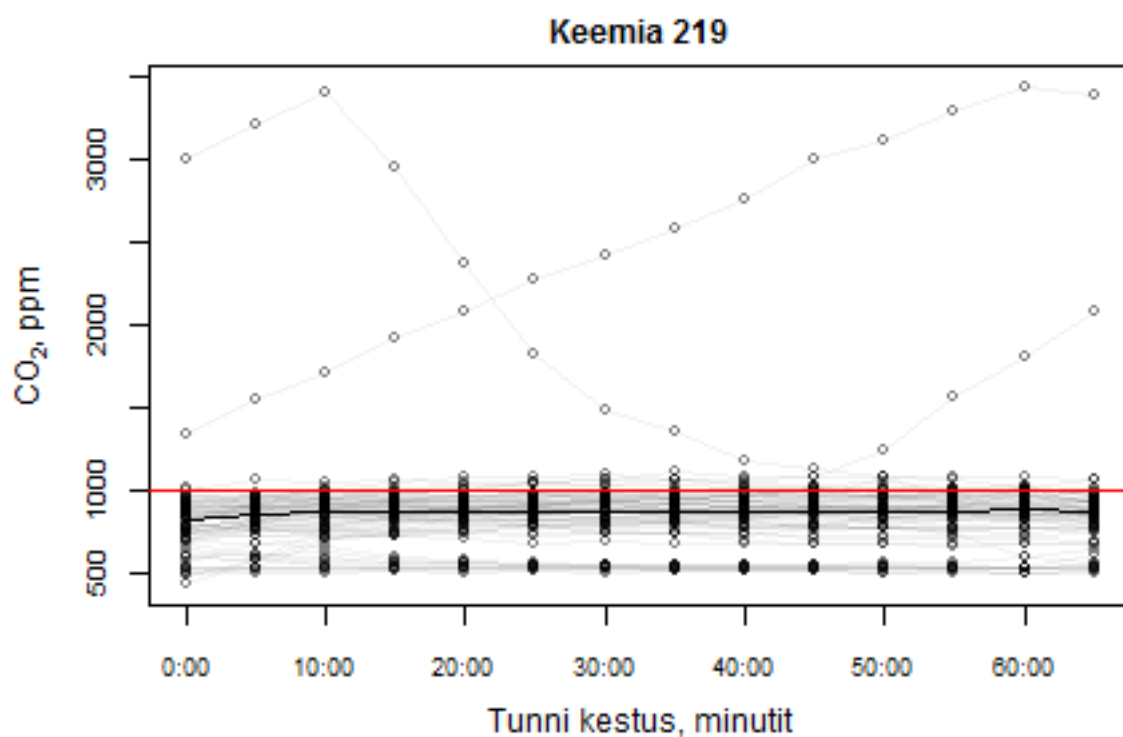
Graafikutelt 34-39 näeme, et ülejäänud ruumides on CO₂ taseme tõusmine üle lubatud piiri vaid üksikute tundide ajal ning jääb tabeli 12 põhjal alla 4% kogu mõõtmisperioodi ajast. Huvitav on asjaolu, et eesti keele ruumis on ühel öösel CO₂ tase (graafik 38) kogu öö püsinud väga kõrgel (4-5.oktoober). Kaunite kunstide klassis on CO₂ tase sageli kõige kõrgem väljaspool tunde.



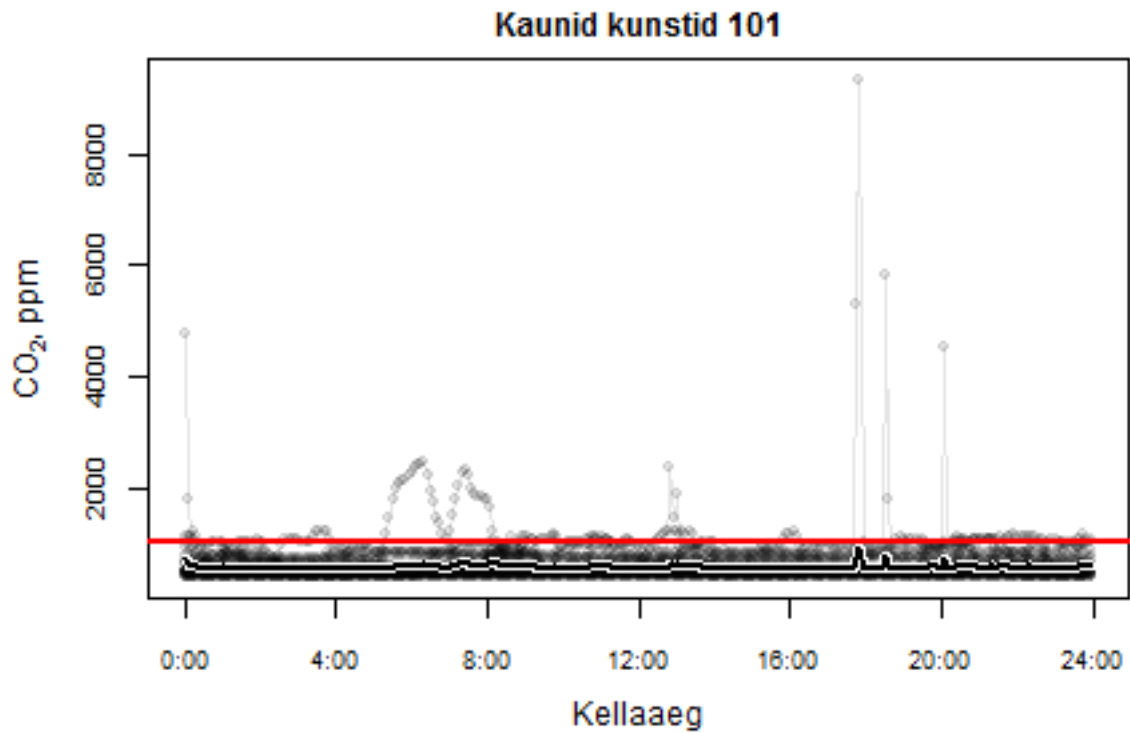
Graafik 33. Ühiselamutoa 1144 ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



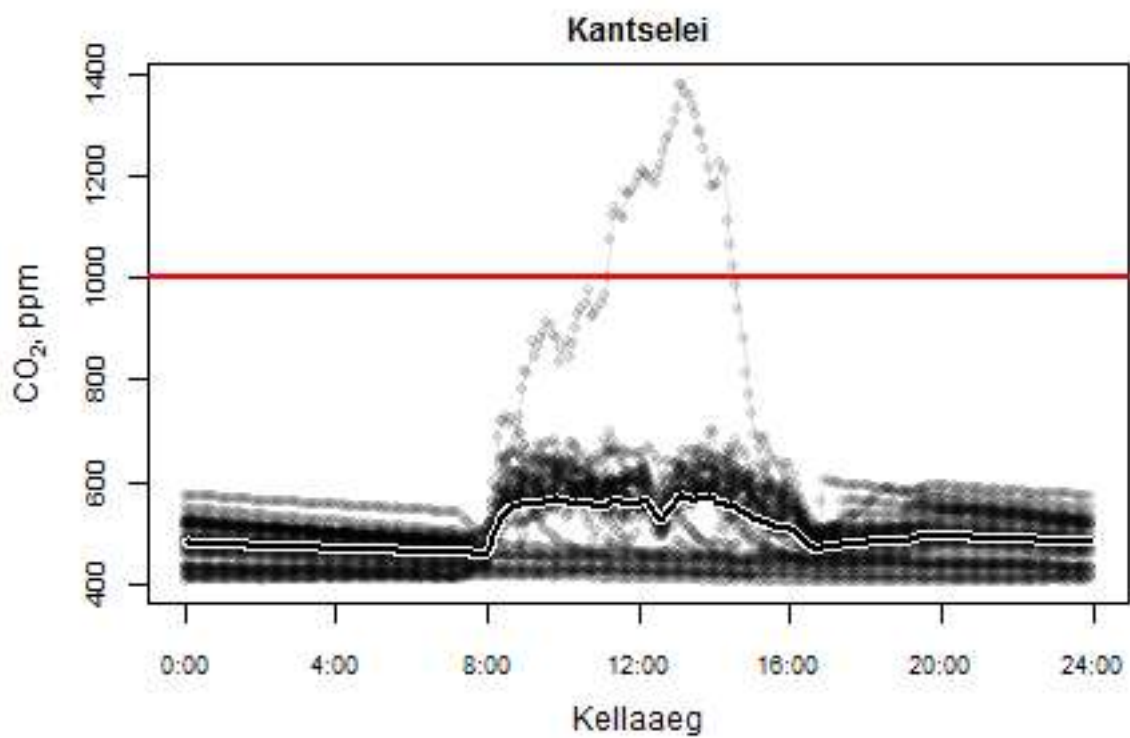
Graafik 34. Õpetajate toa ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



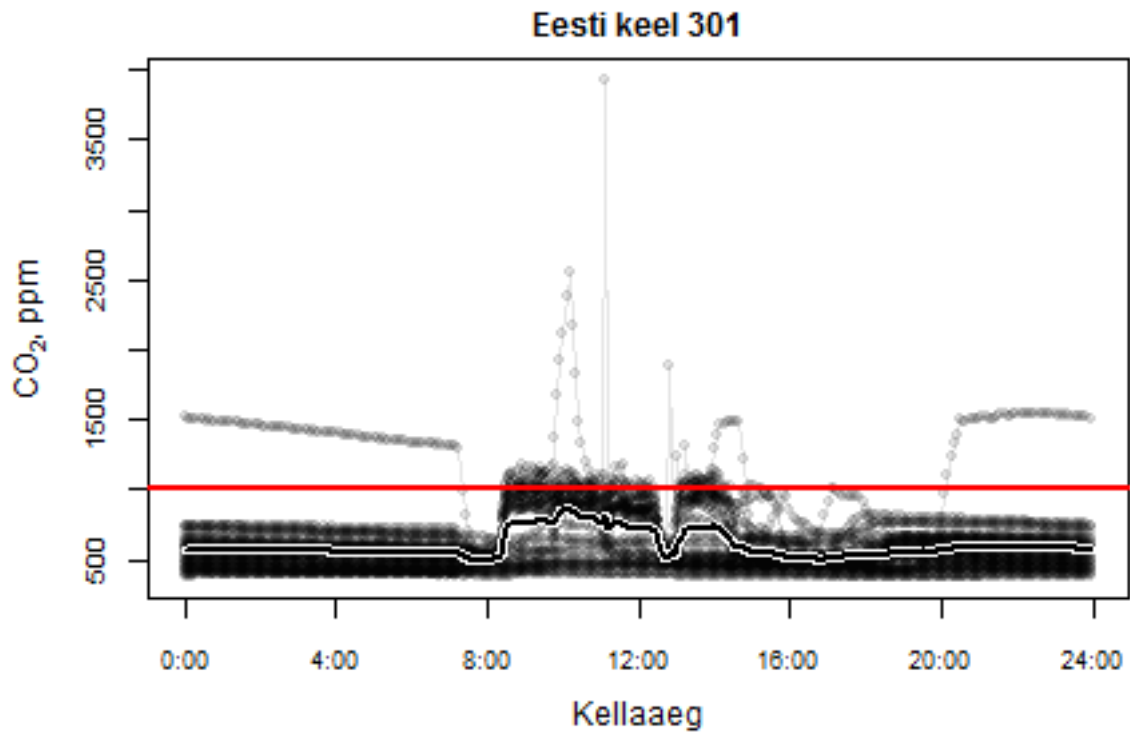
Graafik 35. Keemia klassi ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus õppeprotsessi tunni lõikes



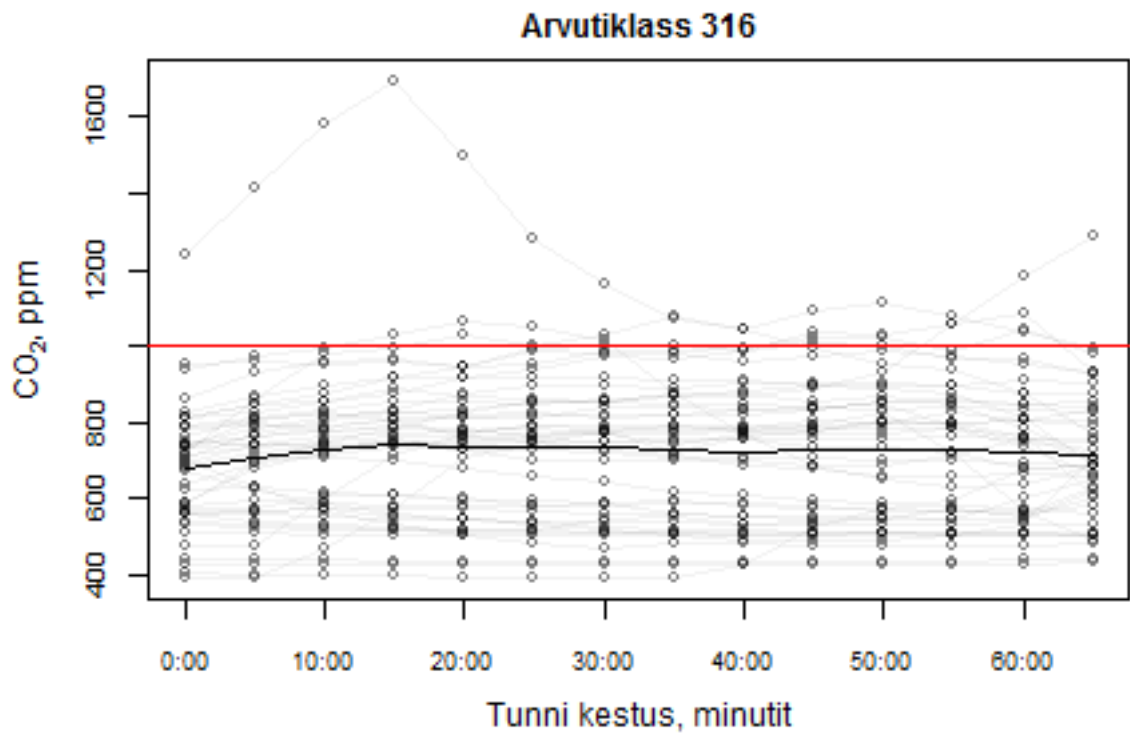
Graafik 36. Kaunite kunstide klassi ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 37. Kantselei ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 38. Arvutiklassi 315 ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes

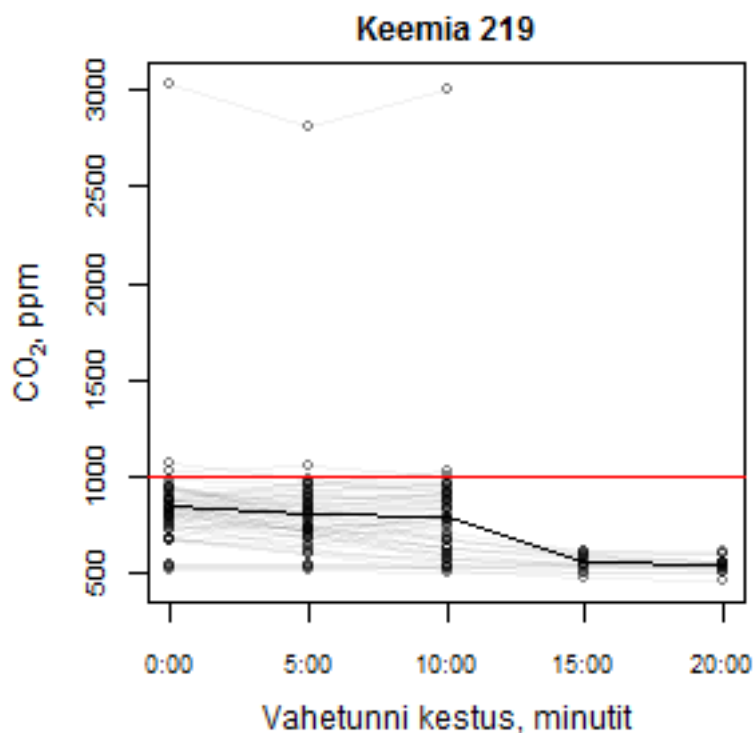


Graafik 39. Arvutiklassi 316 ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus õppeprotsessi tunni lõikes

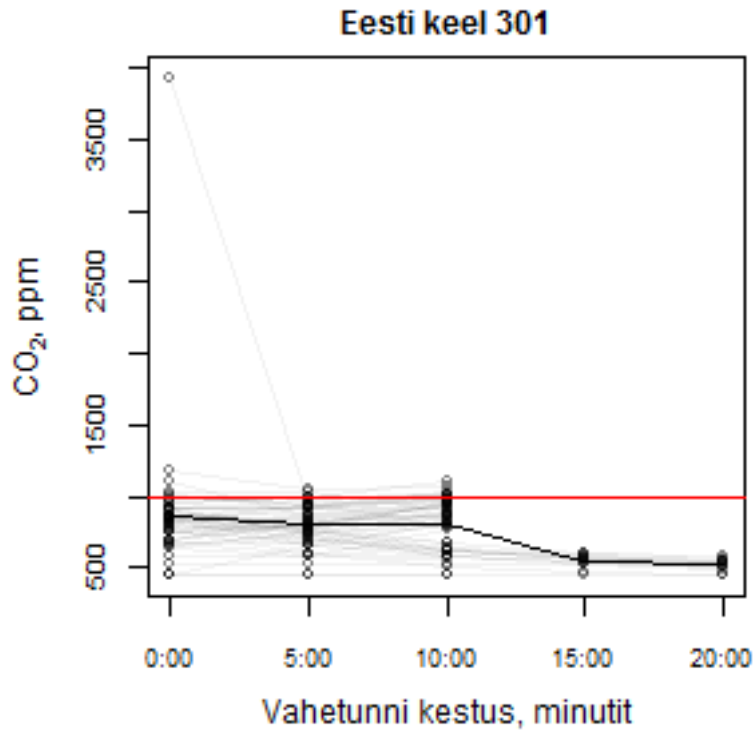
Lühikeste vahetundide (10 min) jooksul langes CO₂ tase minimaalselt või isegi tõusis pisut (graafikud 40-42) kuid pika vahetunni (20 min) puhul oli CO₂ taseme langus ruumiõhus tuntav. Tabeli 13 põhjal on näha, et kõige kiiremini langes CO₂ tase vahetunni ajal eesti keele klassis ja kaunite kunstide klassis vahetunni ajal CO₂ tase hoopis tõusis pisut.

| Ruum | Keskmine | Standardhälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|--------------------|----------|---------------|---------|----------|----------|----------------|
| Arvutiklass 315 | 734,9 | 247,0 | 583 | 495 | 1121 | -1,680 |
| Arvutiklass 316 | 640,0 | 136,0 | 638,5 | 403 | 1238 | -0,912 |
| Eesti keel 301 | 785,5 | 291,2 | 797 | 443 | 3932 | -5,992 |
| Kaunid kunstid 101 | 548,9 | 114,1 | 495 | 414 | 846 | 0,013 |
| Keemia 219 | 773,9 | 309,5 | 753 | 458 | 3031 | -4,724 |
| Kokku | 724,9 | 271,7 | 700,5 | 403 | 3932 | -3,956 |

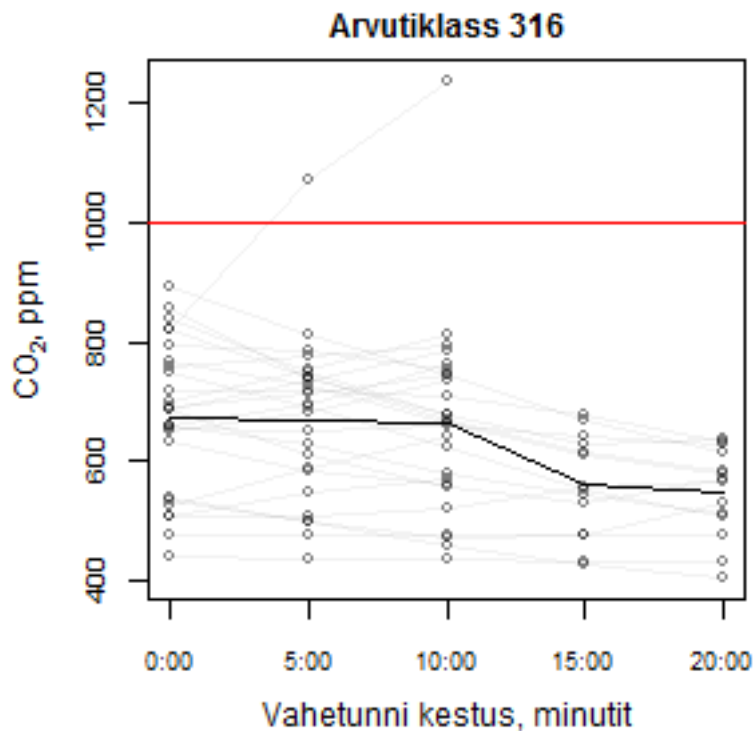
Tabel 13. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste vahetundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul vahetunni esimese 10 minuti kestel



Graafik 40. Keemia klassi 219 CO₂ taseme muutus vahetunni lõikes



Graafik 41. Eesti keele klassi 301 CO₂ taseme muutus vahetunni lõikes

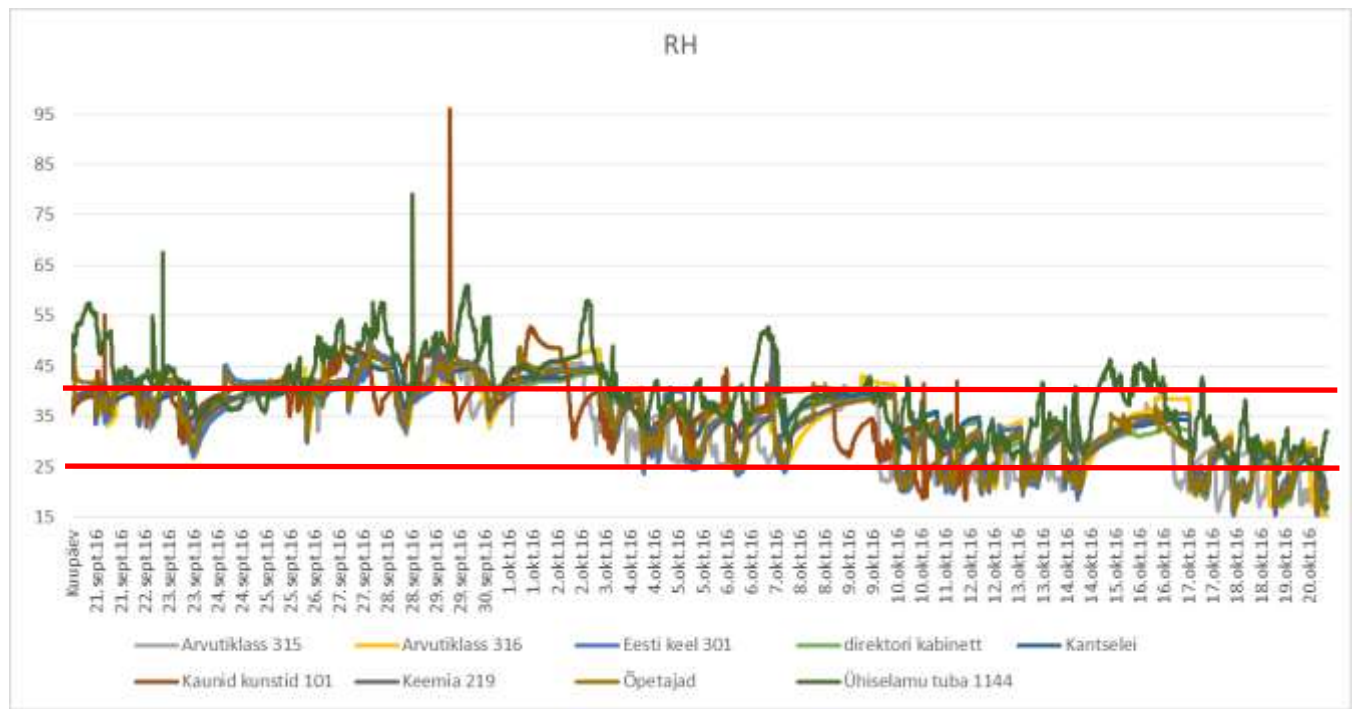


Graafik 42. Arvutiklassi 316 CO₂ taseme muutus vahetunni lõikes

CO₂ taseme kokkuvõtteks võib öelda, et problemaatiline on vaid ühiselamutuba. Arvestades asjaoluga, et mõõtmise toimus vaid ühes üliõpilastoaas, on soovitatav teostada täiendavaid

mõõtmisi veel teisteski tubades ning seejärel saab teha ettepanekuid sisekliima parandamiseks ühiselamus. Hetkel saab soovitada vaid ventilatsiooni tõhustamist ühiselamus.

Suhteline õhuniiskus



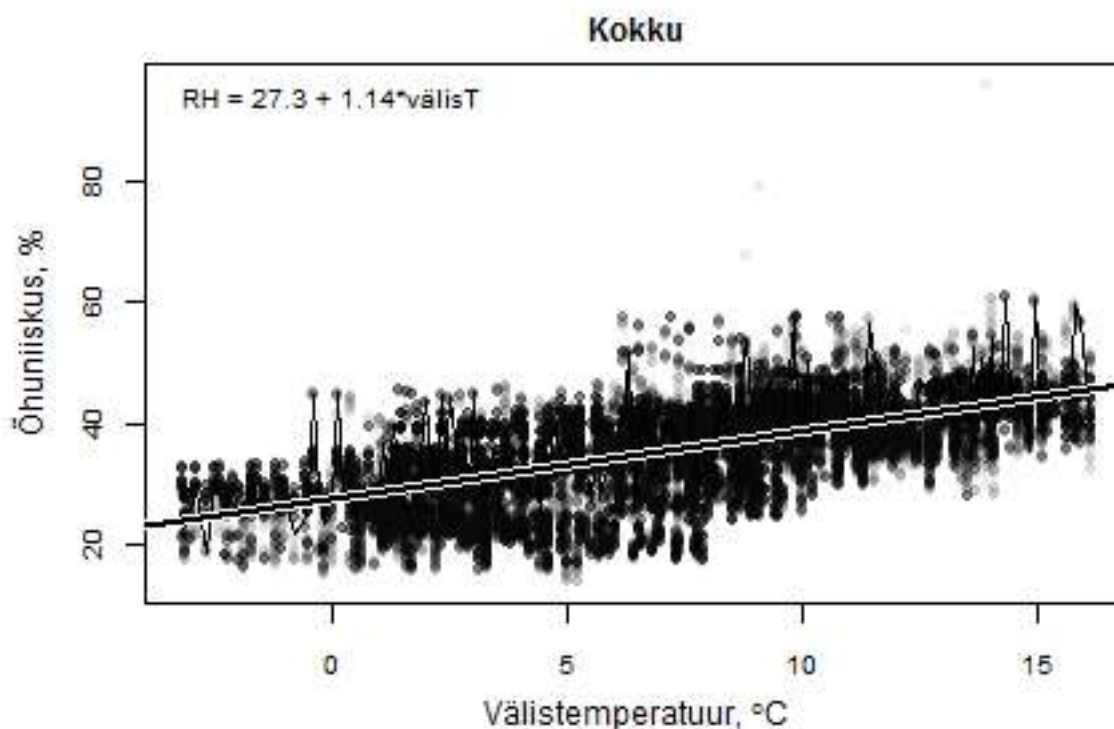
Graafik 43. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Arvutiklas | Arvutiklas | Eesti keel | direktori k | Kantselei | Kaunid ku | Keemia 21 | Õpetajad | Ühiselam | KOKKU |
|------------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 6272 | 10018 | 10668 | 10668 | 90966 |
| alla 40 % | 8762 | 8348 | 8443 | 8582 | 8775 | 3770 | 7747 | 7946 | 6583 | 68956 |
| alla 25 % | 1942 | 2038 | 2489 | 2791 | 2132 | 242 | 1847 | 2049 | 98 | 15628 |
| alla 40 % | 82,1% | 78,3% | 79,1% | 80,4% | 82,3% | 60,1% | 77,3% | 74,5% | 61,7% | 75,8% |
| alla 25 % | 18,2% | 19,1% | 23,3% | 26,2% | 20,0% | 3,9% | 18,4% | 19,2% | 0,9% | 17,2% |

Tabel 14. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 43 ja tabelist 14 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb allapoole lubatud piirmäärasid keskmiselt 75,8% ulatuses. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid septembris-oktoobris, kus välisõhu temperatuur on plusskraadides, on selline siseõhu suhtelise niiskuse tase madal. Kõige kõrgem oli suhteline õhuniiskus ühiselamu toas ja kaunite kunstide klassis, kuid ka seal olid suhtelise õhuniiskuse tasemed alla 40% vastavalt 61,7% ja 60,1% kogu mõõtmisperioodi ajast.

Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (graafik 44) on vahemikus 0,55-0,77. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=27,3+1,14 \cdot välisT$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 1,14% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.

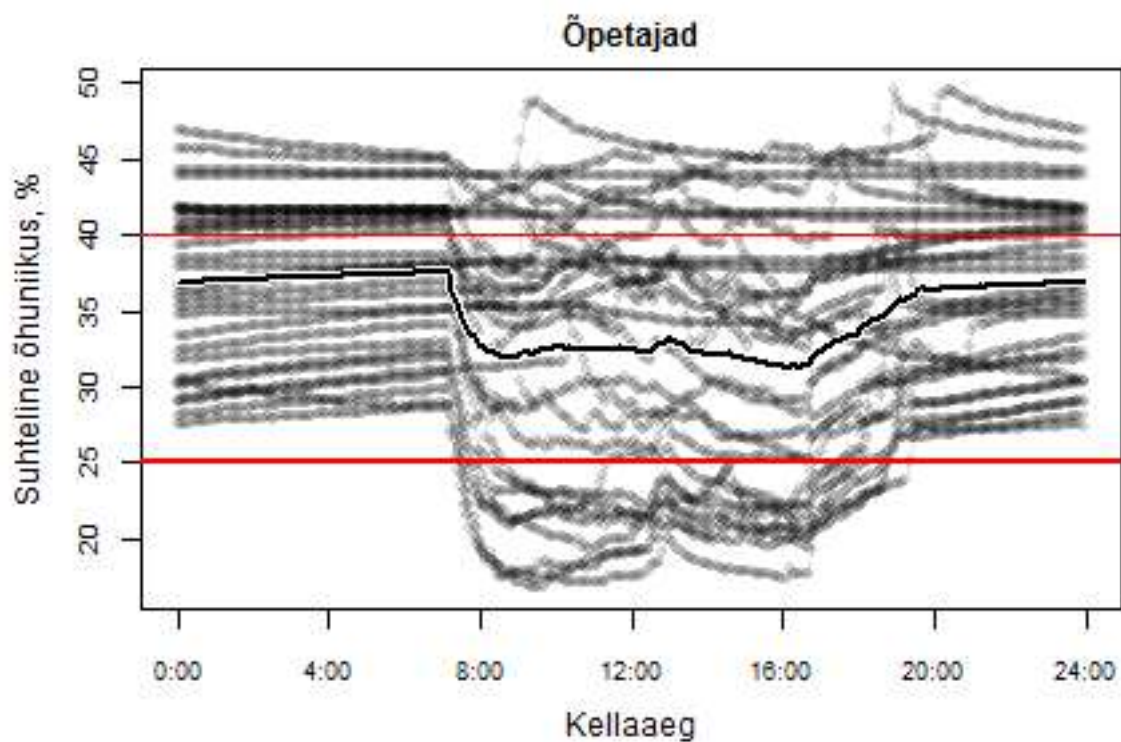


Graafik 44. Siseõhu suhtelise õhuniiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos

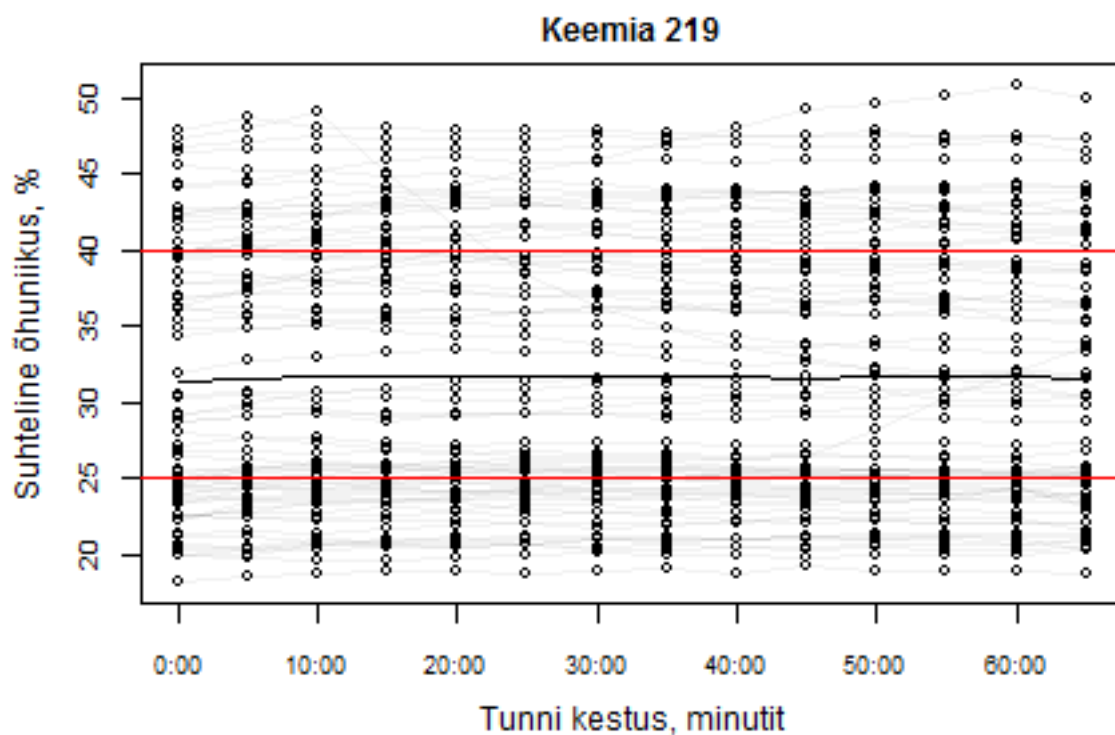
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välisemp,- ga |
|------------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-----------------------------------|
| Arvutiklass 315 | 33,57 | 7,30 | 34,6 | 16,2 | 48,4 | 0,77 |
| Arvutiklass 316 | 34,02 | 7,74 | 35,1 | 13,5 | 48,4 | 0,55 |
| direktori kabinet | 34,99 | 6,95 | 36,6 | 15,5 | 47,7 | 0,70 |
| Eesti keel 301 | 34,44 | 7,62 | 35,1 | 15,2 | 50,1 | 0,60 |
| Kantselei | 35,51 | 6,70 | 37,2 | 16,4 | 48,8 | 0,68 |
| Kaunid kunstid 101 | 37,67 | 6,51 | 38,9 | 18,4 | 96,1 | 0,60 |
| Keemia 219 | 34,31 | 7,28 | 35,3 | 15,7 | 50,9 | 0,66 |
| Õpetajad | 34,84 | 7,44 | 36,0 | 16,7 | 49,6 | 0,63 |
| Ühiselamu tuba 1144 | 39,40 | 7,78 | 39,5 | 22,6 | 79,2 | 0,73 |
| Kokku | 35,35 | 7,51 | 36,4 | 13,5 | 96,1 | 0,65 |

Tabel 15. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välisemperatuuriga

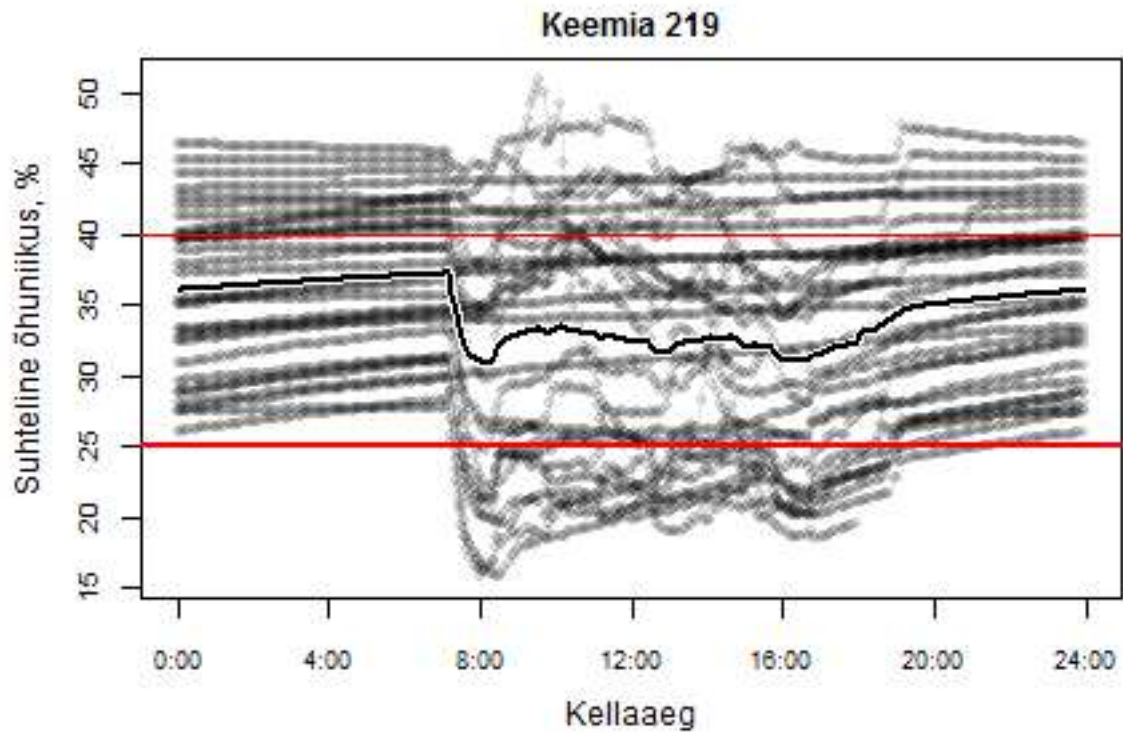
Analüüsidest suhtelise õhuniiskuse graafikuid ööpäeva ja õppetöö tundide lõikes (graafikud 45-54) võib täheldada asjaolu, et tundide alates langeb suhteline õhuniiskus järsult ja pärast tundide lõppu tõuseb aeglaselt. Selline muutus näitab, et ventilatsioon lülitatakse tundide alguses kohe intensiivsemaks ning tundide lõppedes keeratakse jälle vähem intensiivsemale režiimile. Õppetöö tundide lõikes suhteline õhuniiskus praktiliselt ei muutu.



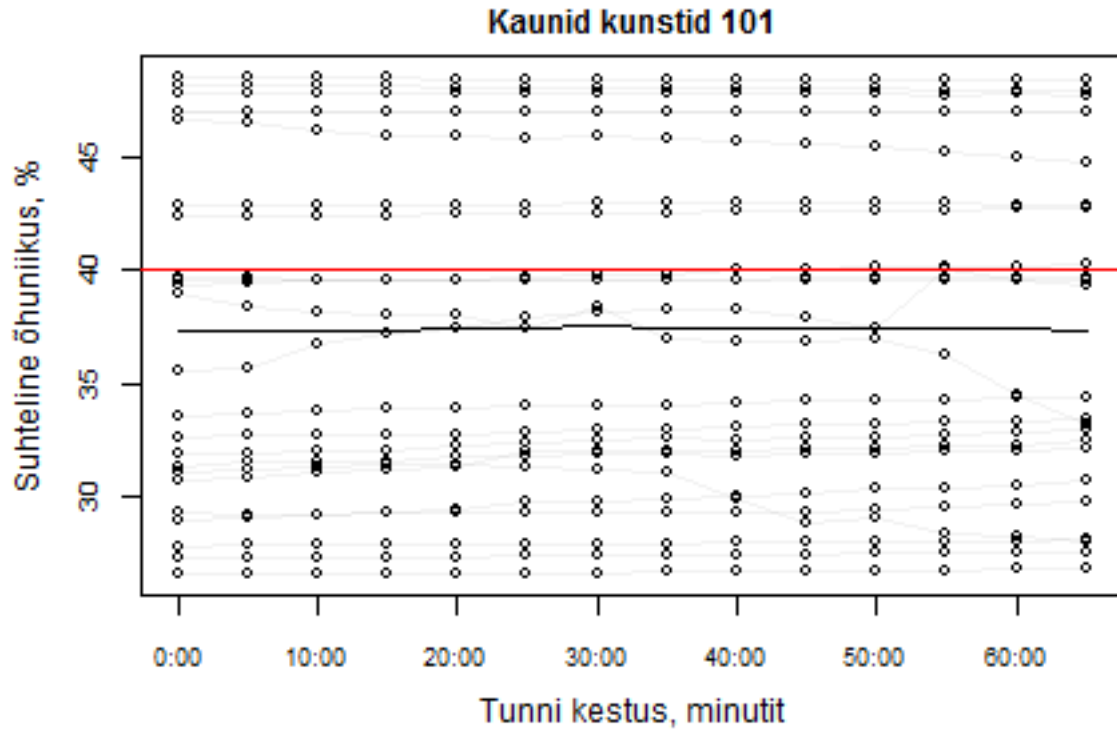
Graafik 45. Õpetajate toa suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes



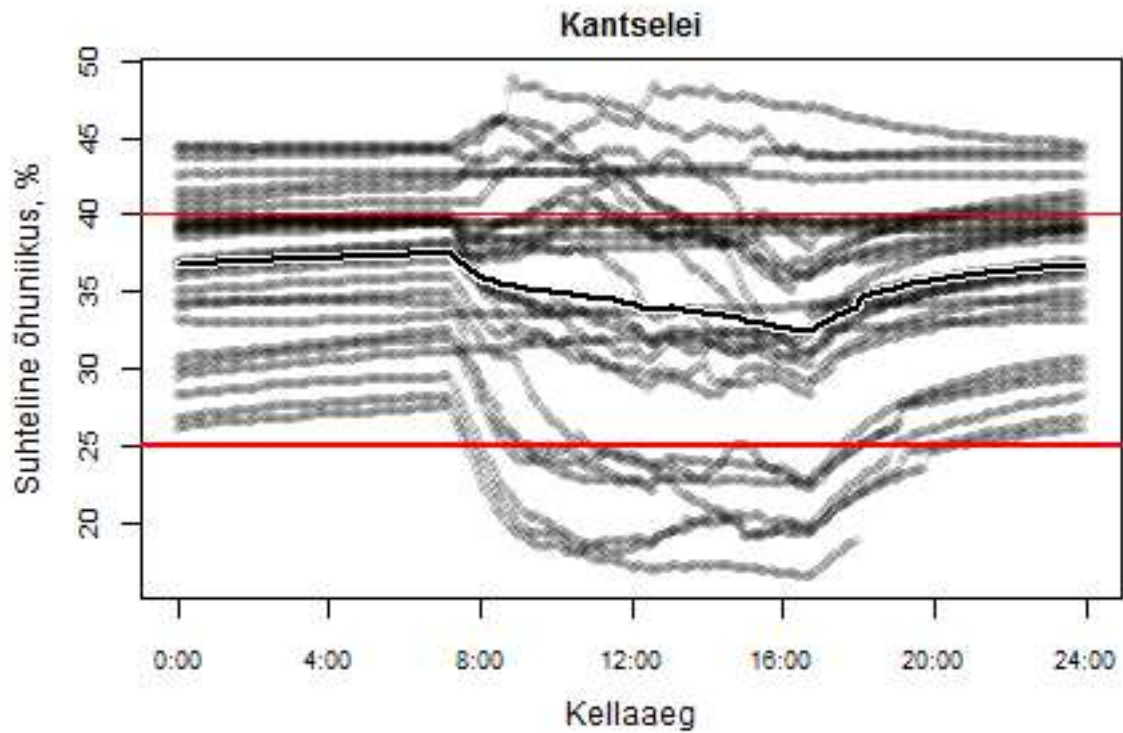
Graafik 46. Keemia klassi suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus õppetöö tunni lõikes



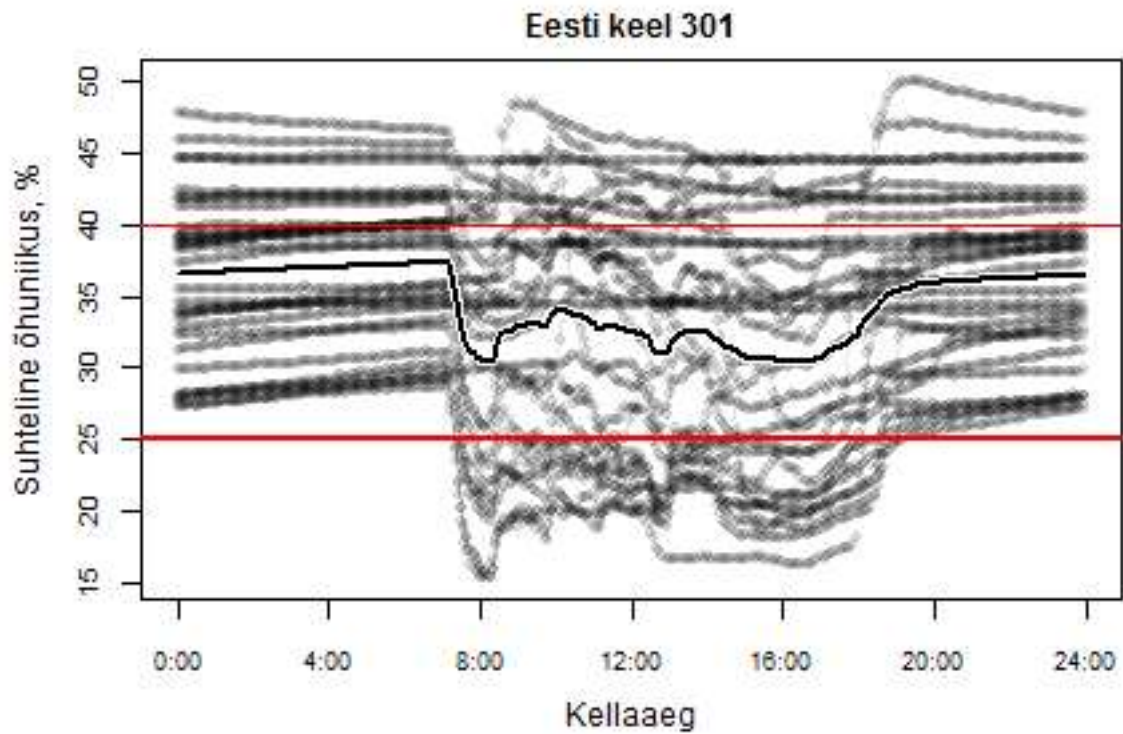
Graafik 47. Keemia klassi suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes



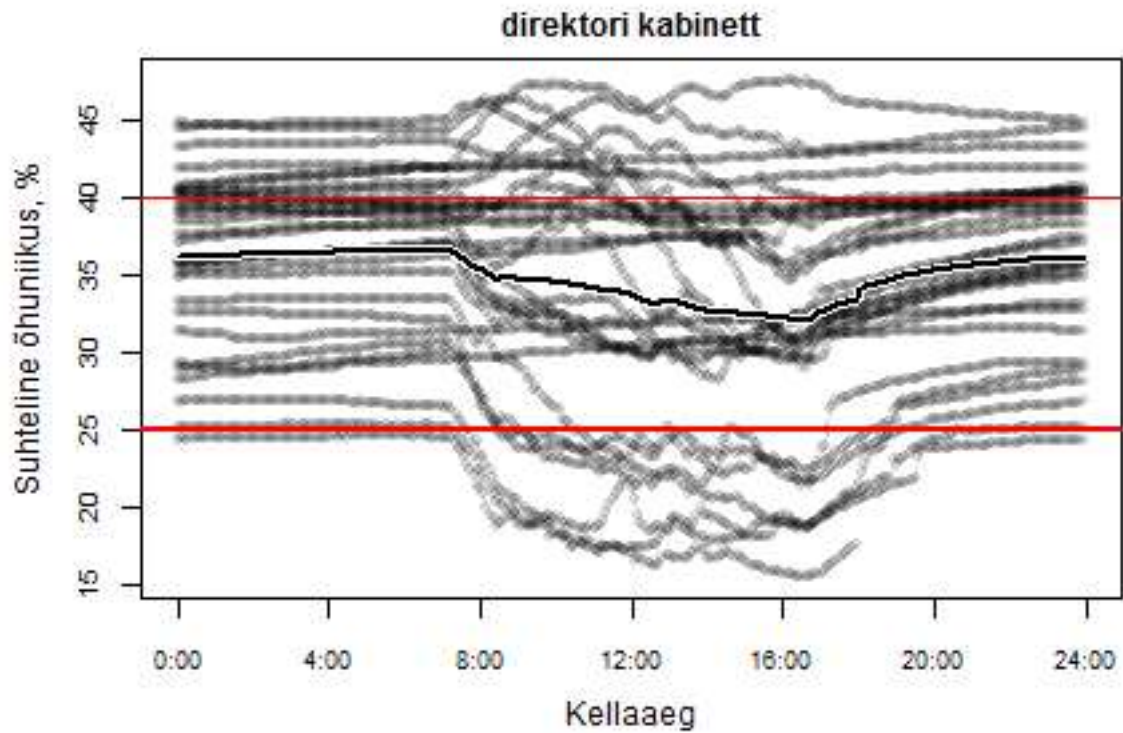
Graafik 48. Kaunite kunstide klassi suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus õppetöö tunni lõikes



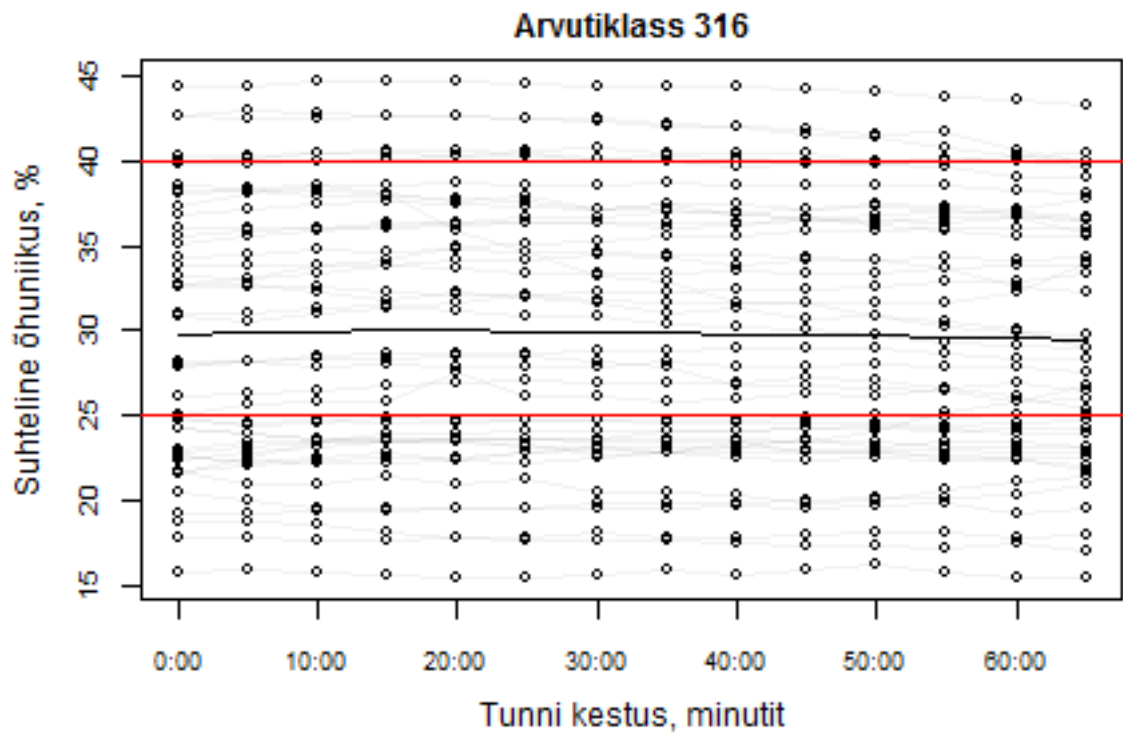
Graafik 49. Kantselei suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes



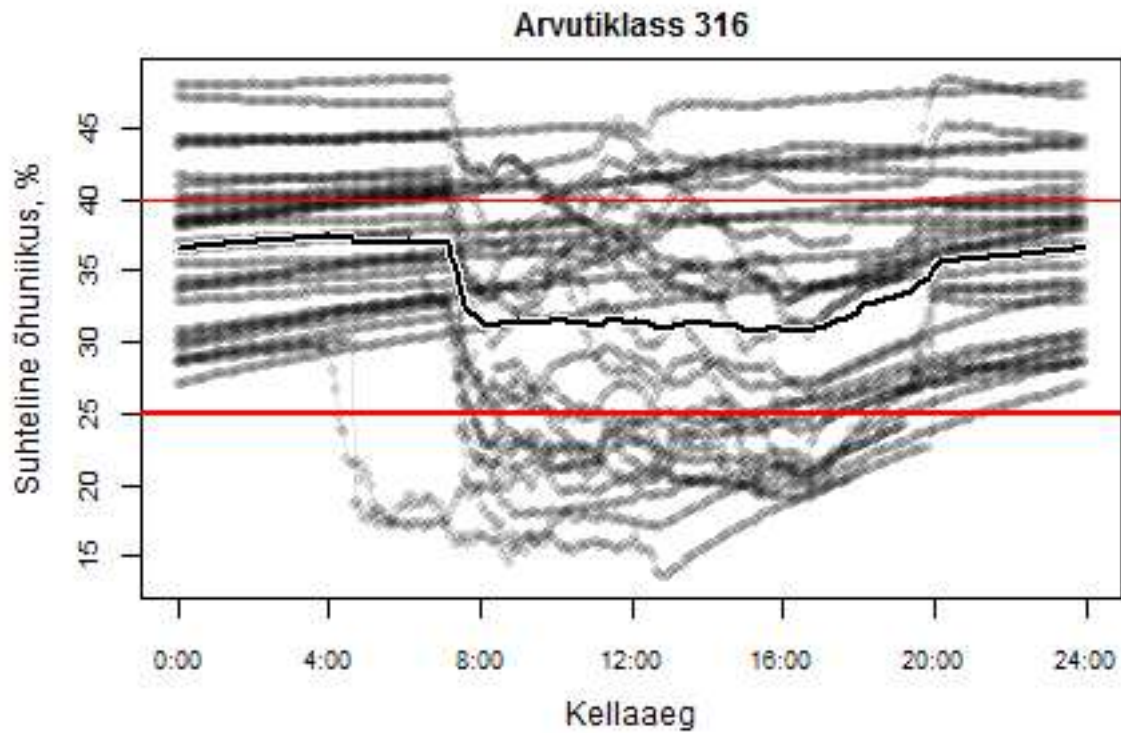
Graafik 50. Eesti keele klassi suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes



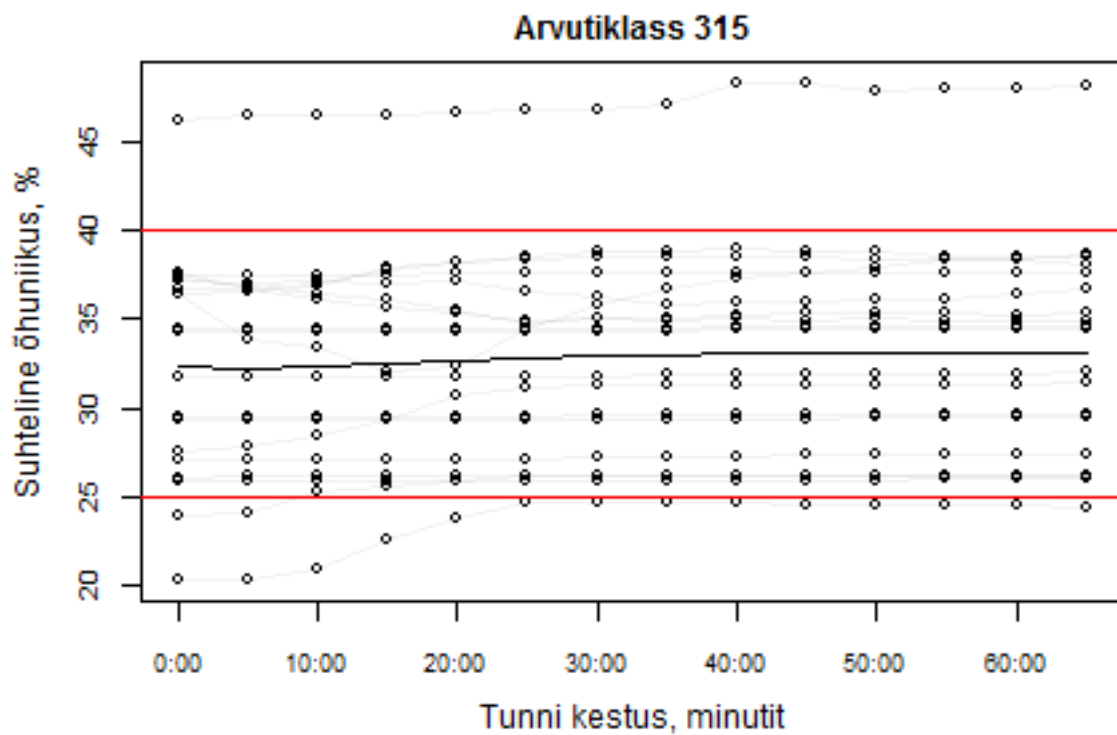
Graafik 51. Direktori kabineti suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes



Graafik 52. Arvutiklassi 316 suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus õppetöö tunni lõikes



Graafik 53. Arvutiklassi 316 suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes



Graafik 54. Arvutiklassi 315 suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus õppetöö tunni lõikes

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö

tunni vältel. Samas on päeval suhteline õhuniiskus oluliselt madalam kui öötundidel, sest suure tõenäosusega on siis ventilatsioon intensiivsemal režiimil. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Nõo Reaalgümnaasiumis keskmiselt tasemele 4,5%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Tartu Jaan Poska Gümnaasium

Mõõdistuste aeg: 26.september 2016 – 26.oktoober 2016

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Bioloogia ruum 419
- Eesti keel ruum 111
- Eesti keel ruum 107
- Humanitaar ruum 210
- Inglise keel ruum 315
- Inglise keel ruum 410
- Kelder ruum 016
- Kelder puhkeruum
- Loodusainete labor ruum 406
- Võõrkeeled ruum 213

Mõõdistusseadmed: Monitor-logger E6226, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Kasutatud monitor-loggerid E6226 ei töötanud ühtlaselt. Selle tulemusena toimusid nihked mõõtmisaja ja reaalaaja lõikes ning osad loggerid lõpetasid mõõtmise enne õiget tähtaega. Bioloogia klassis paiknenud logger ei mõõdistanud CO_2 taset.
- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamuse ajast plusskraadides ning ainult mõõtmisperioodi lõpus langes alla null kraadi. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli $-8,0^{\circ}\text{C}$ kuni $16,8^{\circ}\text{C}$
- Loggerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,6-2,2 m põrandapinnast.

- Sügisvaheaeg 22. oktoober kuni 30. oktoober 2016

I periood 1.september-14.oktoober 2016
Kokkuvõtlik ruumide tunniplaan

Jaan Poska Gümnaasium, Vanemuise 35, Tartu

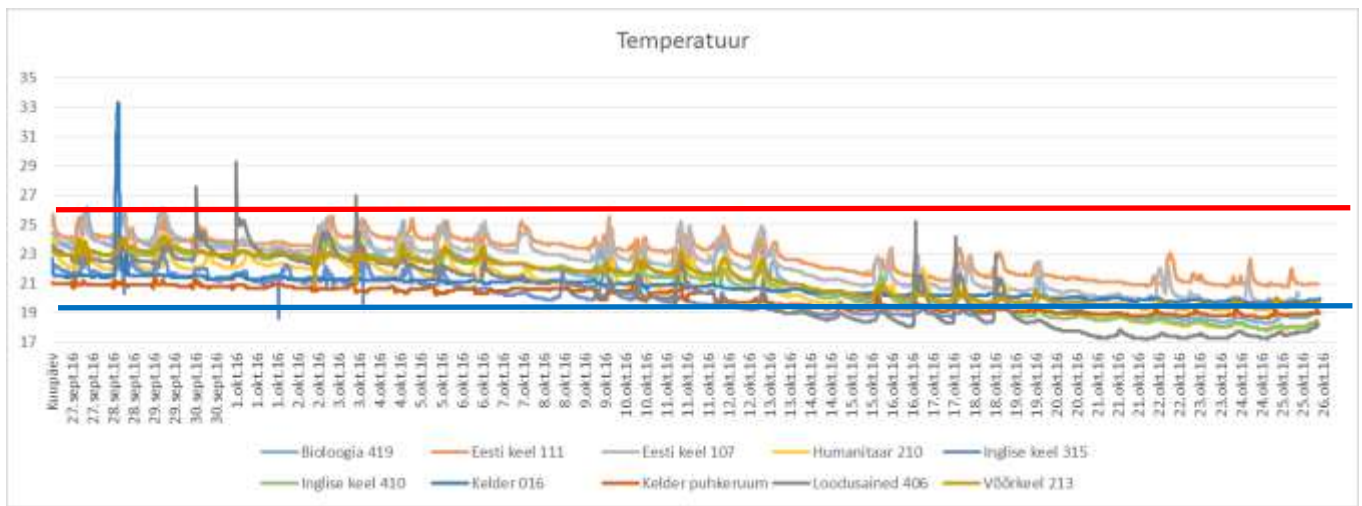
| | Esmaspäev | | | | | | | Teisipäev | | | | | | | Kolmapäev | | | | | | | Neljapäev | | | | | | | Reede | | | | | | |
|------------|-----------|------|------|------|------|------|---|-----------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|---|-----------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 107 | | 10.b | 10.b | 10.d | | | | | | 10.b | 10.d | 10.b | | | | 10.b | 10.d | 11.a | 10.d | | | | | 11.e | 11.a | 10.d | 10.b | | | 10.d | 10.b | 11.a | 11.e | | |
| 109 | | 10.a | 10.a | 10.c | | 10.c | | | 12.d | 12.c | 10.a | 10.c | | | | 10.a | 10.c | 12.d | 10.c | | | | 11.c | 12.c | 12.d | 10.c | 10.a | | | 10.c | 10.a | 12.c | 11.c | | |
| 110 | | 10.d | 12.a | 12.b | | | | | 11.b | 11.e | 10.e | | 10.b | | | 10.e | 12.a | 11.b | 11.e | 10.b | | | | 10.d | | 10.b | 12.a | 12.b | | 10.e | 10.d | 11.b | 11.e | | |
| 111 | | | 12.e | 11.b | 12.a | 12.a | | | 10.e | 12.a | 12.e | 11.b | | | | | 11.b | 12.b | 12.e | | | | 12.a | | 12.b | 10.e | | | 12.d | 12.c | 12.b | 10.e | | | |
| 210 | | 10.a | 10.a | 10.b | 12.d | | | | 10.a | 10.a | 10.a | 10.b | | | | 10.a | 10.a | 10.a | 10.b | | | | 10.a | 12.d | 10.a | 10.a | 10.b | | 10.a | 10.a | 10.a | | | | |
| aud 211 | | 10.a | 10.a | 11.e | 10.c | 12.b | | | 12.b | 10.c | 11.d | 12.d | | | | 10.a | 10.b | | | | | | 11.a | 12.a | | 12.b | 12.e | | | | | | | | |
| 213 | | | 12.a | 12.b | | 10.a | | | 11.b | 10.a | 10.b | | 11.d | 11.e | | 12.a | 11.b | 10.b | 11.d | 11.e | | | | 10.a | 10.b | 12.a | 12.b | | | 11.b | 11.e | 10.a | | | |
| 215 | | 10.d | 12.a | 12.b | | 10.a | | | 11.b | 11.e | 10.e | | | | | 10.e | 12.a | 11.b | | | | | 10.e | 10.d | 10.a | | 12.a | 12.b | | 10.e | 10.d | | 10.a | | |
| 305 | | 11.a | 11.d | 12.c | 10.e | | | | 12.e | | 11.e | 12.c | | | | 12.c | 10.a | 11.a | 11.a | | | | 11.e | 11.c | 12.e | 11.a | 11.b | | 11.c | 11.e | 10.a | 12.e | | | |
| 306 | | 12.c | 10.a | 10.b | 12.e | 12.e | | | 10.a | 10.b | 12.d | | 12.e | | | 12.d | 10.a | 10.b | 12.c | | | | | 10.a | 12.d | | | | 10.b | 12.e | 10.a | | | | |
| 307 | | 10.a | 12.b | | | | | | 12.c | 11.a | 11.b | | | | | | 12.c | | | | | | 12.b | 11.a | 11.b | 12.c | | | 11.a | 11.b | 12.b | | | | |
| 308 | | 10.a | 10.a | 10.b | | 10.e | | | 10.a | 10.b | 11.a | 11.b | | | | 10.a | 10.b | | | | | | 11.a | 11.b | | | | | 10.b | 11.a | 10.a | 12.b | | | |
| 309 | | 11.a | 12.c | 11.a | | | | | 11.b | 10.a | 12.b | 12.c | | | | 12.a | 12.c | 10.a | 11.a | | | | | | 11.a | | | | 11.a | 12.b | 10.a | 10.b | | | |
| arvuti 310 | | | | 11.a | 11.c | | | | | 11.d | | | | | | 11.b | 11.e | 11.c | 11.d | | | | | | 11.b | 11.e | | | 11.a | 11.c | | | | | |
| 313 | | | 11.c | 12.c | 10.e | 12.d | | | 12.e | 10.a | 12.a | 12.c | 12.d | | | 12.a | 12.c | 10.a | 10.e | | | | 10.e | 11.c | 12.e | | | | 11.c | 12.a | 10.a | 12.e | | | |
| 315 | | 11.a | 11.c | 12.c | 11.a | | | | 12.a | 12.c | 12.d | | | | | 12.a | 12.c | 11.b | 11.a | | | | 11.c | | 11.a | 11.b | | | 11.c | 12.a | 12.b | | | | |
| 319 | | 10.e | | 10.c | 10.d | | | | 12.c | 10.c | 10.d | | | | | 12.c | 10.c | 10.d | | | | | 10.e | 12.c | | 10.c | 10.d | | 10.c | 10.d | 11.b | 11.e | | | |
| 405 | | 10.a | 10.a | 12.a | 11.d | | | | 12.a | 11.a | 11.b | | 10.a | | | 10.a | | | | | | | | | 10.d | 11.a | 11.b | | 11.a | 11.b | 12.a | | | | |
| 409 | | 12.a | 12.c | 12.e | | | | | 10.d | 11.a | 11.c | 10.e | | | | 11.a | 10.e | | 11.c | | | | 12.c | 12.e | 11.c | 12.a | | | 12.e | | 12.a | 12.c | | | |
| 410 | | 11.a | 11.c | 11.d | | 11.e | | | 11.a | 10.b | 11.e | | | | | 10.a | 10.b | 11.b | | | | | 11.e | 11.c | 11.d | 11.b | | | 11.c | 11.d | 11.e | 10.a | | | |
| arvuti 411 | | 12.b | 11.a | 10.e | 10.d | | | | 12.b | 12.e | | 11.a | 12.a | | | 12.e | 11.a | 12.a | 12.b | | | | 12.d | 12.b | 11.e | 11.a | | | 11.e | 12.a | 11.d | 10.c | | | |
| 413 | | 12.d | 11.e | 11.d | 12.c | 12.c | | | 11.d | | 12.d | 12.a | 12.c | | | 11.d | 12.e | 12.a | | | | | | | 12.a | 12.c | | | | | 12.e | 12.d | | | |
| 414 | | 12.e | 12.d | 11.c | 12.b | | | | 10.c | 10.d | 12.b | | | | | 10.d | 12.e | | 12.d | | | | 12.e | 10.c | | | | | 12.b | 10.c | 12.d | 10.d | | | |
| 419 | | 10.c | 11.b | | 10.b | 10.a | | | 11.c | 11.b | | 10.a | | | | 10.c | 11.c | 11.d | 10.a | | | | 10.c | 10.b | 11.d | 10.a | | | 11.b | 11.d | 11.c | 10.b | | | |

Tunniplaan loodud:28.10.2016

aSc Tunniplaan

Tabel 16. Tunniplaan

Õhutemperatuur



Graafik 55. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

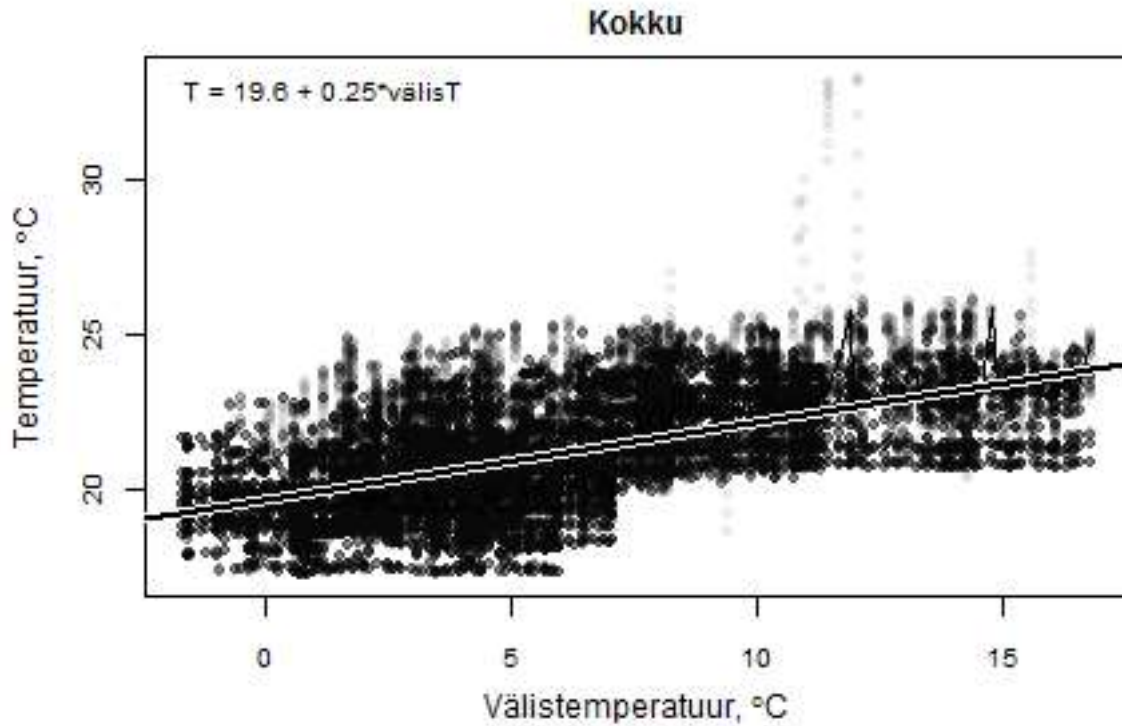
| | Bioloogia | Eesti keel | Eesti keel | Humanita | Inglise ke | Inglise ke | Kelder 01 | Kelder pu | Loodusain | Võõrkeel | KOKKU |
|-------------------|-----------|------------|------------|----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8449 | 8461 | 8335 | 8468 | 6358 | 8451 | 8473 | 8474 | 8463 | 8467 | 82399 |
| Üle 26 °C | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 11 | 0 | 43 |
| alla 19 °C | 1463 | 0 | 0 | 1618 | 566 | 1958 | 0 | 1232 | 2958 | 0 | 9795 |
| Üle 26 °C | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,3% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,1% |
| alla 19 °C | 17,3% | 0,0% | 0,0% | 19,1% | 8,9% | 23,2% | 0,0% | 14,5% | 35,0% | 0,0% | 11,9% |

Tabel 17. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 55 ja tabelist 17 lähtub, on temperatuur Tartu Jaan Poska Gümnaasiumis suhteliselt madal. Vaid üksikutes ruumides on õhutemperatuur tõusnud lühiajaliselt üle 26°C, kuid samas on temperatuur olnud alla 19°C kümnest ruumist kuues. Kõige jahedam on loodusainete klassis ja inglise keele klassis 410, kus on vastavalt 35,0% ja 23,2% ajast temperatuur alla 19°C. Lähtuvalt graafikust 56 ja tabelist 18 on siseõhu temperatuur korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga (0,62-0,80). See näitab, et hoone avatäited ja välispiire on suure soojajuhtivusega ning välistemperatuuri langedes hoone ruumid jahenevad. Kusjuures loodusainete klassil, mis on kõige jahedam klassiruum, on kõige suurem korrelatsioon sisetemperatuuri ja välistemperatuuri vahel (0,8).

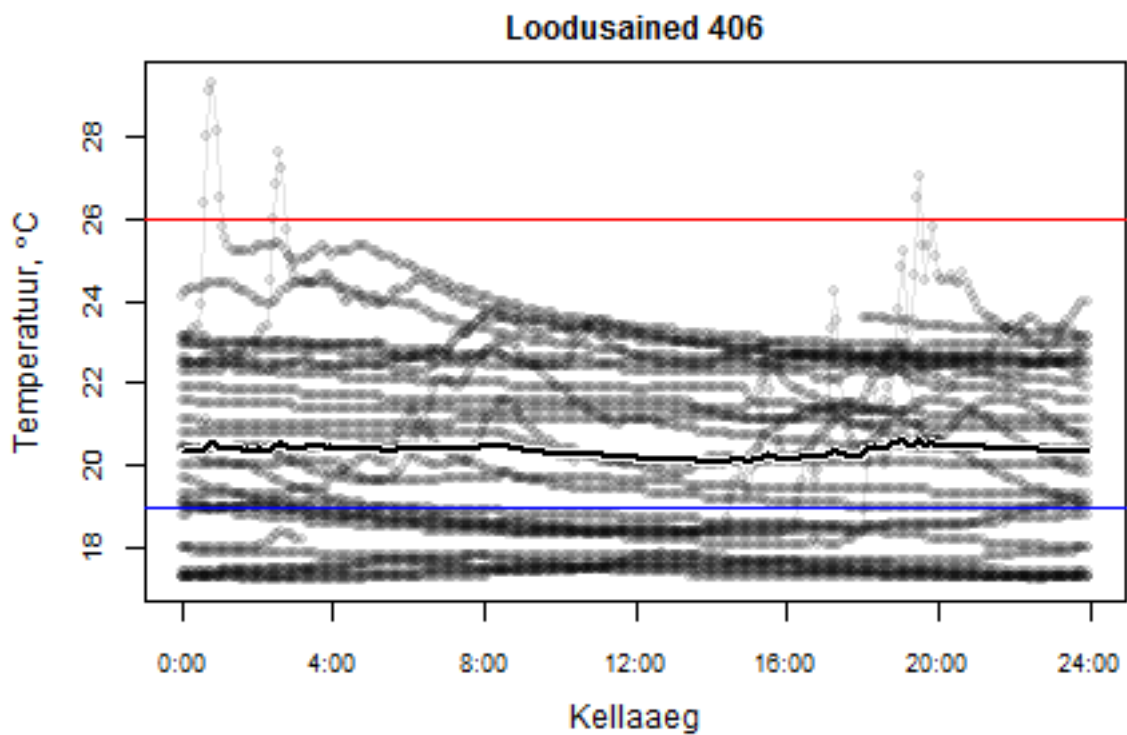
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välisemp,- ga |
|------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-----------------------------------|
| Bioloogia 419 | 21,55 | 2,02 | 21,8 | 18,3 | 26,2 | 0,76 |
| Eesti keel 111 | 22,92 | 1,31 | 23,3 | 20,8 | 25,7 | 0,68 |
| Eesti keel 107 | 22,34 | 1,55 | 22,7 | 19,7 | 26,1 | 0,68 |
| Humanitaar 210 | 20,79 | 1,66 | 21 | 17,9 | 24,3 | 0,70 |
| Inglise keel 315 | 20,47 | 1,12 | 20,5 | 18,6 | 23,1 | 0,77 |
| Inglise keel 410 | 21,02 | 1,84 | 21,4 | 17,8 | 24,2 | 0,76 |
| Kelder 16 | 20,75 | 0,85 | 20,8 | 19,6 | 33,3 | 0,62 |
| Kelder puhkeruum | 19,95 | 0,79 | 20,2 | 18,7 | 21,5 | 0,77 |
| Loodusained 406 | 20,34 | 2,16 | 20,4 | 17,2 | 29,3 | 0,80 |
| Võõrkeel 213 | 21,42 | 1,45 | 21,8 | 19,3 | 24,3 | 0,78 |
| Kokku | 21,17 | 1,78 | 21,1 | 17,2 | 33,3 | 0,61 |

Tabel 18. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

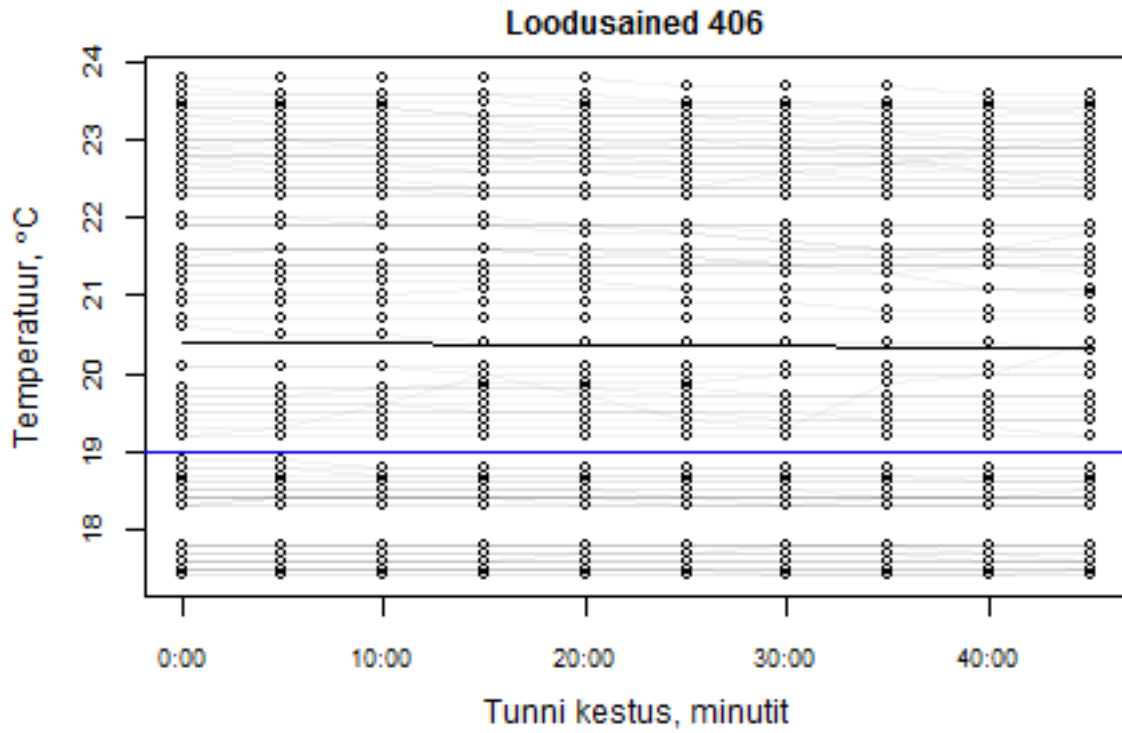


Graafik 56. Siseõhu temperatuuri sõltuvus välisõhu temperatuurist.

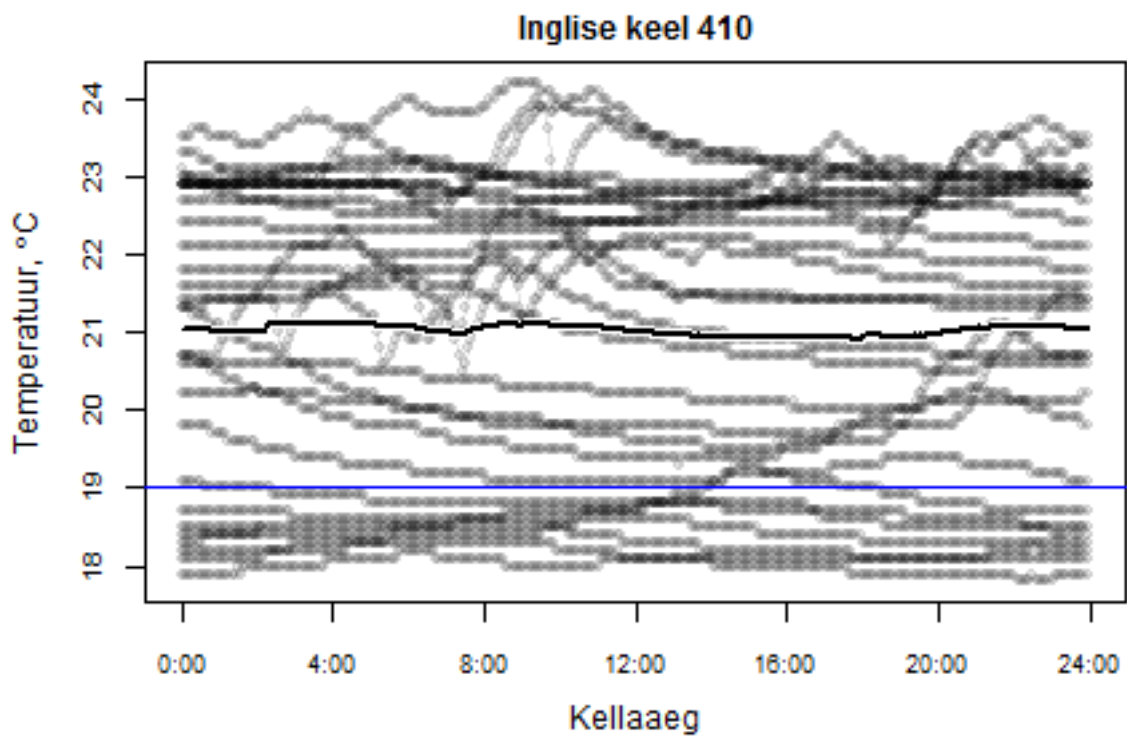
Analüüsid õhutemperatuuri ööpäeva ja õppetöö tundide lõikes (graafikud 57- 66), näeme, et temperatuuri muutused on marginaalsed. Seega mõjutavad õpilased ruume kasutades õhutemperatuuri minimaalselt ning ventilatsioon ja küte on ruumides ühtlane.



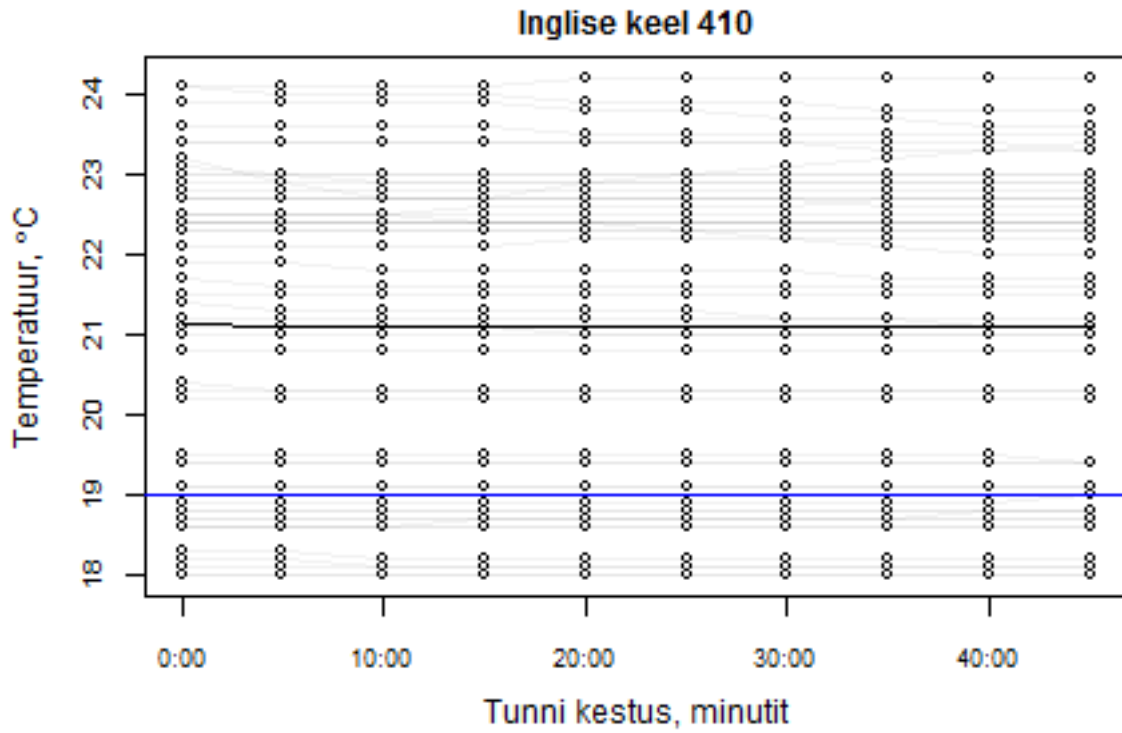
Graafik 57. Õhutemperatuuri muutus loodusainete klassis ööpäeva lõikes



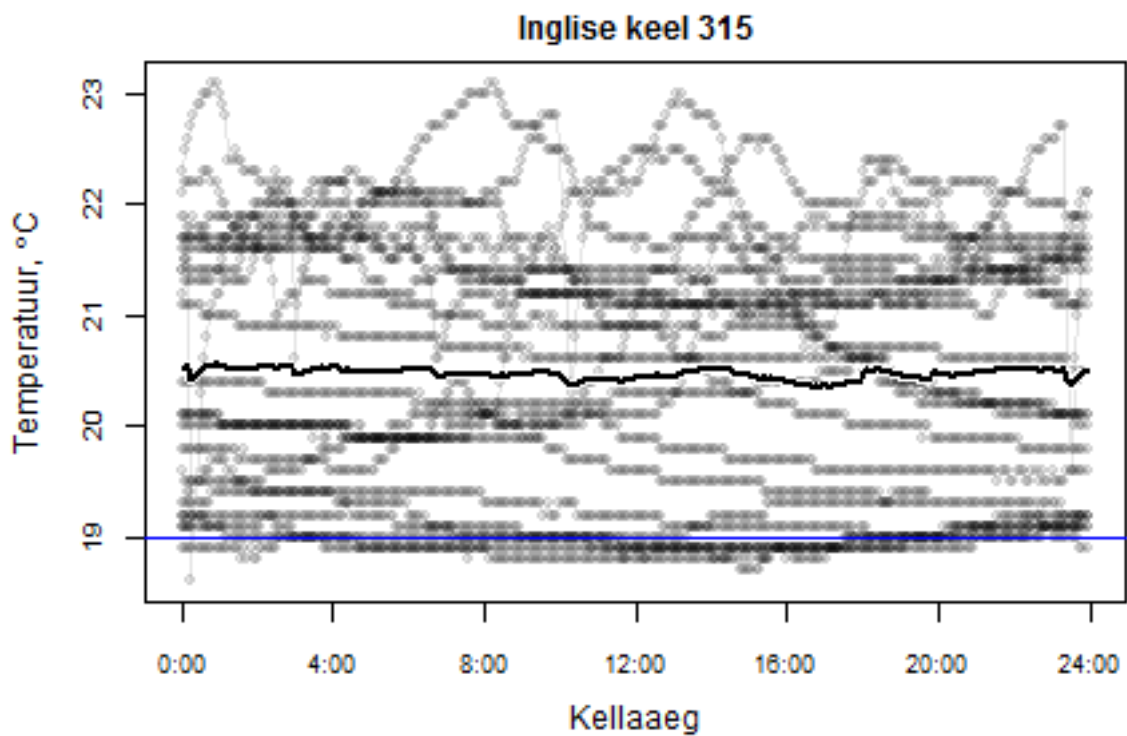
Graafik 58. Õhutemperatuuri muutus loodusainete klassis õppetöö tunni lõikes



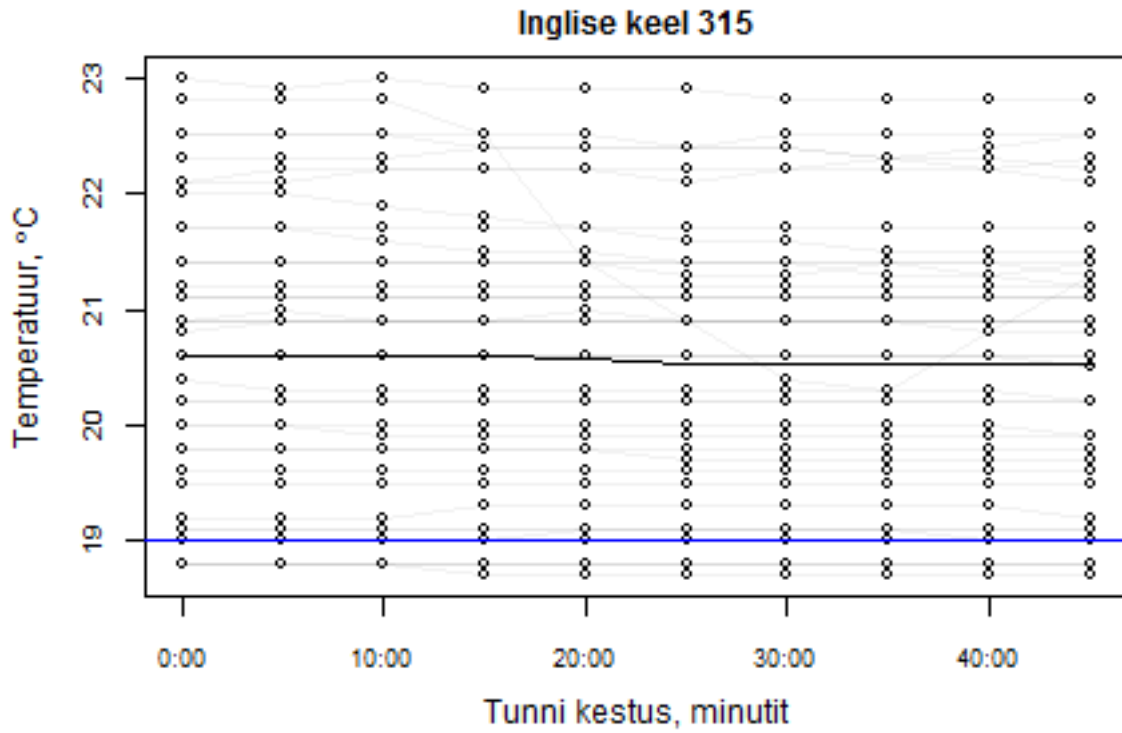
Graafik 59. Õhutemperatuuri muutus inglise keele klassis 410 ööpäeva lõikes



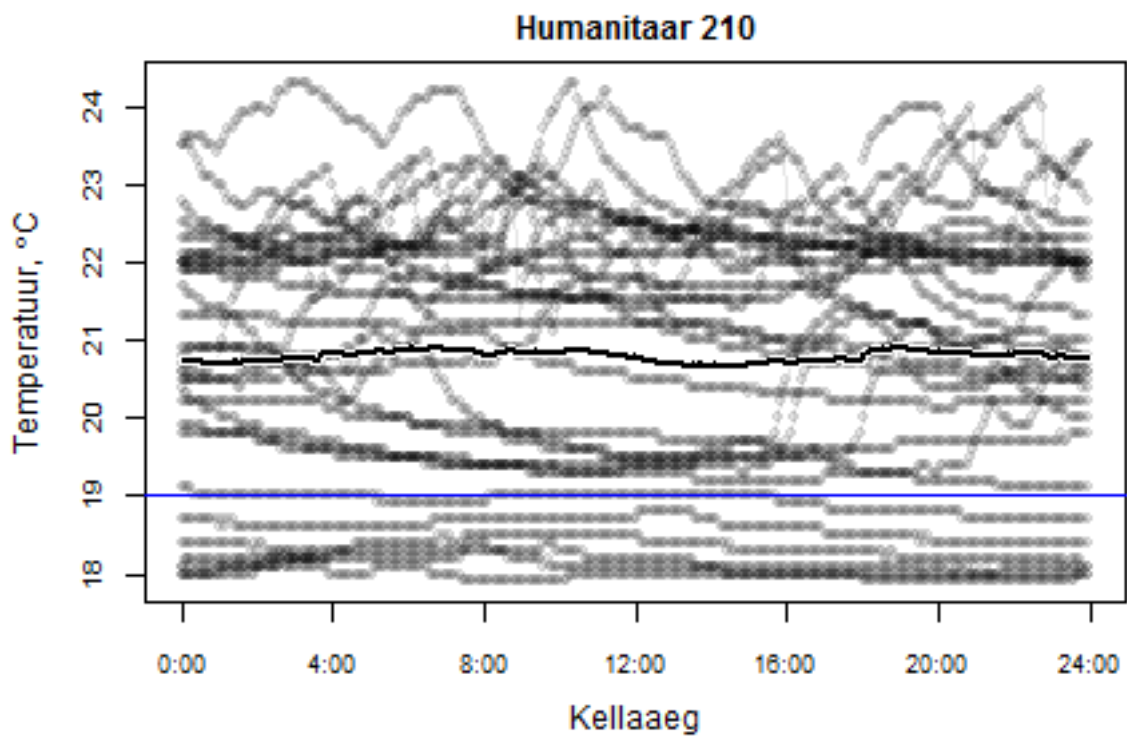
Graafik 60. Õhutemperatuuri muutus inglise keele klassis 410 õppetöö tunni lõikes



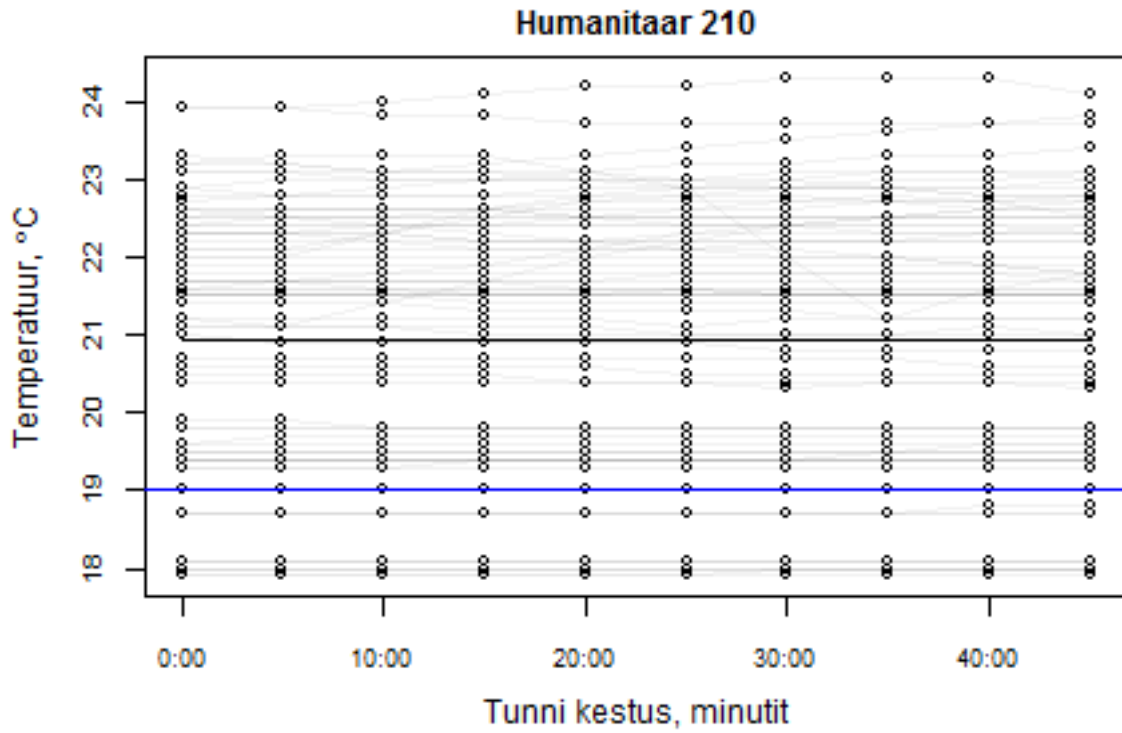
Graafik 61. Õhutemperatuuri muutus inglise keele klassis 315 ööpäeva lõikes



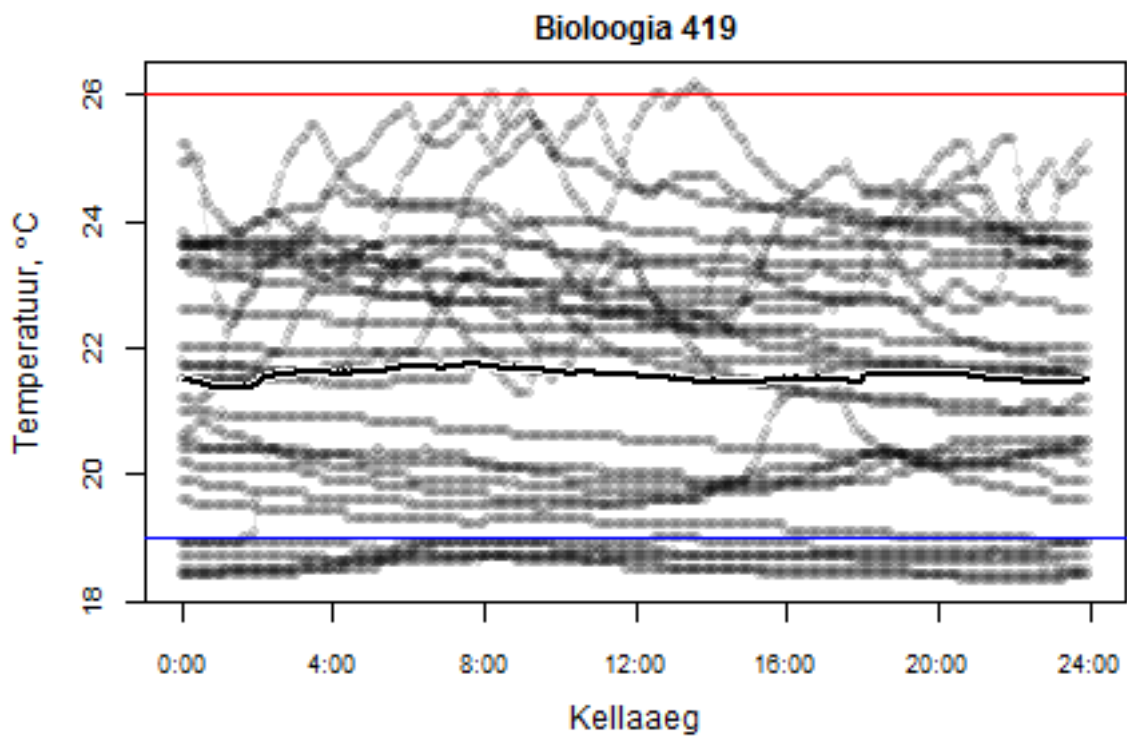
Graafik 62. Õhutemperatuuri muutus inglise keele klassis 315 õppetöö tunni lõikes



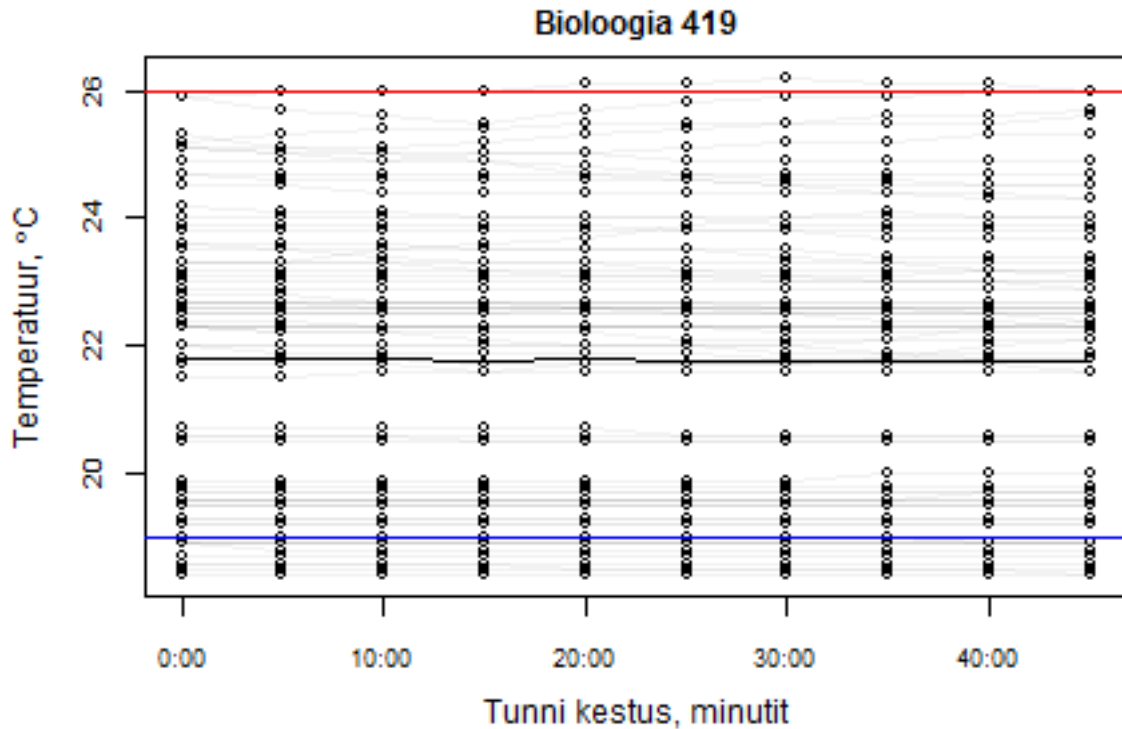
Graafik 63. Õhutemperatuuri muutus humanitaarklassis 210 ööpäeva lõikes



Graafik 64. Õhutemperatuuri muutus humanitaarklassis 210 õppetöö tunni lõikes



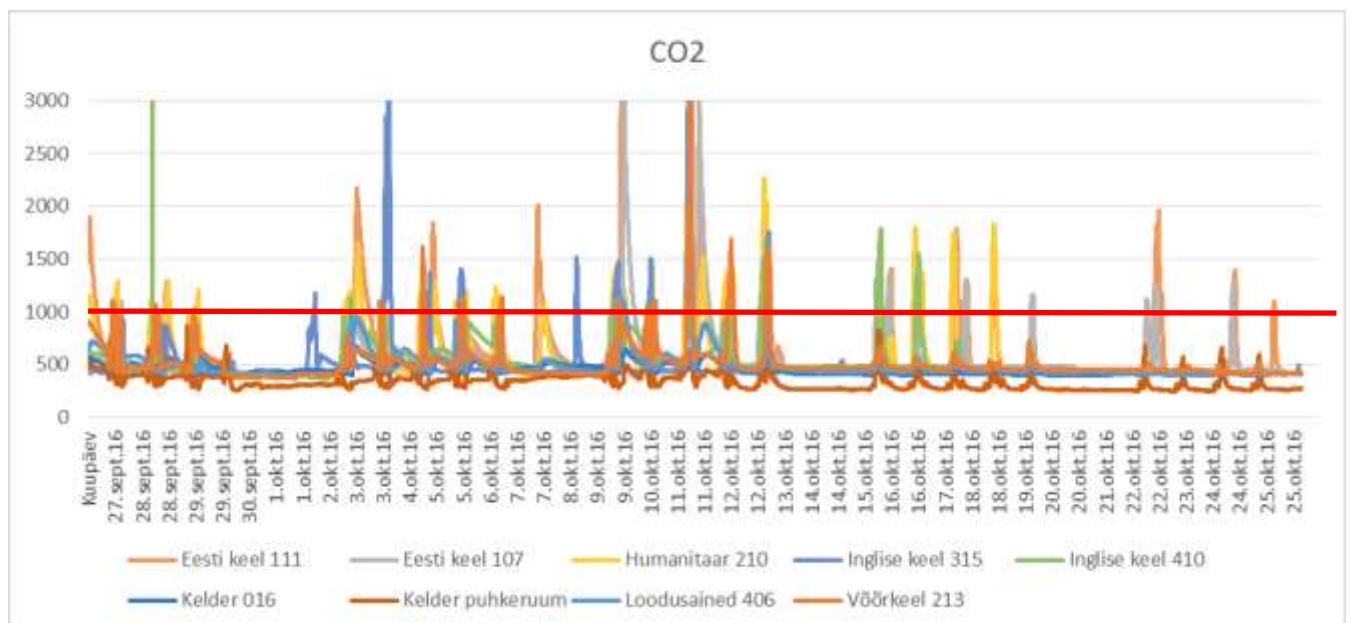
Graafik 65. Õhutemperatuuri muutus bioloogia klassis ööpäeva lõikes



Graafik 66. Õhutemperatuuri muutus biologia klassis õppetöö tunni lõikes

Kokkuvõttes võib väita, et õhutemperatuur Tartu Jaan Poska Gümnaasiumi ruumides on madalam kui lubatud. Lähtudes mõõtmisperioodil saadud andmete põhjal koostatud lineaarsest regressioonivõrrandist langeb siseruumide temperatuur keskmiselt alla lubatud minimaalse temperatuuri koolides siis, kui välistemperatuur on alla $-2,4^{\circ}\text{C}$.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.

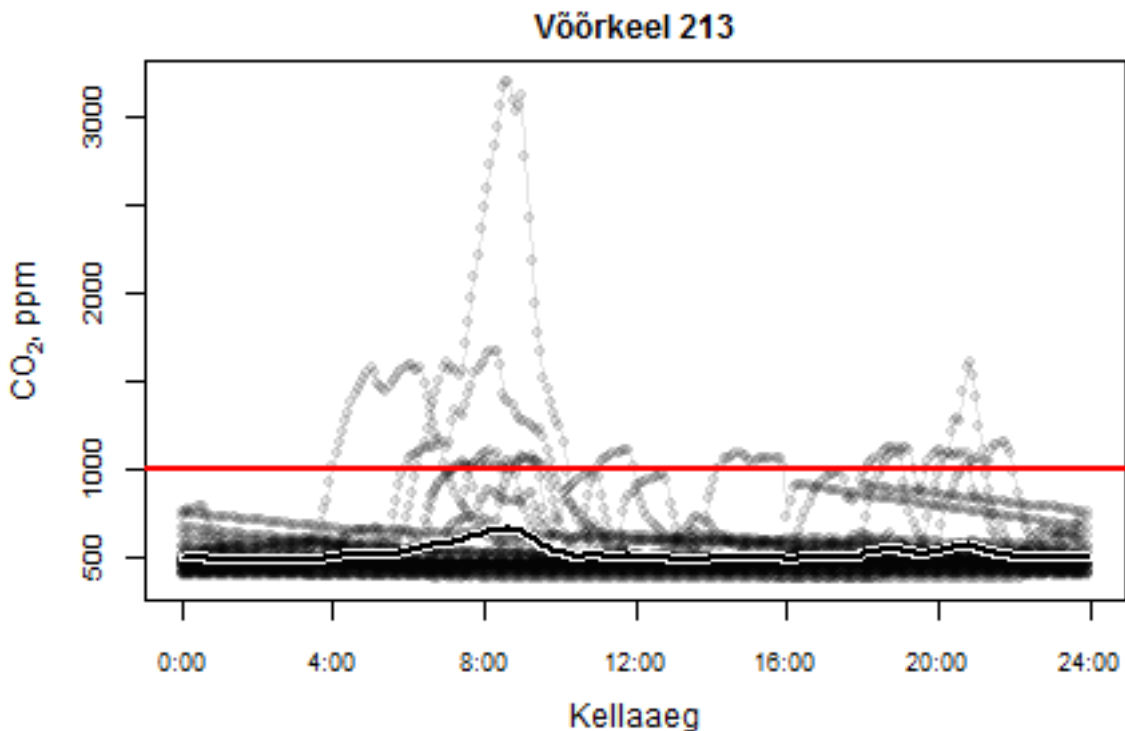


Graafik 67. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

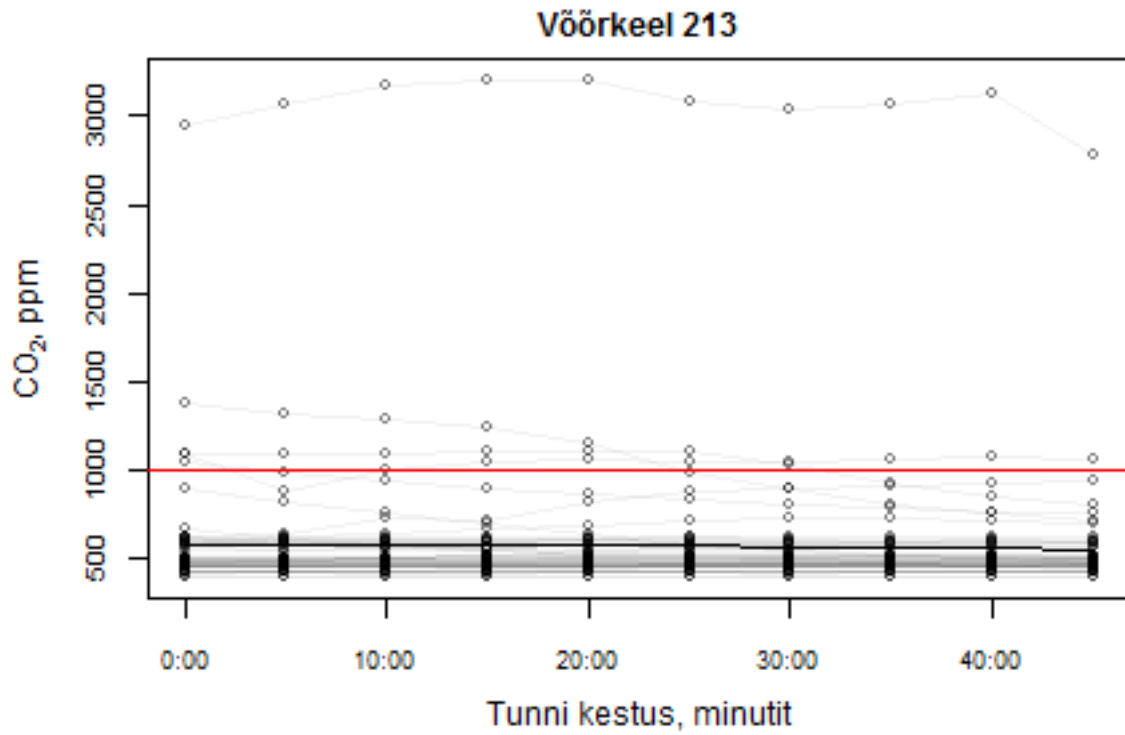
| | Eesti keel | Eesti keel | Humanita | Inglise ke | Inglise ke | Kelder 01 | Kelder pu | Loodusair | Võõrkeel | KOKKU |
|---------------------|------------|------------|----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8461 | 8335 | 8468 | 6358 | 8451 | 8473 | 8474 | 8463 | 8467 | 73950 |
| Üle 1000 ppm | 743 | 563 | 879 | 195 | 256 | 0 | 0 | 97 | 281 | 3014 |
| Üle 1000 ppm | 8,8% | 6,8% | 10,4% | 3,1% | 3,0% | 0,0% | 0,0% | 1,1% | 3,3% | 4,1% |
| keskmine | 592,8 | 575,8 | 567,7 | 495,8 | 532,0 | 445,9 | 332,8 | 489,2 | 520,2 | 455,2 |
| mediaan | 464,0 | 473,0 | 435,0 | 434,0 | 471,0 | 423,0 | 310,0 | 441,0 | 464,0 | 391,5 |

Tabel 19. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

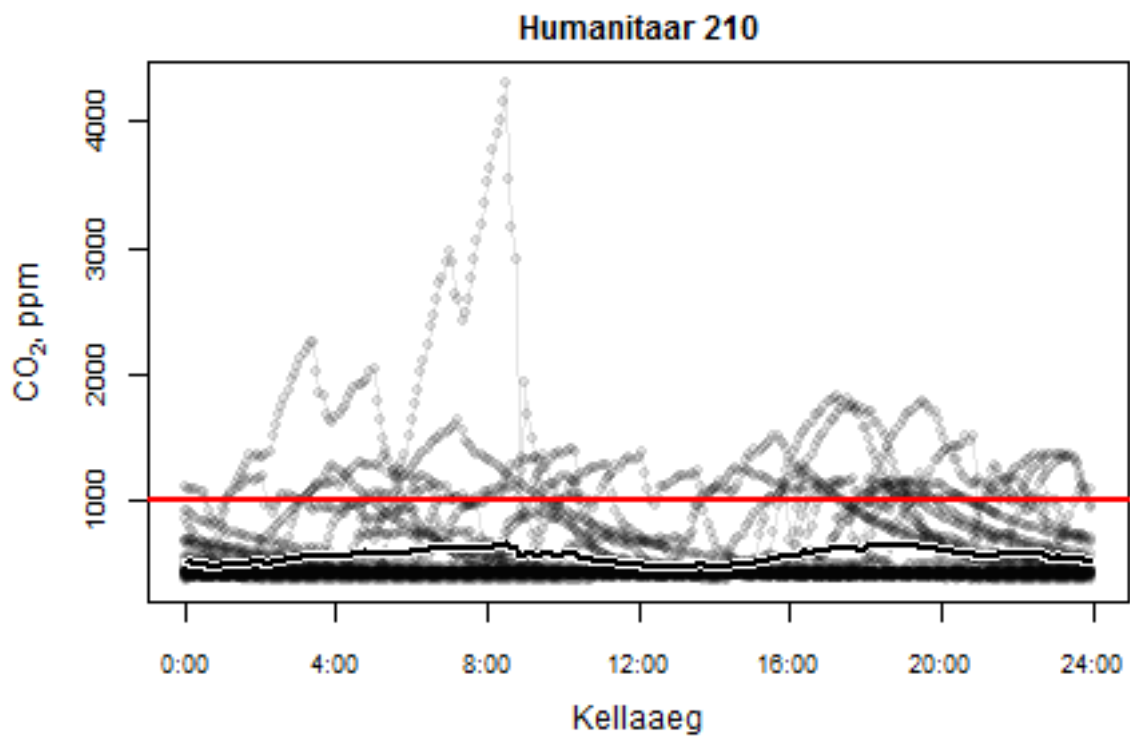
Graafikult 67 ja tabelist 19 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab seitsmes ruumis mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Kõige suurem on ületamine humanitaarklassis, kus 10,4% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO₂ sisaldus lubatust kõrgem. Graafikul 67 joonistub selgelt välja CO₂ jaotumine – õppetegevuse ajal näidud tõusevad ning öötundidel ja nädalavahetustel on CO₂ tase ühtlaselt madal. Seega tuleb analüüsida ruume õppetöö toimumise ajal, vaid kindla tunniplaanita ruume analüüsiti ööpäeva lõikes. Kuna seadmetel oli erisusi salvestatud mõõtmisaja ja reaalaaja lõikes, siis võib esineda näitude tõlgendamisel anomaaliaid. Nagu on näha graafikutelt 68-71, on CO₂ tasemed kohati väga kõrged öötundidel, mis aga on ebareaalne. Ööpäeva lõikes on graafikud ebaühtlased, mis näitab seadmete ajamõõtmise ebatäpsusi. Kahjuks pole võimalik analüüsida selles koolis tulemusi tundide ja vahetundide lõikes. Samas on tabelis 20 toodud andmete põhjal näha, et maksimaalsed CO₂ sisaldused ulatuvad kõikides ruumides (va keldriruumid) üle 3000 ppm, mis on kolm korda lubatust kõrgem.



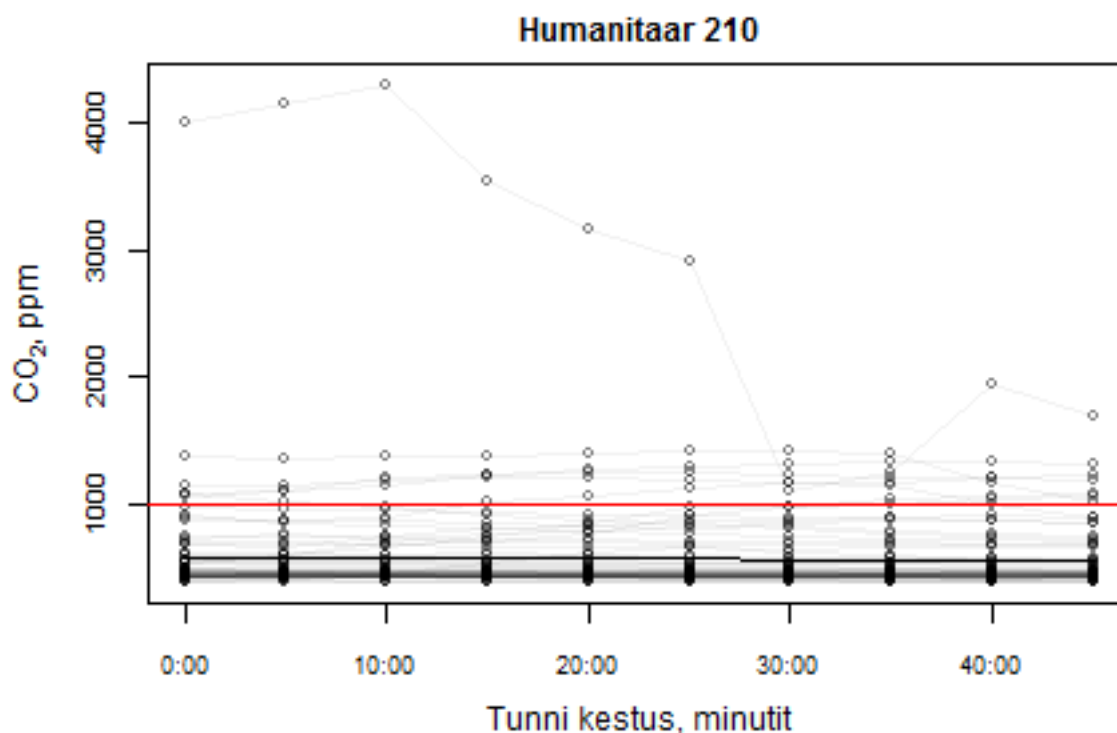
Graafik 68. CO₂ taseme muutus võõrkeele klassis 213 ööpäeva lõikes



Graafik 69. CO₂ taseme muutus võõrkeele klassis õppetöö tunni lõikes



Graafik 70. CO₂ taseme muutus humanitaarklassis 210 ööpäeva lõikes



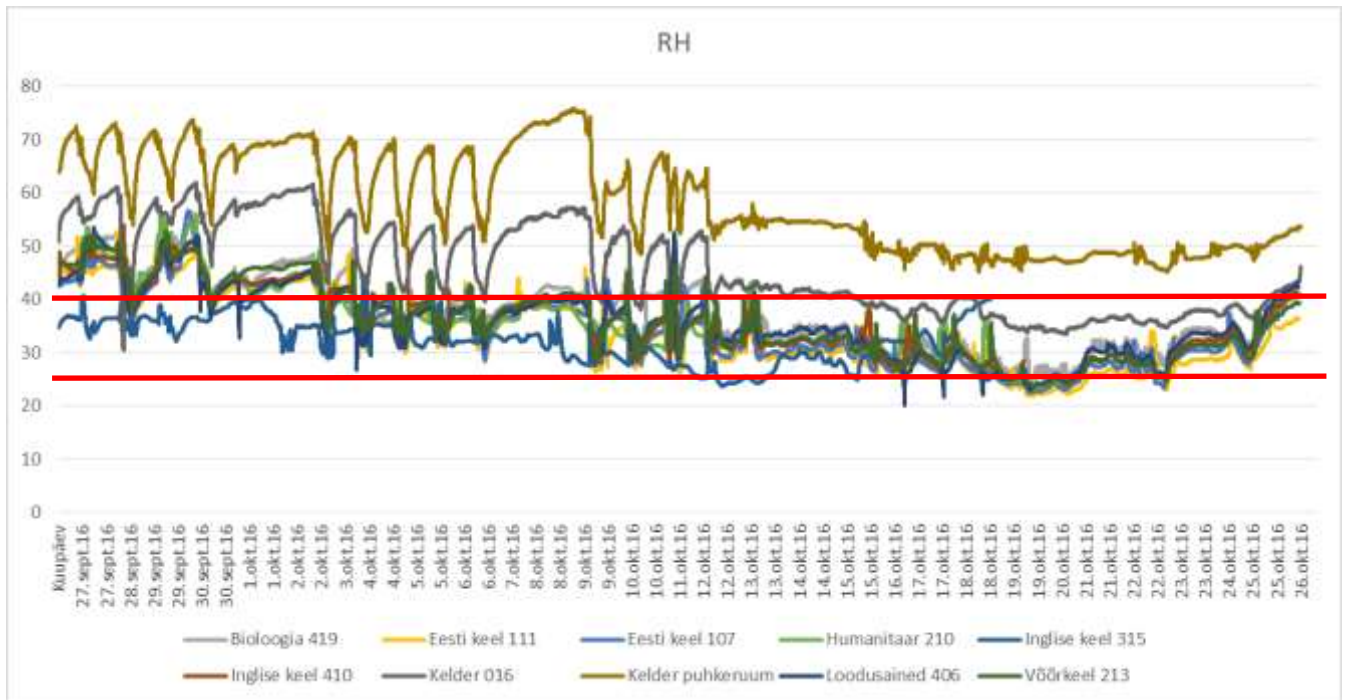
Graafik 71. CO₂ taseme muutus humanitaarklassis 210 õppetöö tunni lõikes

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m |
|------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|
| Bioloogia 419 | - | - | - | - | - |
| Eesti keel 111 | 592,8 | 308,5 | 464 | 389 | 3926 |
| Eesti keel 107 | 575,8 | 303,6 | 473 | 354 | 3214 |
| Humanitaar 210 | 567,7 | 308,2 | 435 | 367 | 4309 |
| Inglise keel 315 | 495,8 | 220,1 | 434 | 399 | 3189 |
| Inglise keel 410 | 532,0 | 229,2 | 471 | 369 | 5830 |
| Kelder 16 | 445,9 | 51,4 | 423 | 369 | 675 |
| Kelder puhkeruum | 332,8 | 77,9 | 310 | 247 | 866 |
| Loodusained 406 | 489,2 | 204,4 | 441 | 396 | 3960 |
| Võõrkeel 213 | 520,2 | 195,1 | 464 | 370 | 3207 |
| Kokku | 505,9 | 241,4 | 442 | 247 | 5830 |

Tabel 20. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Tartu Jaan Poska Gümnaasiumis probleem. Tasemed tõusevad oluliselt üle lubatud piirmäära. Põhjuseks on väheldane ventilatsioon õppetöö perioodil. Seega tuleks klassiruumi vahetundidel rohkem tuulutada välisõhuga. Lisaks on soovitatav paigaldada hoonetesse CO₂ anduritega ventilatsioonisüsteem, mille puhul ruumide õhuvahetuse hulk sõltub CO₂ tasemest.

Suhteline õhuniiskus



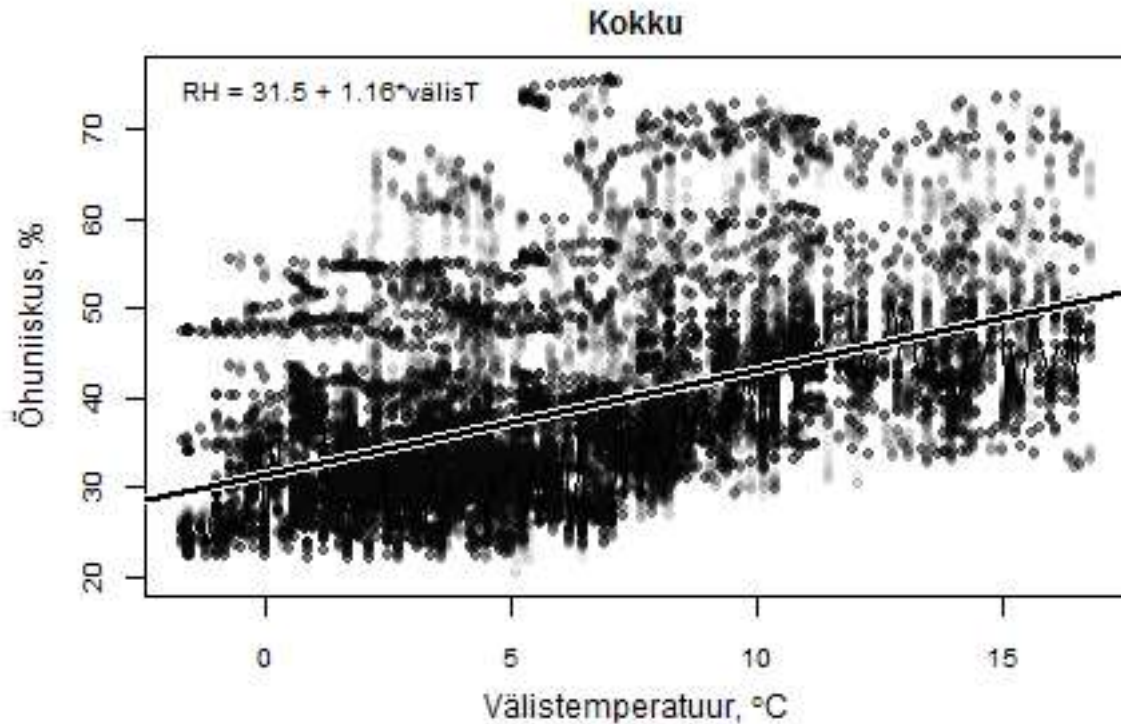
Graafik 72. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Bioloogia | Eesti keel | Eesti keel | Humanitaar | Inglise keel | Inglise keel | Kelder 016 | Kelder pu | Loodusain | Võõrkeel | KOKKU |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|--------------|--------------|------------|-----------|-----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8449 | 8461 | 8335 | 8468 | 6358 | 8451 | 8473 | 8474 | 8463 | 8467 | 82399 |
| alla 40 % | 5614 | 6532 | 6471 | 6418 | 6292 | 6054 | 2761 | 0 | 6403 | 6082 | 52627 |
| alla 25 % | 15 | 681 | 602 | 467 | 253 | 305 | 0 | 0 | 303 | 339 | 2965 |
| alla 40 % | 66,4% | 77,2% | 77,6% | 75,8% | 99,0% | 71,6% | 32,6% | 0,0% | 75,7% | 71,8% | 63,9% |
| alla 25 % | 0,2% | 8,0% | 7,2% | 5,5% | 4,0% | 3,6% | 0,0% | 0,0% | 3,6% | 4,0% | 3,6% |
| keskmine | 36,9 | 33,8 | 34,3 | 35,5 | 32,4 | 35,5 | 45,9 | 58,2 | 35,6 | 35,8 | 38,4 |
| mediaan | 35,8 | 32,6 | 33,1 | 34,4 | 32,5 | 34,5 | 42,9 | 54,9 | 34,6 | 34,9 | 37,0 |

Tabel 21. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 72 ja tabelist 21 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb allapoole lubatud piirmäärasid keskmiselt 63,9% ulatuses. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid septembris-oktoobris, kus välisõhu temperatuur on enamasti plusskraadides, on selline siseõhu suhtelise niiskuse tase madal. Kõige kõrgem oli suhteline õhuniiskus keldriruumides, mis on ka loogiline.

Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (graafik 73) on vahemikus 0,61-0,78. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=31,5+1,16 \cdot välisT$ ehk iga $1^\circ C$ välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 1,16% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.



Graafik 73. Siseõhu suhtelise õhuniiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välis-temp.- ga |
|------------------|--------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|-------------------------------------|
| Bioloogia 419 | 36,90 | 6,82 | 35,8 | 24,6 | 55,7 | 0,71 |
| Eesti keel 111 | 33,76 | 7,00 | 32,6 | 21,9 | 56,3 | 0,77 |
| Eesti keel 107 | 34,35 | 6,95 | 33,1 | 22,5 | 56,7 | 0,78 |
| Humanitaar 210 | 35,50 | 7,04 | 34,4 | 23,1 | 55,8 | 0,74 |
| Inglise keel 315 | 32,42 | 4,05 | 32,5 | 23,6 | 44,6 | 0,61 |
| Inglise keel 410 | 35,49 | 6,72 | 34,5 | 23,3 | 54 | 0,76 |
| Kelder 16 | 45,89 | 8,51 | 42,9 | 30,4 | 61,9 | 0,73 |
| Kelder puhkeruum | 58,18 | 9,10 | 54,9 | 45,2 | 75,8 | 0,67 |
| Loodusained 406 | 35,62 | 6,59 | 34,6 | 20,1 | 53,5 | 0,69 |
| Võõrkeel 213 | 35,85 | 7,10 | 34,9 | 23,6 | 52,8 | 0,76 |
| Kokku | 38,56 | 10,36 | 36,5 | 20,1 | 75,8 | 0,48 |

Tabel 22. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välis temperatuuriga

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides välja arvatud keldriruumid. Suhteline õhuniiskus sõltub välis temperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Tartu Jaan Poska Gümnaasiumis keskmiselt tasemele 8,2%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Viljandi Jakobsoni Kool

Mõõdistuste aeg: 30.september 2016 – 11.november 2016 (analüüsis arvestatud kuni 30.oktoober)

Analüüsitud ruumide loetelu:

- ▶ Ruum 324
- ▶ III korrus koridor
- ▶ Kunstiklass 310
- ▶ Õpetajate tuba 233
- ▶ Peeglisaal
- ▶ Garderoob
- ▶ Söökla
- ▶ Aula
- ▶ Võimla
- ▶ Füüsika klass 229

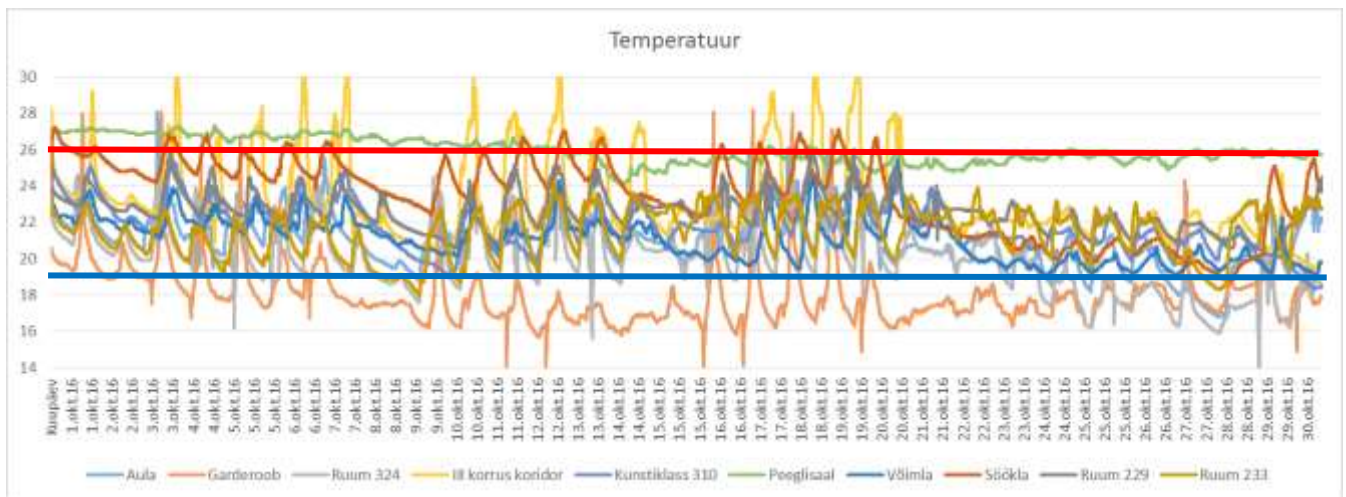
Mõõdistusseadmed: Monitor-logger E6226, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Kasutatud monitor-loggerid E6226 ei töötanud ühtlaselt. Selle tulemusena toimusid nihked mõõtmisaja ja reaalaja lõikes ning osad loggerid lõpetasid mõõtmise enne õiget tähtaega.
- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamus ajast plusskraadides ning ainult mõõtmisperioodi lõpus langes alla null kraadi. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli -9,5°C kuni 17,3°C
- Loggerid paiknesid ruumides kõrgusel 0,5-2,4 m põrandapinnast.
- Sügisvaheaeg 22. oktoober kuni 30. oktoober 2016

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



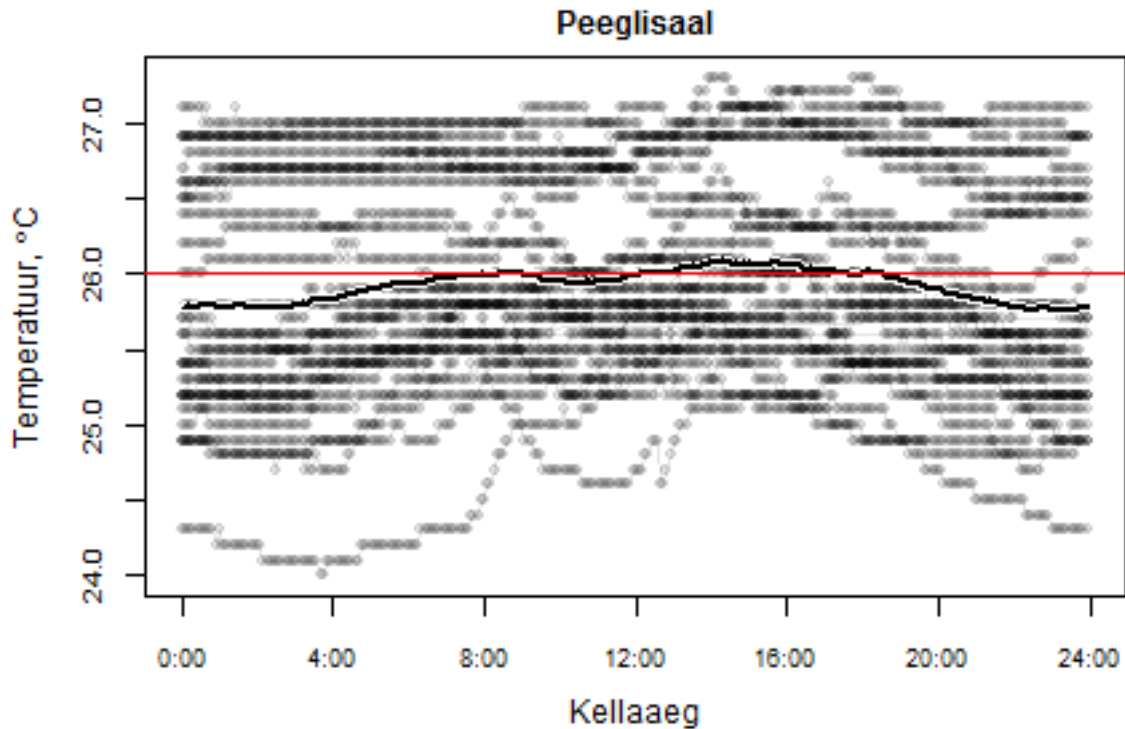
Graafik 74. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Aula | Garderoob | Ruum 324 | III korruse koridor | Kunstiklass | Peeglisaal | Võimla | Söökla | Ruum 229 | Ruum 233 | KOKKU |
|-------------------|-------|-----------|----------|---------------------|-------------|------------|--------|--------|----------|----------|---------------|
| KOKKU | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 106680 |
| Üle 26 °C | 5 | 44 | 0 | 1305 | 0 | 3343 | 12 | 907 | 0 | 0 | 5616 |
| alla 19 °C | 854 | 8717 | 4117 | 1 | 138 | 0 | 0 | 74 | 0 | 395 | 14296 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,4% | 0,0% | 12,2% | 0,0% | 31,3% | 0,1% | 8,5% | 0,0% | 0,0% | 5,3% |
| alla 19 °C | 8,0% | 81,7% | 38,6% | 0,0% | 1,3% | 0,0% | 0,0% | 0,7% | 0,0% | 3,7% | 13,4% |

Tabel 23. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 74 ja tabelist 23 lähtub, et suurim lubatud temperatuur 26°C on ületatud kuues ruumis, nendest enim III korruse koridoris, peeglisaaalis ja sööklas. Arvestades asjaoluga, et III korruse koridoris oli andur teiste elektroonikaseadmete läheduses, mis kiirgasid soojust, siis neid näite ei saa arvestada. Seda kinnitab ka asjaolu, et III korruse koridoris on keskmine temperatuur 19,98°C. Peeglisaaalis oli kella 12-18 vahel (graafik 75) isegi keskmine temperatuur kõrgem lubatust. Seega on vajalik peeglisaaalis tagada intensiivsem ventilatsioon või jahutada ruumiõhku. Sööklas tõusis temperatuur lubatust kõrgemale toiduvalmistamise ajal.

Siseruumide temperatuuri ja välistemperatuuri korrelatsioon oli nõrk (tabel 24), seega on ruumide välispiirde soojajuhtivus madal. Vaid ruumis 229 on korrelatsioon tugev, seda asjaolu on vajalik eraldi analüüsida. Hetkel teostatud mõõdistuste põhjal pole võimalik põhjust välja tuua.

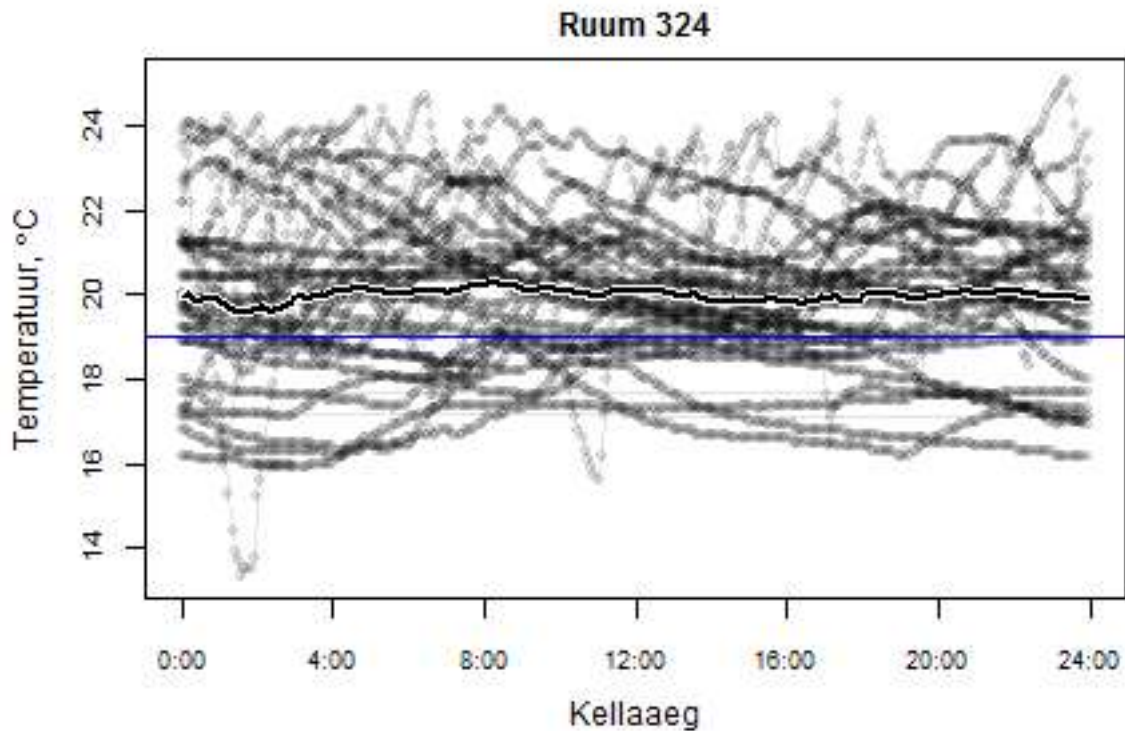


Graafik 75. Temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|--------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| Aula | 21,00 | 1,40 | 21,0 | 16,8 | 28,1 | 0,09 |
| Garderoob | 17,99 | 1,53 | 17,6 | 13,3 | 28,2 | 0,29 |
| III korrus koridor | 19,98 | 1,80 | 20,0 | 13,3 | 25,1 | 0,01 |
| Kunstiklass 310 | 23,09 | 2,26 | 22,4 | 19,5 | 33,5 | 0,26 |
| Peeglisaal | 21,80 | 1,36 | 21,7 | 18,3 | 25,3 | 0,30 |
| Ruum 229 | 25,92 | 0,70 | 25,8 | 24,0 | 27,3 | 0,74 |
| Ruum 233 | 21,08 | 1,20 | 21,2 | 19,0 | 25,4 | 0,39 |
| Ruum 324 | 23,48 | 2,09 | 23,9 | 18,8 | 27,2 | 0,26 |
| Söökla | 22,64 | 1,05 | 22,6 | 20,1 | 26,0 | 0,25 |
| Võimla | 21,47 | 1,31 | 21,7 | 18,0 | 24,2 | -0,29 |
| Kokku | 21,84 | 2,55 | 21,8 | 13,3 | 33,5 | 0,12 |

Tabel 24. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

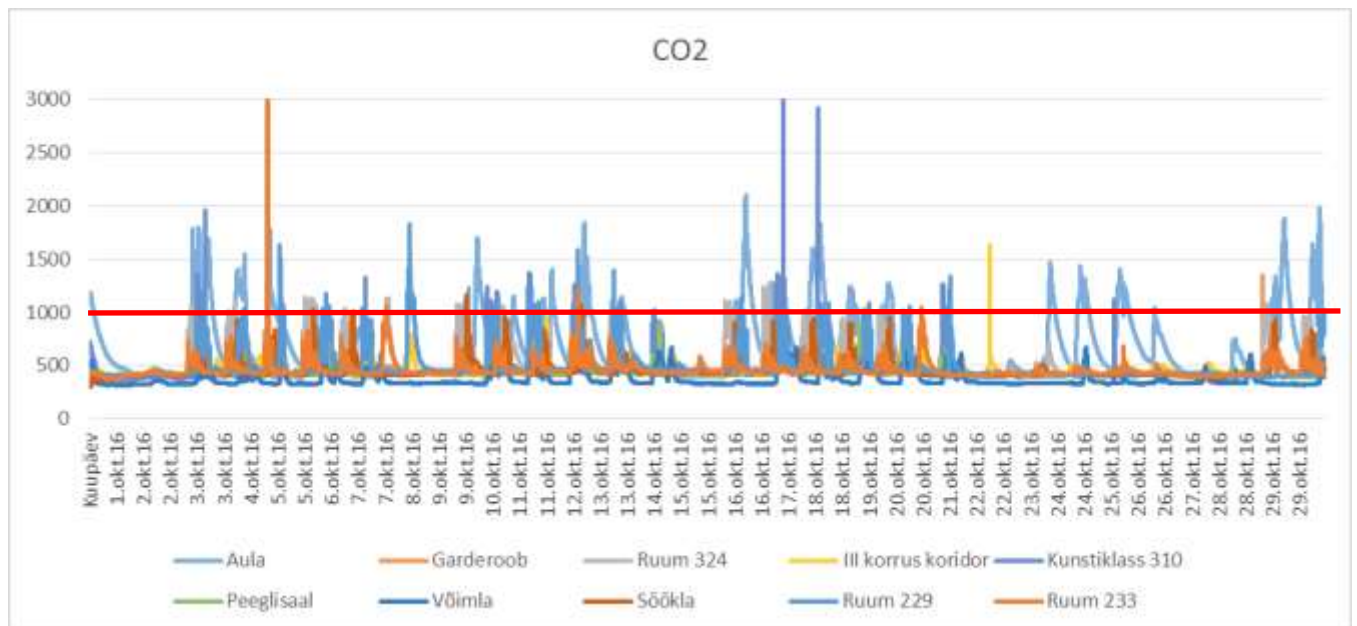
Halvem on olukord madalate temperatuuridega. Garderoobis on keskmine temperatuur 17,99°C, mis on oluliselt madalam lubatud minimaalsest temperatuurist 19°C. See on seletatav asjaoluga, et garderoob paikneb keldrikorrusel välisukse lähedal. Siiski tuleb garderoobis tõsta küttevõimsust ning võimalusel kontrollida välisuksest tulevat külma õhu voogu (näiteks õhkkardinate paigaldamisega). Lisaks garderoobile on madalad temperatuurid ka aulas, ruumis 324, ruumis 233 ja kunstiklassis. Vaadates tabelit 75 ning graafikut 76 näeme, et intensiivne ruumiõhu jahenemine on lühikestel ajavahemikel, seega on jahenemine tingitud akende avamisest vaheaegadel.



Graafik 76. Ruumi 324 siseõhu temperatuuri muutus ööpäeva lõikes. Ajatelg on seadme rikke tõttu nihkes.

Kokkuvõttes võib väita, et õhutemperatuur Viljandi Jakobsoni Koolis on lubatu piires. Vaid garderoobis on soovitatav tõsta õhutemperatuuri näiteks läbi välisustele õhkkardinate paigaldamise.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.

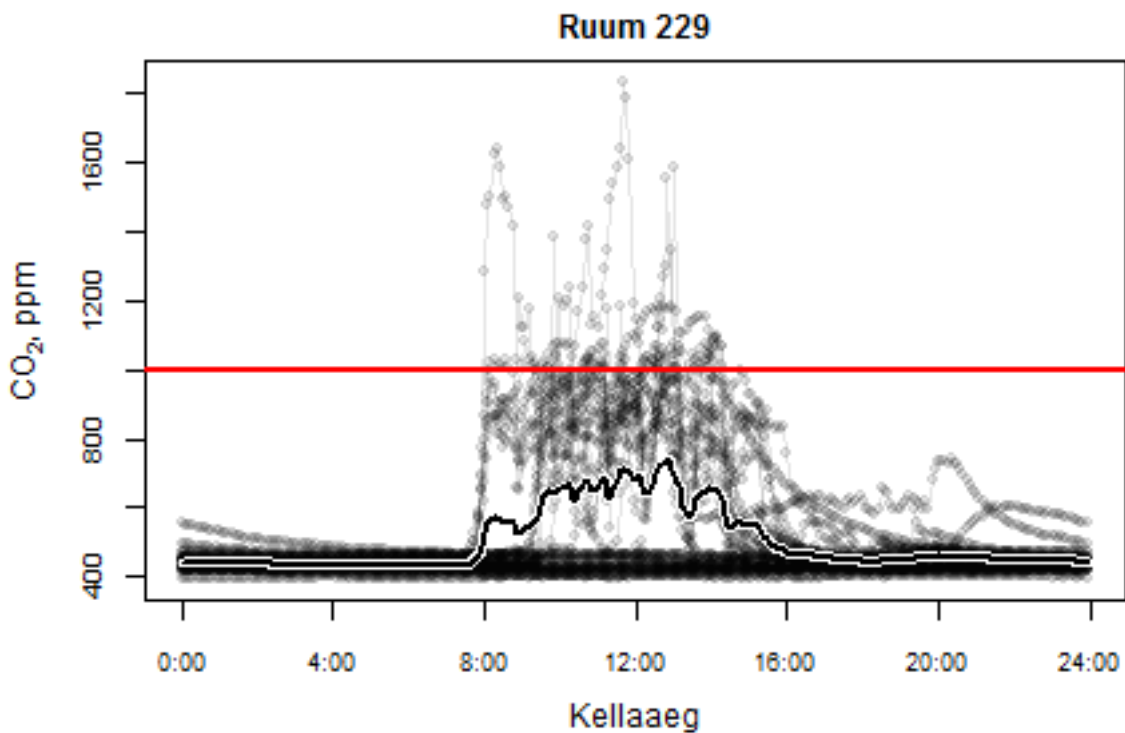


Graafik 77. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

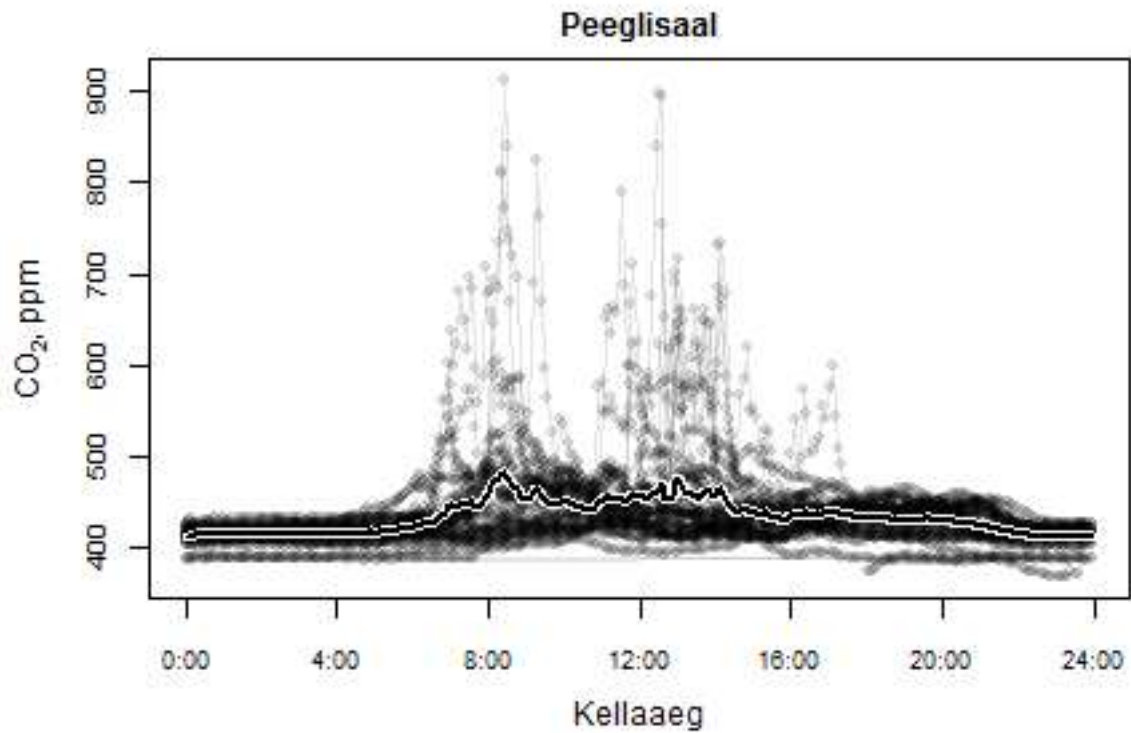
| | Aula | Garderoo | Ruum 324 | III korrus | Kunstiklas | Peeglisaa | Võimla | Söökla | Ruum 229 | Ruum 233 | KOKKU |
|---------------------|-------|----------|----------|------------|------------|-----------|--------|--------|----------|----------|---------------|
| KOKKU | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 106680 |
| Üle 1000 ppm | 2180 | 1 | 274 | 9 | 242 | 0 | 0 | 7 | 265 | 8 | 2986 |
| Üle 1000 ppm | 20,4% | 0,0% | 2,6% | 0,1% | 2,3% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 2,5% | 0,1% | 2,8% |

Tabel 25. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

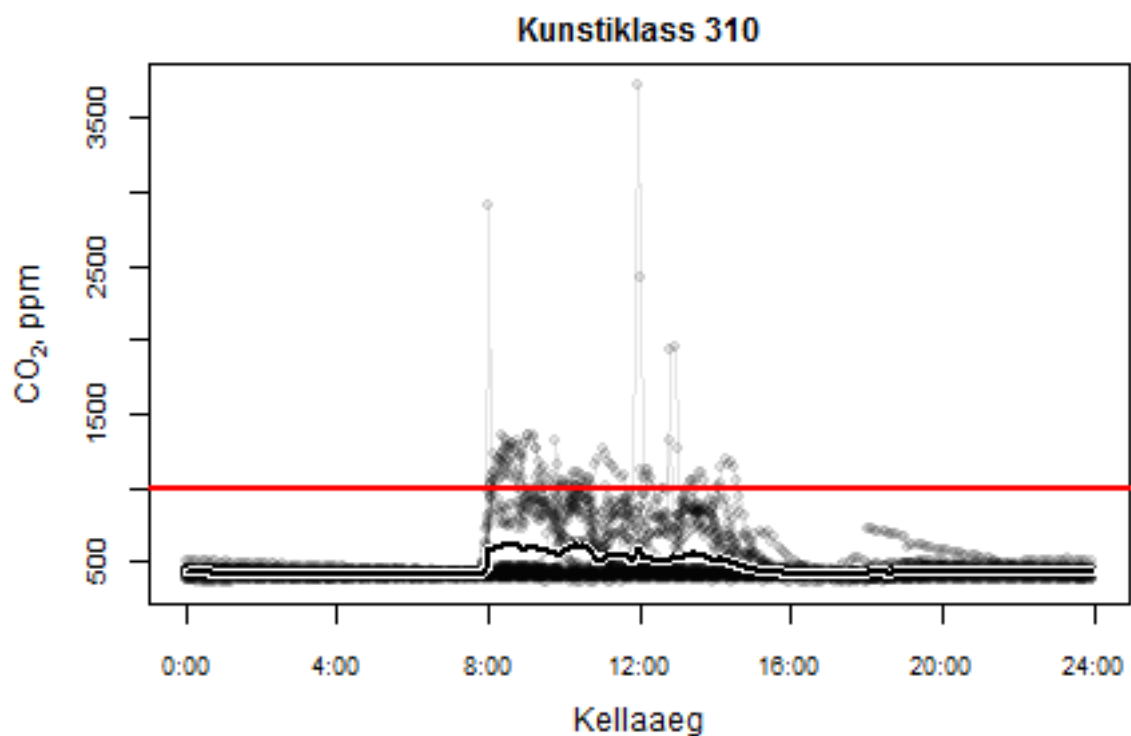
Graafikult 77 ja tabelist 25 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kaheksas ruumis mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Neist garderoobis, sööklas ja III korruse koridoris on ületamine lühiajaline ja mitteoluline. Kõige suurem on ületamine aulas, kus 20,4% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO₂ sisaldus lubatust kõrgem. Graafikutel 78-80 joonistub selgelt välja CO₂ jaotumine – õppetegevuse ajal näidud tõusevad ning öötundidel on CO₂ tase ühtlaselt madal. Seega tuleb analüüsida ruume õppetöö toimumise ajal, vaid kindla tunniplaanita ruume analüüsiti ööpäeva lõikes. Kuna seadmetel oli erisusi salvestatud mõõtmisaja ja reaalse lõikes, siis võib esineda näitude tõlgendamisel anomaaliaid ning tundide ajal ei saa objektiivselt andmeid töödelda. Oleks vajalik teostada uued mõõdistamised ning nendest lähtuvalt võtta tarvitusele meetmed CO₂ taseme vähendamiseks.



Graafik 78. CO₂ taseme muutus ruumis 229 ööpäeva lõikes



Graafik 79. CO₂ taseme muutus peeglisaalis ööpäeva lõikes

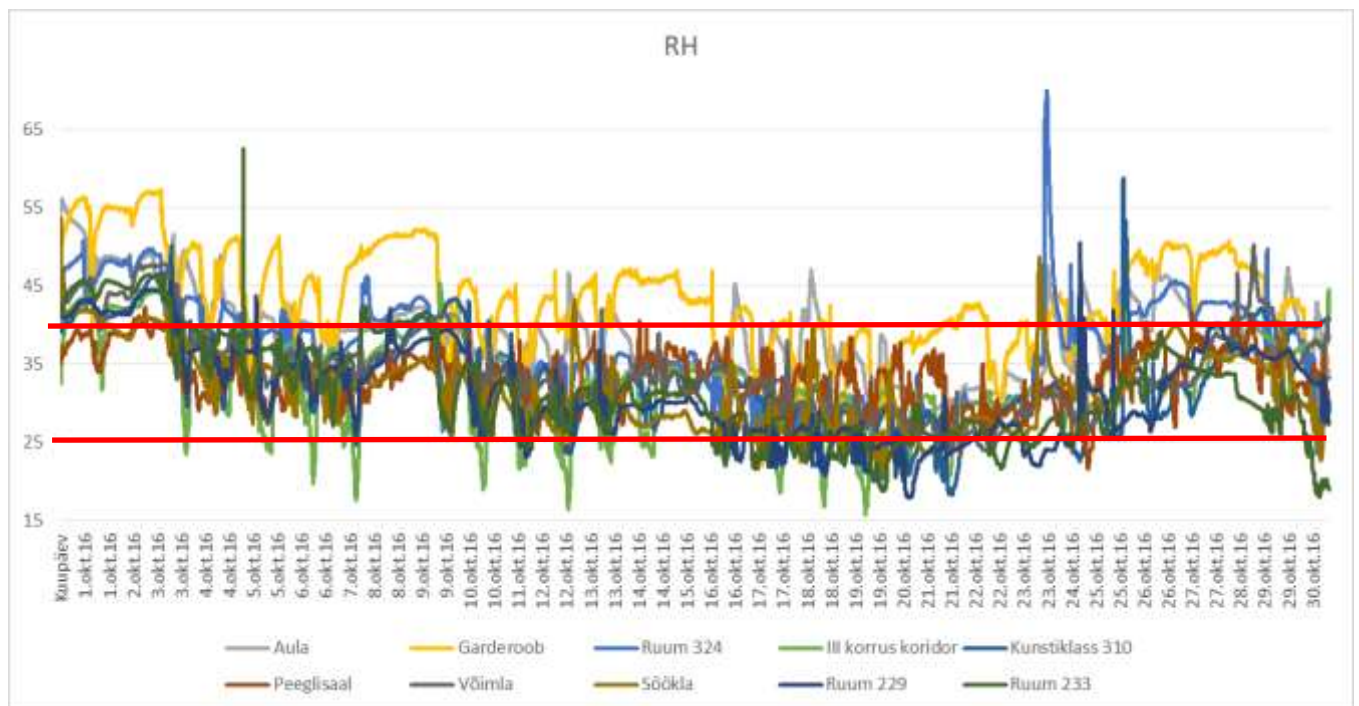


Graafik 80. CO₂ taseme muutus kunstiklassis 310 ööpäeva lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Viljandi Jakobsoni Koolis väheseid probleeme. Tasemed tõusevad oluliselt üle piirmäära aulas, ruumides 324 ja 229 ning Kunstiklassis 310.

Neis ruumides tuleks teostada täiendavaid mõõtmisi ning seejärel võtta tarvitusele abinõud CO₂ taseme alandamiseks.

Suhteline õhuniiskus



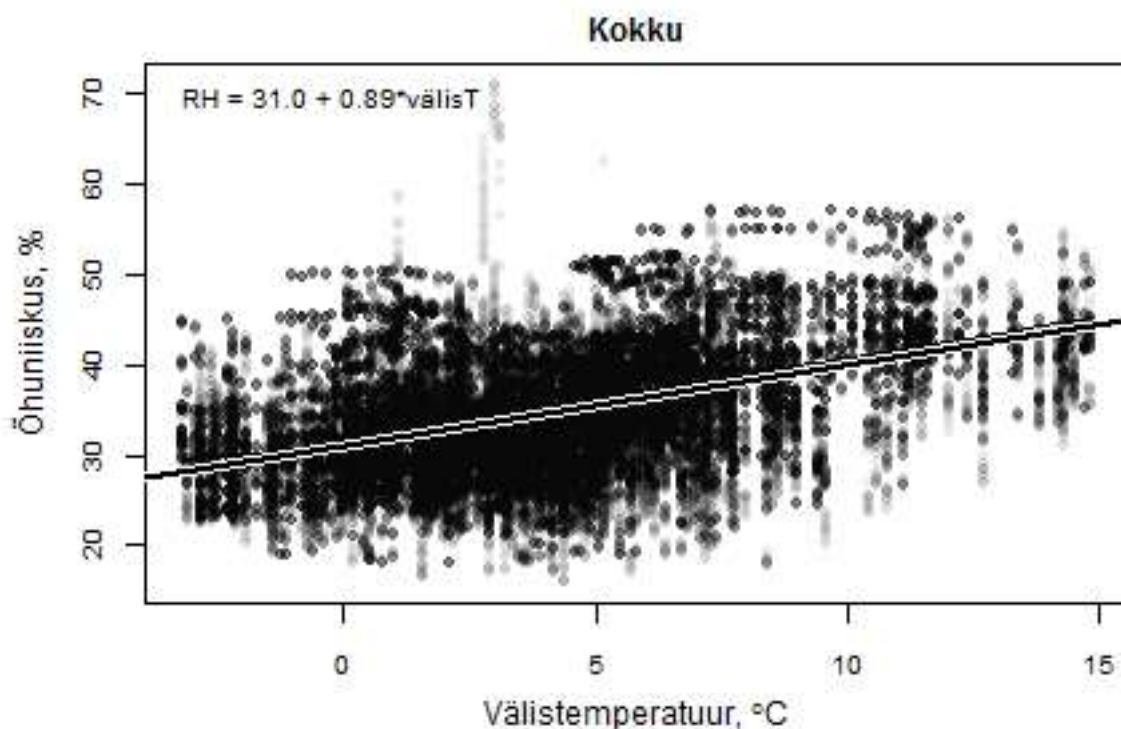
Graafik 81. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Aula | Garderoob | Ruum 324 | III korrus | Kunstiklas | Peeglisaa | Võimla | Söökla | Ruum 229 | Ruum 233 | KOKKU |
|------------------|-------|-----------|----------|------------|------------|-----------|--------|--------|----------|----------|---------------|
| KOKKU | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 10668 | 106680 |
| alla 40 % | 7013 | 4638 | 8012 | 9680 | 9089 | 10487 | 9415 | 10067 | 9789 | 9549 | 87739 |
| alla 25 % | 0 | 28 | 201 | 1182 | 1602 | 97 | 547 | 1800 | 2747 | 3065 | 11269 |
| alla 40 % | 65,7% | 43,5% | 75,1% | 90,7% | 85,2% | 98,3% | 88,3% | 94,4% | 91,8% | 89,5% | 82,2% |
| alla 25 % | 0,0% | 0,3% | 1,9% | 11,1% | 15,0% | 0,9% | 5,1% | 16,9% | 25,7% | 28,7% | 10,6% |

Tabel 26. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 81 ja tabelist 26 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb allapoole lubatud piirmäärasid keskmiselt 82,2% ulatuses. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid oktoobris, kus välisõhu temperatuur on enamasti plusskraadides, on selline siseõhu suhtelise niiskuse tase madal. Kõige kõrgem oli suhteline õhuniiskus garderoobis, mis on ka loogiline, kuna seal on temperatuur kõige madalam. Kõige kriitilisemateks ruumideks on 233 ja 229, kus suhteline õhuniiskus langes alla 40% vastavalt 89,5% ja 91,8% kõikidest mõõdistustest ning isegi alla 25% vastavalt 28,7% ja 25,7% kõikidest mõõdistustest.

Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (graafik 82) on vahemikus 0,23-0,68. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=31,0+0,89 \cdot välisT$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,89% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.

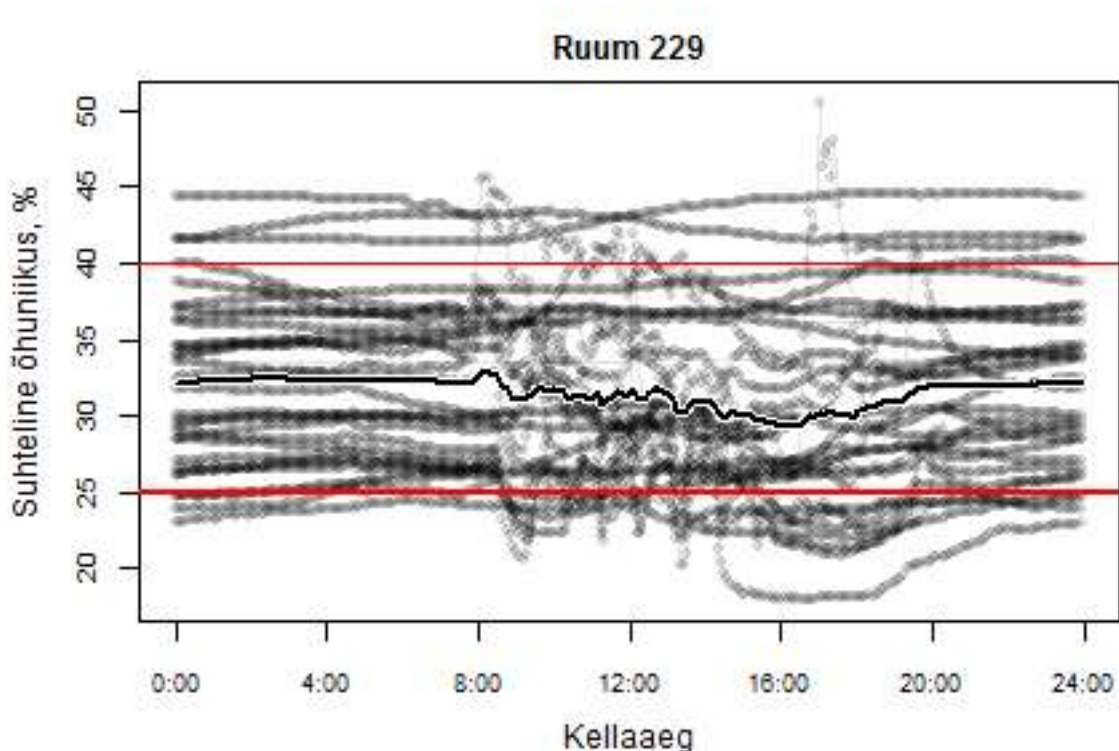


Graafik 82. Siseõhu suhtelise õhuniiskuse muutus lähtuvalt välisõhu temperatuurist

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välisemp,- ga |
|--------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-----------------------------------|
| Aula | 38,59 | 5,30 | 38,6 | 28,2 | 56,1 | 0,58 |
| Garderoob | 42,94 | 6,66 | 42,7 | 22,1 | 57,3 | 0,50 |
| III korrus koridor | 36,35 | 6,57 | 35,9 | 20,3 | 71,1 | 0,54 |
| Kunstiklass 310 | 32,96 | 5,84 | 33,0 | 15,8 | 45,4 | 0,37 |
| Peeglisaal | 33,03 | 6,24 | 32,7 | 18,3 | 58,8 | 0,54 |
| Ruum 229 | 33,27 | 3,49 | 33,3 | 21,7 | 42,3 | 0,23 |
| Ruum 233 | 34,29 | 5,41 | 33,5 | 23,7 | 50,3 | 0,68 |
| Ruum 324 | 31,68 | 4,92 | 31,4 | 19,4 | 53,8 | 0,60 |
| Söökla | 31,53 | 5,98 | 30,2 | 17,9 | 50,5 | 0,64 |
| Võimla | 31,57 | 6,51 | 30,7 | 18,1 | 62,5 | 0,63 |
| Kokku | 34,62 | 6,75 | 34,1 | 15,8 | 71,1 | 0,46 |

Tabel 27. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välisemperatuuriga

Tähelepanu väärib ruumide 229 ja 310 siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vahelise seose vähene korrelatsioon. Graafikul 83 on näha, et selles ruumis toimub õppetöö ajal väga järske õhuniiskuse muutusi, mis võivad olla tingitud vedelike kasutamisest antud ruumides. Sellest tulenevalt on siseõhu suhtelise õhuniiskuse seos välisõhu temperatuuriga nõrk.



Graafik 83. Ruumi 229 siseõhu suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides välja arvatud garderoob ja peeglisaal. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel välja arvatud ruumis 229 ja kunstiklassis 310. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Viljandi Jakobsoni Koolis keskmiselt tasemele 13,2%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Viljandi Gümnaasium

Mõõdistuste aeg: 07. oktoober 2016 – 11.november 2016 (analüüsis arvestatud kuni 06.november)

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Nova 207

- Nova 218
- Keemia Nova 205
- Nova 221
- Nova söögisaal (mõõtmise ebaõnnestus)
- Õpetajate tuba Nova 011
- Auditoorium Nova 005
- Arvuti klass H109 (mõõtmise ebaõnnestus)
- Muusikaklass H210
- Aula H206

Mõõdistusseadmed: Monitor-logger E6226, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Kasutatud monitor-loggerid E6226 ei töötanud ühtlaselt. Selle tulemusena toimusid nihked mõõtmisaja ja reaalaja lõikes ning osad loggerid lõpetasid mõõtmise enne õiget tähtaega. Nova söögisaalis ja arvutiklassis H109 mõõdistused ebaõnnestusid.
- Mõõdistused toimusid ajavahemikul, kui välistemperatuur oli enamuse ajast plusskraadides ning ainult mõõtmisperioodi lõpus langes alla null kraadi. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli $-9,5^{\circ}\text{C}$ kuni $17,3^{\circ}\text{C}$
- Loggerid paiknesid ruumides kõrgusel 0,5-2,4 m põrandapinnast.
- Sügisvaheaeg 22. oktoober kuni 30. oktoober 2016
- Hoone koosnes kahest osast, uues osas tehti mõõdistamine seitsmes ruumis, millest õnnestus kuus ja vanas osas kolmes ruumis, millest õnnestus kaks.

| | Esmaspäev | | | | | | | |
|---------|---|---|--|---|---|---|-------------------------------|-------------|
| | 8:15-9:00 | 9:15-10:00 | 10:10-10:55 | 11:05-11:50 | 12:15-13:00 | 13:20-14:05 | 14:15-15:00 | 15:10-15:55 |
| I huku | inimgeo Numsalu N002 | inimgeo Numsalu N002 | mate (kitsas) Eglit N228 Sükk N230 Iro N204 Nulja N225 | kirjandus KlIn N003 | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abrol N224 | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abrol N224 | ryhmajuh. Runing H210 | |
| I lo | bio/füüsika Viir N217 Luhaäär N207 | füüsika/bio Luhaäär N207 Viir N217 | ühiskonnaõ Salumäe H111 | keemia Vitsut N218 | keemia Vitsut N218 | matem (lai) Anissimov N228 | ryhmajuh. Anissimov N217 | |
| I ma | kirjandus Raudne H206 | kirjandus Raudne H206 | füüsika Luhaäär N219 | füüsika Luhaäär N219 | matem (lai) Sukk N225 | B1 Barabanov N230 Zaiðbina N204 Alivee N018 | ryhmajuh. Abrol N003 | |
| I mf | matem (lai) Eglit N228 | füüsika Pohlasalu N219 | kirjandus Raudne H210 | füüsika pra Pohlasalu N207 Eglit N228 | füüsika pra Pohlasalu N207 Eglit N228 | keemia Vitsut N218 | rühmajuh. Eglit N228 | |
| I so | eesti keel Klettenberg N004 | muusika Kährnik H210 | mate (kitsas) Eglit N228 Sükk N230 Iro N204 Nulja N225 | ühiskonnaõ Salumäe H213 | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abrol N224 | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abrol N224 | ryhmajuh. Klettenberg N004 | |
| I võ | ajalugu Mirka H111 | ajalugu Mirka H111 | mate (kitsas) Eglit N228 Sükk N230 Iro N204 Nulja N225 | B2 Juhanson N223 | kirjandus Härmik H213 | kirjandus Härmik H213 | ryhmajuh. Zaiðbina N230 | |
| II huku | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abrol N224 | mate (kitsas) Iro N204 Sukk N230 Rähn N225 Eglit N228 | loodusgeo Numsalu N002 | loodusgeo Numsalu N002 | kirjandus Klettenberg N004 | kirjandus Klettenberg N004 | keemia Vitsut N218 | |
| II lo | kehaline ka JürissonK Reinup JürissonA Kallas | kehaline ka JürissonK Reinup JürissonA Kallas | eesti keel Klettenberg N004 | eesti keel Klettenberg N004 | ajalugu Vislapuu H110 | loodusgeo Numsalu N002 | loodusgeo Numsalu N002 | |
| II ma | äriplaani ko Hilemäe-MH110 | äriplaani ko Hilemäe-MH110 | kehaline ka JürissonK Reinup JürissonA Kallas | kehaline ka JürissonK Reinup JürissonA Kallas | B1 Barabanov N230 Zaiðbina N204 Alivee N018 | muusika Kährnik H210 | õpilasfima Hilemäe-MH109 | |
| II mf | kehaline ka JürissonK Reinup JürissonA Kallas | kehaline ka JürissonK Reinup JürissonA Kallas | ajalugu Vislapuu H110 | ajalugu Vislapuu H110 | loodusgeo Numsalu N002 | matem (lai) Nulja N225 | matem (lai) Nulja N225 | |

1.9.2016 - 21.10.2016

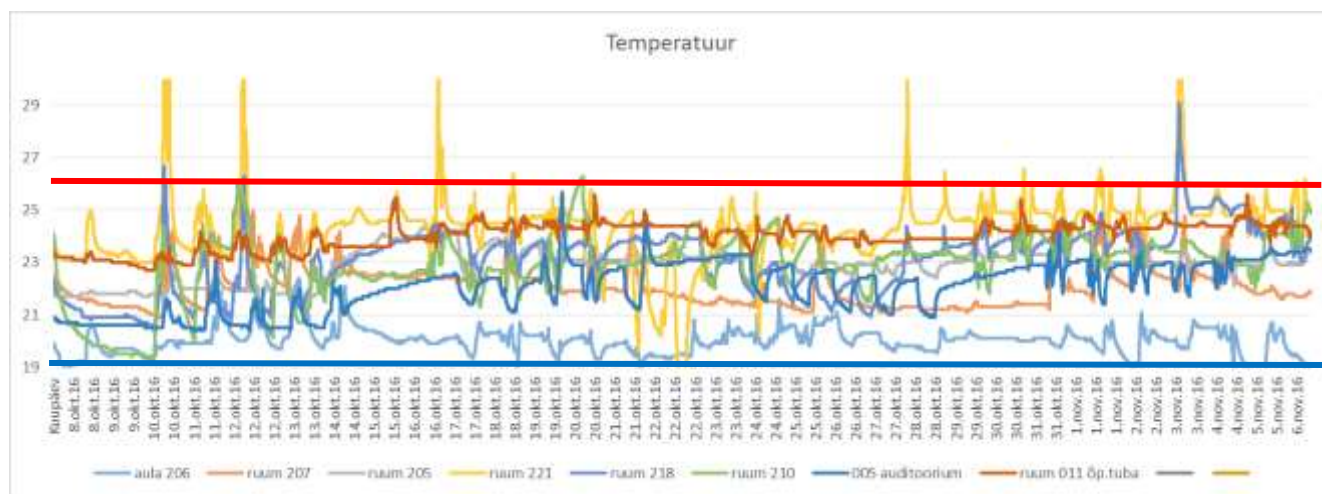
Tabel 28. Tunniplaan I periood näidis.

| | Esmaspäev | | | | | | |
|----------------|---|--|--|--|--|---|------------------------------|
| | 8:15-9:00 | 9:15-10:00 | 10:10-10:55 | 11:10-11:55 | 12:20-13:05 | 13:20-14:05 | 14:15-15:00 |
| I huku | uurimistö Mändmaa N005 | uurimistö Mändmaa N005 | B1 Barabanov H210 Zalõbina N230 Allvee N229 | füüsika Luhaäär N228 | sissejuh loodus Vitsut N218 Luhaäär N218 | ryhmajuh. Runing H213 | |
| I lo | uurimistö Mändmaa N005 | uurimistö Mändmaa N005 | füüsika Luhaäär N219 | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224 | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224 | matem (lai) Anissimov N225 | ryhmajuh. Anissimov N225 |
| I ma | matem (lai) Sukk N225 | inimgeo Nurmsalu N002 | inimgeo Nurmsalu N002 | majanduse alus Hiemäe-M.N005 | majanduse alus Hiemäe-M.N005 | majanduse alus Hiemäe-M.N005 | ryhmajuh. Abroi N005 |
| I mf | matem (lai) Eglit N228 | mate prakt Eglit N228 Pohlasalu N207 | mate prakt Eglit N228 Pohlasalu N207 | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224 | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224 | keemia Vitsut N218 | rühmajuh. Eglit N228 |
| I so | sissejuh loodus Vitsut N218 Luhaäär N219 | sissejuh loodus Vitsut N218 Luhaäär N219 | B1 Barabanov H210 Zalõbina N230 Allvee N229 | inimgeo Nurmsalu N002 | ajalugu Mirka H111 | ajalugu Mirka H111 | ryhmajuh. KlettenbergN004 |
| I võ | sissejuh loodus Vitsut N218 Luhaäär N219 | sissejuh loodus Vitsut N218 Luhaäär N219 | eesti keel Härmik N004 | eesti keel Härmik N004 | muusika Kährik H210 | muusika Kährik H210 | ryhmajuh. Zalõbina N230 |
| II huku | B1 Barabanov N224 Zalõbina N230 Allvee N229 | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224 | B2 Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224 | kunst Runing H213 | kunst Runing H213 | ajalugu Vislapuu H110 | ajalugu Vislapuu H110 |
| II lo | kehaline kasv JürissonK Reinup JürissonA Kallas | kehaline kasv JürissonK Reinup JürissonA Kallas | keemia Vitsut N218 | keemia Vitsut N218 | matem (lai) Rahn N204 Eglit N228 Sukk N229 | matem (lai) Rahn N204 Eglit N228 Sukk N229 | füüsika Luhaäär N219 |
| II ma | välismajandus Abroi N004 | eesti keel Härmik N004 | kehaline kasv JürissonK Reinup JürissonA Kallas | kehaline kasv JürissonK Reinup JürissonA Kallas | matem (lai) Rahn N204 Eglit N228 Sukk N229 | matem (lai) Rahn N204 Eglit N228 Sukk N229 | õpilasfirma Hiemäe-M.H109 |
| II mf | kehaline kasv JürissonK Reinup JürissonA Kallas | kehaline kasv JürissonK Reinup JürissonA Kallas | kirjandus Kiin N003 | mate prakt Nuija N225 Pohlasalu N207 | mate prakt Nuija N225 Pohlasalu N207 | bioloogia Viir N217 | bioloogia Viir N217 |

Tabel 29. Tunniplaan II periood näidis.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



Graafik 84. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

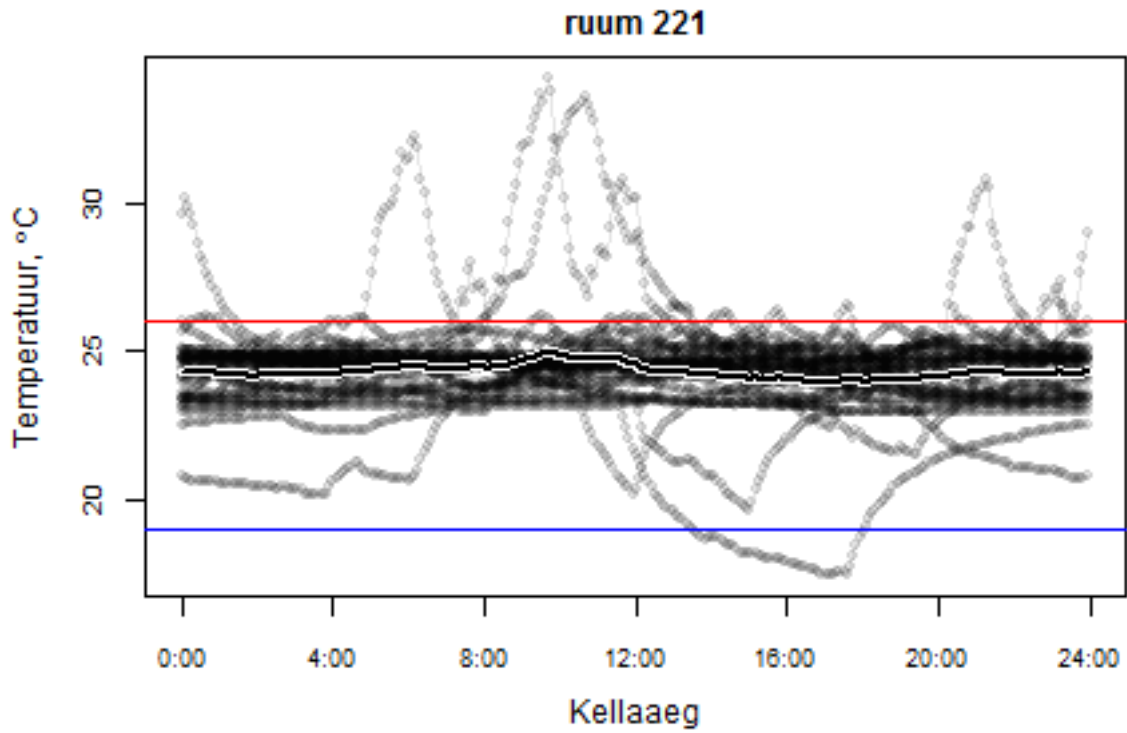
| | aula 206 | ruum 207 | ruum 205 | ruum 221 | ruum 218 | ruum 210 | ditoorium | 1 õp.tuba | KOKKU |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|--------------|
| KOKKU | 10055 | 9984 | 10049 | 9313 | 9302 | 9216 | 10029 | 9181 | 77129 |
| Üle 26 °C | 0 | 0 | 0 | 289 | 64 | 28 | 0 | 0 | 381 |
| alla 19 °C | 1104 | 0 | 0 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1158 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 3,1% | 0,7% | 0,3% | 0,0% | 0,0% | 0,5% |
| alla 19 °C | 11,0% | 0,0% | 0,0% | 0,6% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 1,5% |

Tabel 30. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

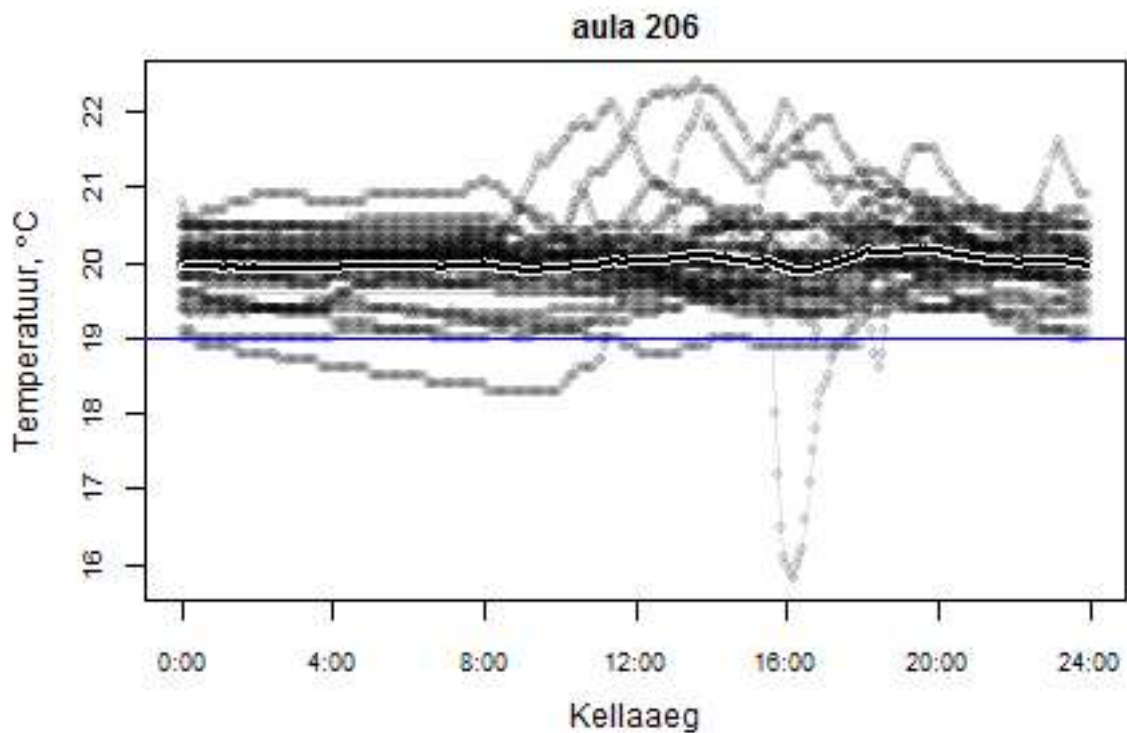
Graafikult 84 ja tabelist 30 lähtub, et suurim lubatud temperatuur 26°C on ületatud kolmes ruumis, nendest enim ruumis 221 kokku 289 korda ehk 1445 minutit kogu mõõtmisperioodi jooksul. See ruum on omapärane, sest seal on 54 korda ehk 270 minutit olnud temperatuur alla lubatud piiri (graafik 85). Suure tõenäosusega on selles ruumis avatud aknaid ruumiõhu jahutamiseks.

Madalam on temperatuur lubatud piirist aulas 206 (asub vanas osas) – 1104 mõõdistust ehk 5520 minutit kogu mõõdistusperioodi jooksul. Graafikul 86 on näha, et aulas on mõõdistusperioodil olnud ajavahemik, kus temperatuur langes alla 16°C.

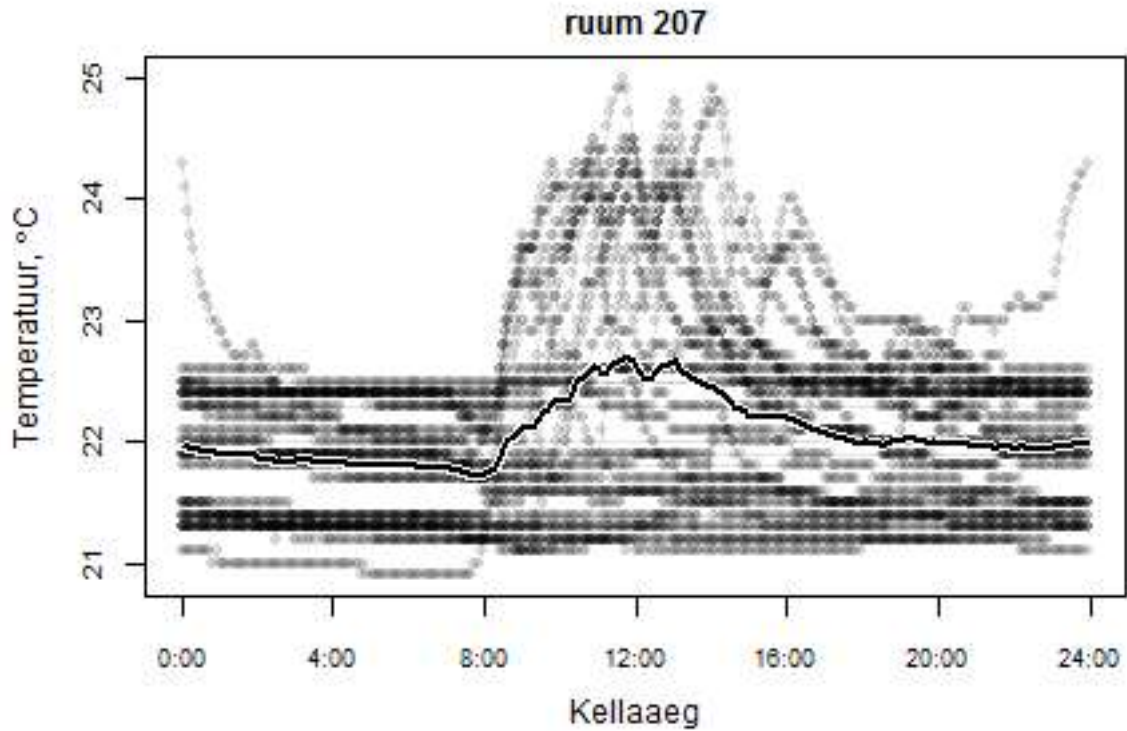
Graafikul 87 on näha, et ruumis 207 tõusis temperatuur õppeetevuse ajal kuni 4 kraadi, samss kui graafikul 88 toodud auditooriumis langes temperatuur samal perioodil. Temperatuuri langust saab seletada ventilatsiooni intensiivsuse tõstmisega õppeperioodil. Temperatuuri tõus ruumis 207 võib olla seletatav kas suure õpilaste arvuga ruumis ja/või päiksekiirguse langemisega ruumi.



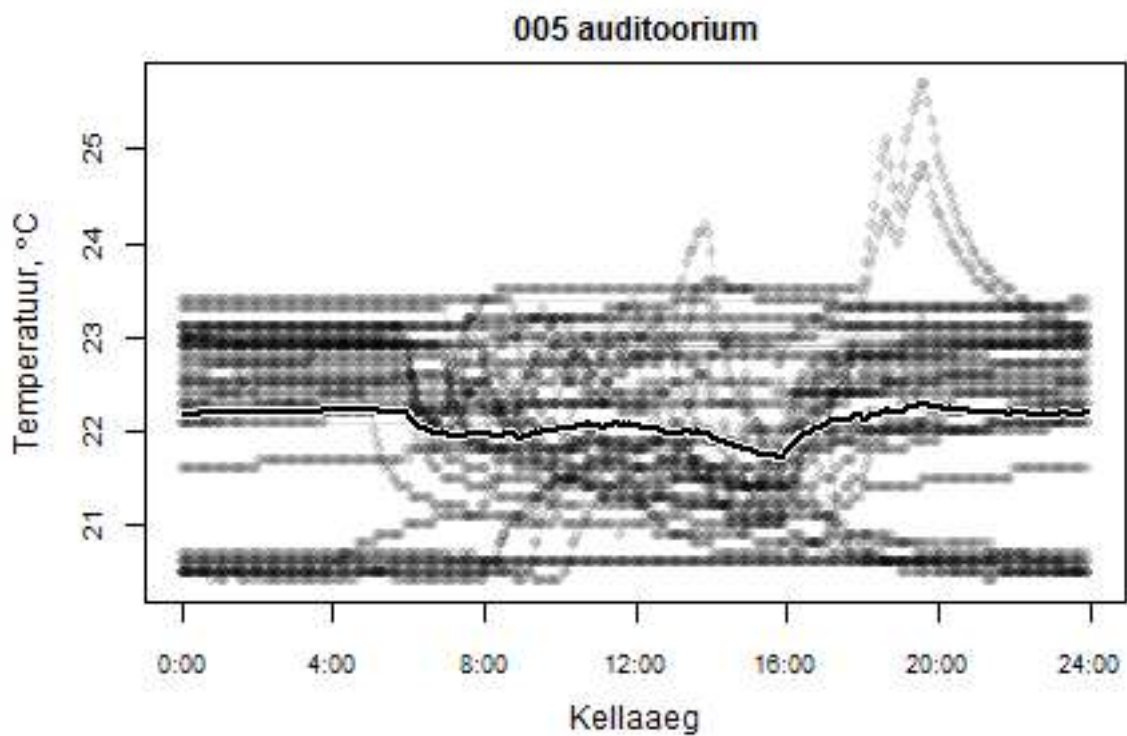
Graafik 85. Ruumi 221 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes. Ajatelje näidud on nihkes seadme rikke tõttu.



Graafik 86. Siseõhu temperatuuri muutus aulas (ruum 206 vanas osas) ööpäeva lõikes. Ajatelje näidud on nihkes seadme rikke tõttu.



Graafik 87. Siseõhu temperatuuri muutus ruumis 207 ööpäeva lõikes.



Graafik 88. Siseõhu temperatuuri muutus auditooriumis 005 ööpäeva lõikes.

Siseruumide temperatuuri ja välistemperatuuri korrelatsioon oli nõrk (tabel 31), seega on ruumide välispiirde soojajuhtivus madal. Seda nii vanas kui uues hooneosas. Arvestades

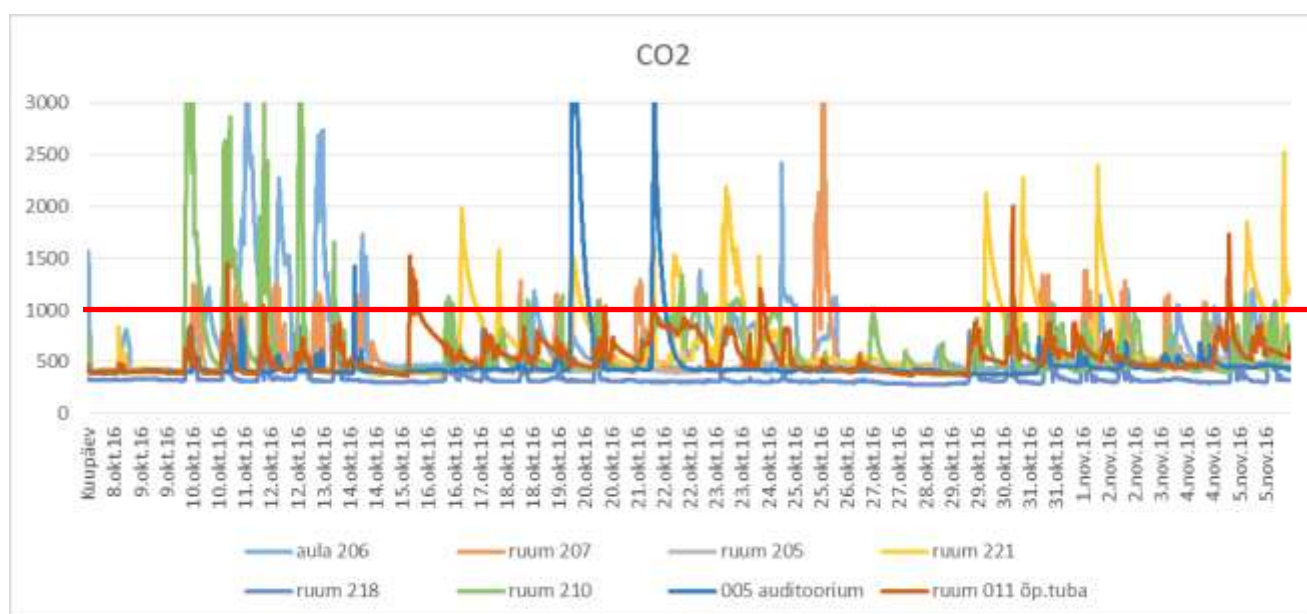
asjaoluga, et seos sise- ja välistemperatuuri vahel on negatiivne, on tõenäoline, et hoones kasutatakse automatiseeritud (välisõhu temperatuurist sõltuvat) temperatuuriregulaatorit.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimum | Korrelatsioon välistemp.-ga |
|--------------------|----------|--------------------|---------|--------|----------|--------------------------------|
| aula 206 | 19,99 | 0,537 | 20 | 15,8 | 22,4 | 0,04 |
| ruum 207 | 22,07 | 0,741 | 22 | 20,9 | 25 | -0,20 |
| ruum 205 | 22,88 | 0,637 | 23 | 20,8 | 24,4 | -0,19 |
| ruum 221 | 24,31 | 1,332 | 24,5 | 17,4 | 34,3 | -0,13 |
| ruum 218 | 23,13 | 1,212 | 23,4 | 20,3 | 29,1 | -0,42 |
| ruum 210 | 22,89 | 1,233 | 23,1 | 19,2 | 26,3 | -0,32 |
| 005 auditoorium | 22,09 | 0,943 | 22,3 | 20,4 | 25,7 | -0,46 |
| ruum 11 õp.tuba | 24,02 | 0,520 | 24,2 | 22,7 | 25,6 | -0,45 |
| Kokku | 22,67 | 1,575 | 22,9 | 15,8 | 34,3 | -0,16 |

Tabel 31. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Kokkuvõttes võib väita, et õhutemperatuur Viljandi Gümnaasiumis on lubatu piires. Vaid aulas on soovitatav tõsta õhutemperatuuri.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 89. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

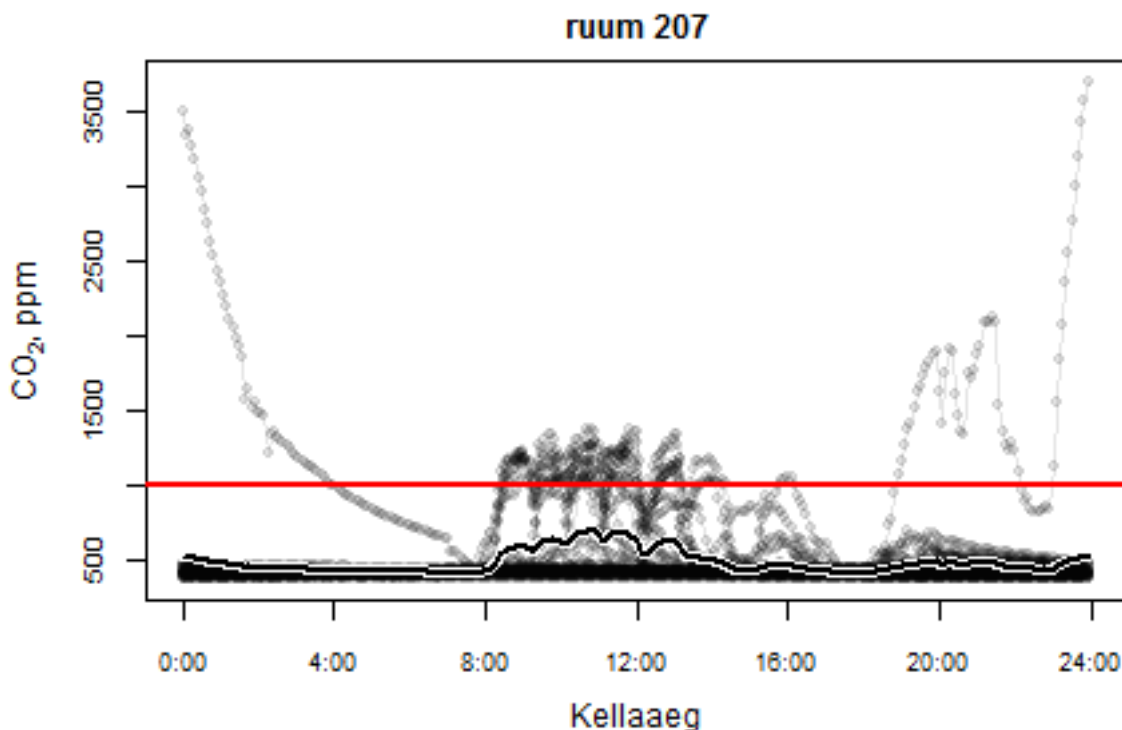
| | aula 206 | ruum 207 | ruum 205 | ruum 221 | ruum 218 | ruum 210 | 005 auditoorium | 1 õp.tuba | KOKKU |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|-----------|--------------|
| KOKKU | 10055 | 9984 | 10049 | 9313 | 9302 | 9216 | 10029 | 9181 | 77129 |
| Üle 1000 ppm | 833 | 669 | 206 | 1232 | 8 | 694 | 310 | 167 | 4119 |
| Üle 1000 ppm | 8,3% | 6,7% | 2,0% | 13,2% | 0,1% | 7,5% | 3,1% | 1,8% | 5,3% |

Tabel 32. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 89 ja tabelist 32 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Kõige rohkem on lubatud 1000 ppm piir ületatud ruumides 221, 206, 210 ja 207 vastavalt 13,2%, 8,3%, 7,5% ja 6,7%. Huvitav on asjaolu, et nimetatud ruumid paiknevad nii uues kui vanas hooneosas. Vaadates tabelit 33 on näha, et neis ruumides on ka kõrgemad keskmised näidud ehk CO₂ tase on teistest ruumidest kestvalt kõrgem. Maksimaalsed näidud on enamuses ruumidest väga kõrged (va ruum 205). Ruumis 207 on väga kõrged näidud (graafik 90) olnud ühekordselt öhtu ja öötundidel (25-26.oktoobril 2016).

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum |
|-----------------|----------|--------------------|---------|----------|----------|
| aula 206 | 610,4 | 343,6 | 473 | 389 | 3223 |
| ruum 207 | 491,8 | 236,3 | 427 | 372 | 3706 |
| ruum 205 | 445,5 | 40,8 | 436 | 372 | 769 |
| ruum 221 | 631,6 | 321,1 | 518 | 366 | 2521 |
| ruum 218 | 355,0 | 113,0 | 317 | 276 | 1565 |
| ruum 210 | 605,5 | 367,4 | 460 | 390 | 4003 |
| 005 auditoorium | 482,2 | 317,9 | 421 | 374 | 5205 |
| ruum 11 | 551,1 | 166,4 | 504 | 367 | 2004 |
| õp.tuba | | | | | |
| Kokku | 521,6 | 278,2 | 438 | 276 | 5205 |

Tabel 33. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste

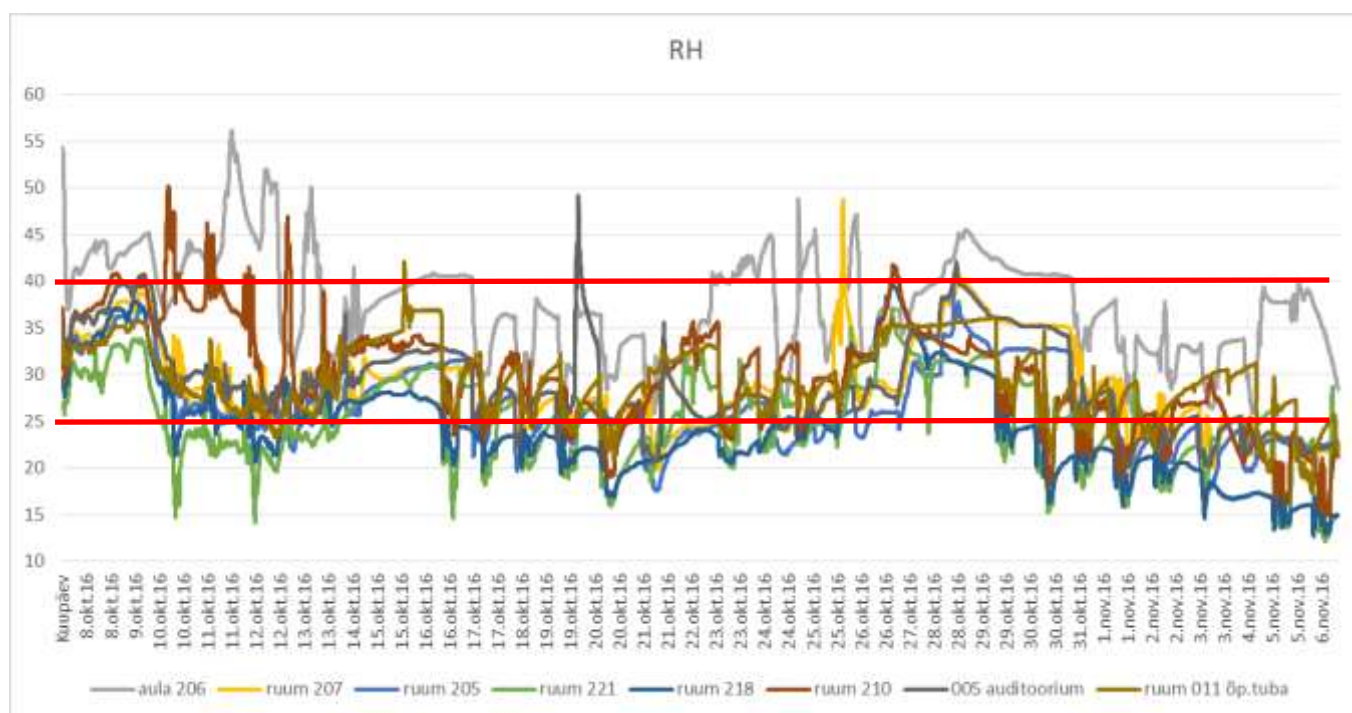


Graafik 90. CO₂ taseme muutus ruumis 207 ööpäeva lõikes.

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Viljandi Gümnaasiumis probleeme. Tasemed tõusevad oluliselt üle piirmäära ruumides 221, 206, 210 ja 207. Neis ruumides tuleks

teostada täiendavaid mõõtmisi ning seejärel võtta tarvitusele abinõud CO₂ taseme alandamiseks.

Suhteline õhuniiskus



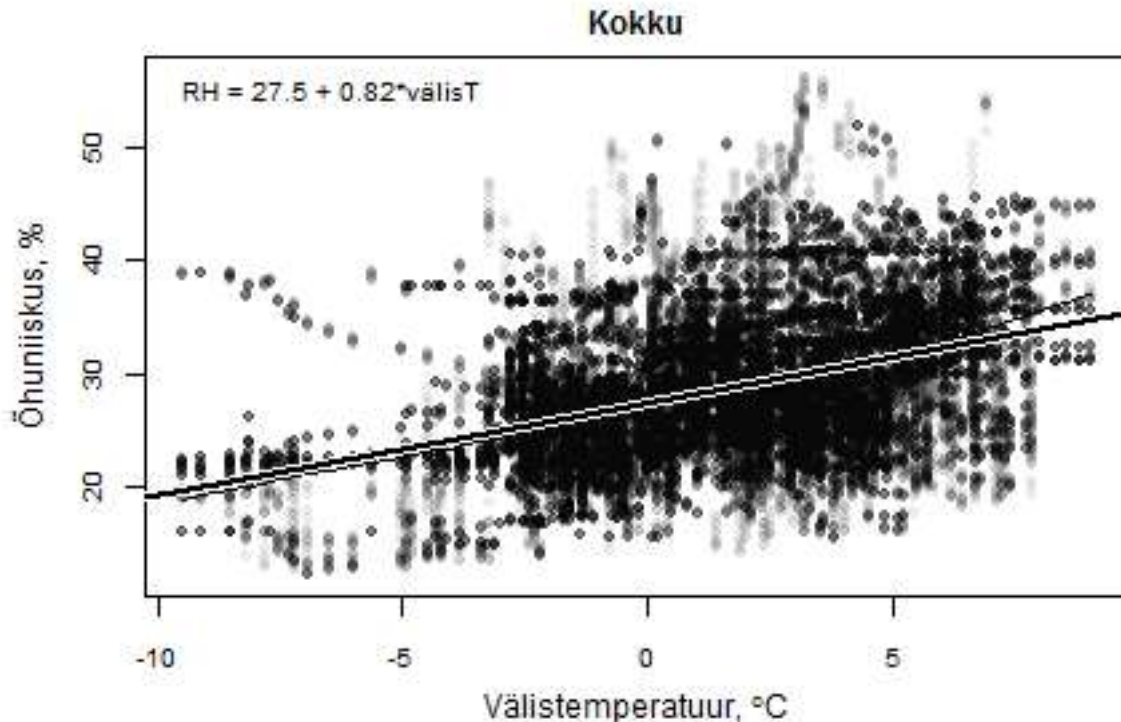
Graafik 91. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | aula 206 | ruum 207 | ruum 205 | ruum 221 | ruum 218 | ruum 210 | 005 auditoorium | ruum 011 | KOKKU |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|--------------|
| KOKKU | 10055 | 9984 | 10049 | 9313 | 9302 | 9216 | 10029 | 9181 | 77129 |
| alla 40 % | 6725 | 9897 | 10048 | 9313 | 9294 | 8878 | 9888 | 9176 | 73219 |
| alla 25 % | 82 | 3385 | 4983 | 4895 | 5864 | 2255 | 3179 | 1487 | 26130 |
| alla 40 % | 66,9% | 99,1% | 100,0% | 100,0% | 99,9% | 96,3% | 98,6% | 99,9% | 94,9% |
| alla 25 % | 0,8% | 33,9% | 49,6% | 52,6% | 63,0% | 24,5% | 31,7% | 16,2% | 33,9% |

Tabel 34. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 81 ja tabelist 26 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb allapoole lubatud piirmäärasid keskmiselt 94,9% ulatuses. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid oktoobris, kus välisõhu temperatuur on enamasti plusskraadides, on selline siseõhu suhtelise niiskuse tase väga madal. Kõige kõrgem oli suhteline õhuniiskus vana osa aulas, mis on ka loogiline, kuna seal on temperatuur kõige madalam. Kõigis ülejäänud ruumides langes suhteline õhuniiskus alla 40% koguni 96,3-100% kõikidest mõõdistustest ning alla 25% koguni 16,2-63% kõikidest mõõdistustest. Eriti madalad olid suhtelise õhuniiskuse tasemed mõõdistusperioodi lõpuosas, kus välistemperatuur langes miinuskraadidesse.

Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (graafik 92) on vahemikus 0,40-0,64. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=27,5+0,82 \cdot välisT$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,82% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.



Graafik 92. Siseõhu suhtelise õhuniiskuse ja välisõhu temperatuuri seos

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimum | Korrelatsioon välis-temp.-ga |
|-----------------|--------------|--------------------|-----------|-------------|-------------|---------------------------------|
| aula 206 | 37,59 | 5,392 | 37,7 | 25,8 | 56,2 | 0,40 |
| ruum 207 | 28,56 | 4,744 | 27,4 | 19,8 | 48,7 | 0,63 |
| ruum 205 | 26,49 | 4,435 | 25,7 | 17,5 | 40,1 | 0,60 |
| ruum 221 | 25,16 | 4,674 | 25,1 | 12,1 | 36,9 | 0,43 |
| ruum 218 | 24,58 | 5,615 | 23,8 | 12,7 | 40,3 | 0,60 |
| ruum 210 | 29,82 | 5,754 | 29,6 | 14,9 | 50,2 | 0,52 |
| 005 auditoorium | 29,07 | 5,030 | 28,1 | 20,1 | 49,2 | 0,64 |
| ruum 11 | 29,44 | 3,997 | 29,1 | 17,4 | 42,1 | 0,48 |
| õp.tuba | | | | | | |
| Kokku | 28,84 | 6,268 | 28 | 12,1 | 56,2 | 0,43 |

Tabel 35. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvkarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välis temperatuuriga

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välis temperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Viljandi Gümnaasiumis keskmiselt tasemele 11,1%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul

ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Nagu on näha aula 206 suhtelise õhuniiskuse ja temperatuuri mõõdistuste tulemusest, on üheks võimaluseks õhu suhtelise niiskuse tõstmisel temperatuuri langetamine. Hoides temperatuuri pidevalt 20°C juures tõuseb enamuses ruumidest õhu suhteline niiskus oluliselt.

Jõgevamaa Gümnaasium

Mõõdistuste aeg: 11.jaanuar 2017 – 10.veebruar 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Ruum 105
- Ruum 205
- Ruum 305
- Ruum 212
- Ruum 304
- Aula 216
- Ruum 308
- Ruum 104
- Garderoob
- Õpetajate tuba

Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

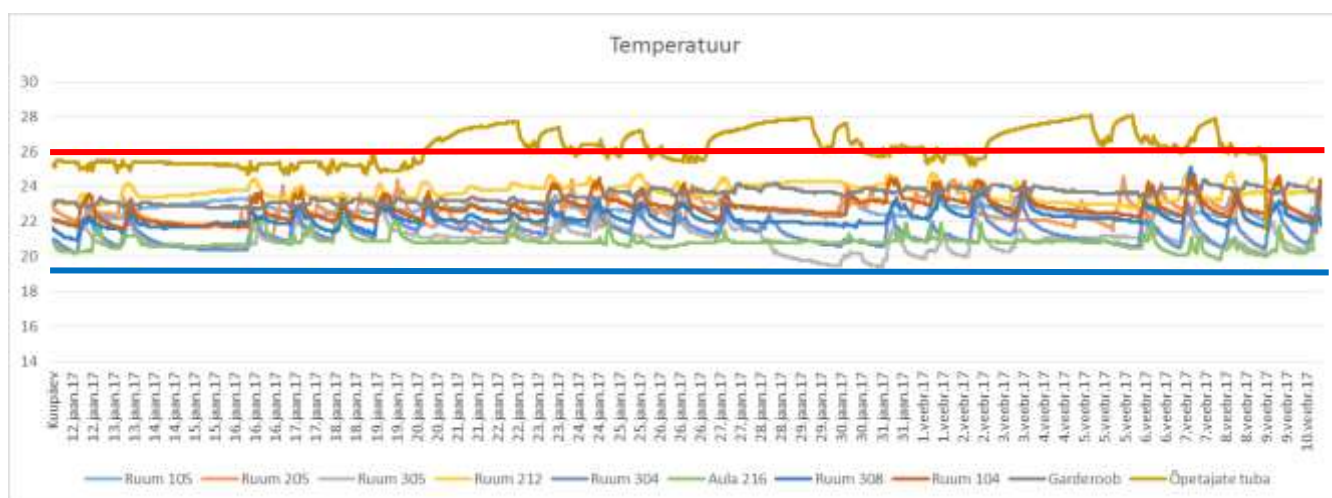
Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamuse ajast miinuskraadides. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli -18,4°C kuni +2,3°C
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 0,5-2,4 m põrandapinnast.

Tabel 36. Tunniplaan (lisatud elektrooniliselt Lisas 2)

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



Graafik 93. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| . | Ruum 105 | Ruum 205 | Ruum 305 | Ruum 212 | Ruum 304 | Aula 216 | Ruum 308 | Ruum 104 | Garderoob | Õpetajate | KOKKU |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|--------------|
| KOKKU | 8551 | 8016 | 8558 | 8533 | 8558 | 8538 | 8592 | 8592 | 8563 | 8222 | 84723 |
| Üle 26 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4288 | 4288 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 52,2% | 5,1% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |

Tabel 37. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

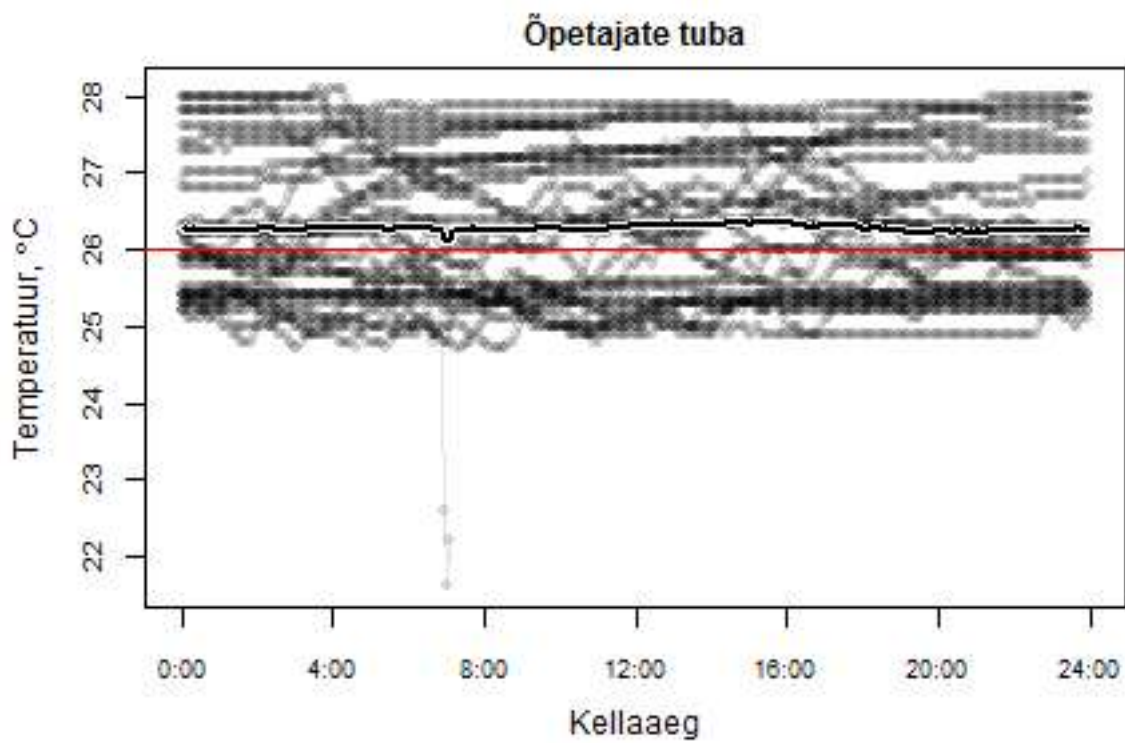
Graafikult 74 ja tabelist 23 lähtub, et suurim lubatud temperatuur 26°C on ületatud vaid õpetajate toas ning seda koguni 52,2% kogu mõõdistusperioodi ajast. Huvitav on asjaolu, et õpetajate toas on kõige kõrgem temperatuur nädalavahetustel. Kuna nädalavahetustel on selles ruumis temperatuur ühtlaselt tõusev, siis on põhjuseks suure tõenäosusega kütte reguleerimine väga kõrgele temperatuurile. Samale võimalusele viitab graafik 94, kust on näha, et ööpäeva lõikes temperatuur muutub vähe. Graafikutel 95-98 on näha, et klassiruumides tõuseb temperatuur õppetöö alguses ning hakkab pärast õppetööd jälle langema. Samas ei ületata kordagi lubatud maksimaalset temperatuuri. Tunni jooksul tõuseb temperatuur klassiruumis minimaalselt. Seega on temperatuuri tõus pigem küttesüsteemi reguleerimisest kui õpilaste suurest arvust tingitud.

Sise- ja välistemperatuuri vahel puudub seos (tabel 38). See asjaolu viitab välispiirde heale soojapidavusele.

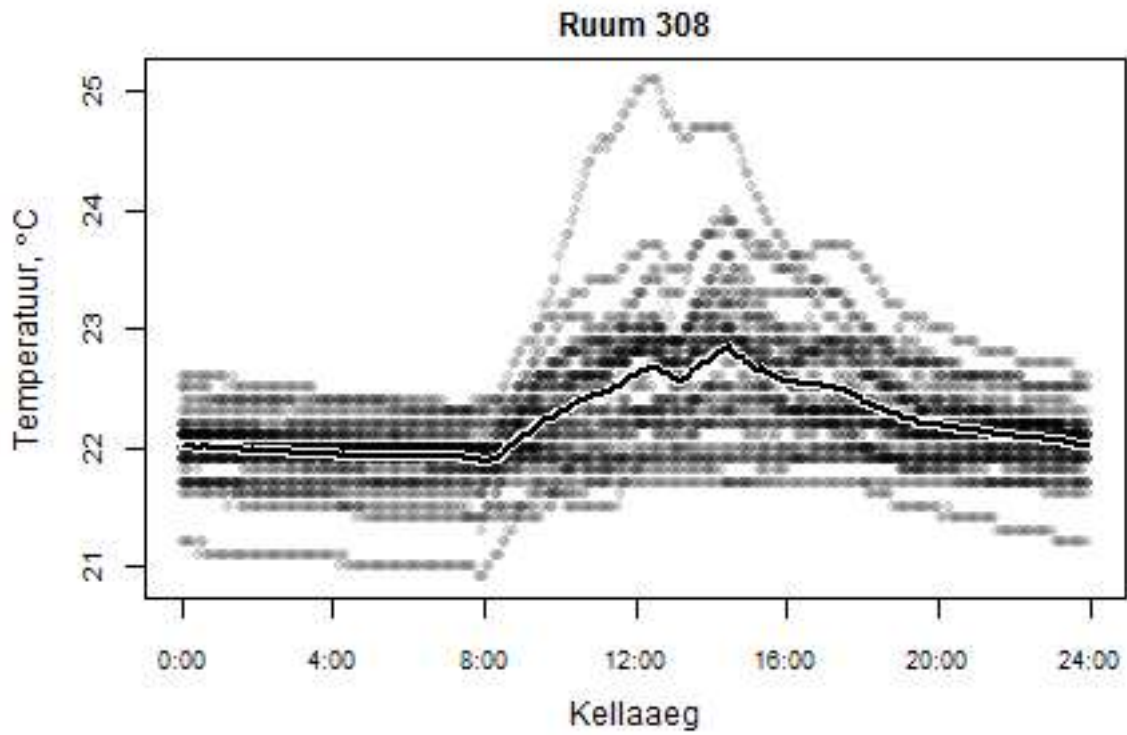
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|-----------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| Aula 216 | 22,69 | 0,33 | 22,7 | 21,9 | 23,8 | 0,31 |
| Garderoob | 22,53 | 0,64 | 22,5 | 20,9 | 24,6 | -0,13 |
| Ruum 104 | 20,98 | 0,61 | 21,1 | 19,4 | 23,0 | 0,03 |
| Ruum 105 | 23,71 | 0,44 | 23,7 | 22,8 | 24,8 | 0,17 |
| Ruum 205 | 21,42 | 0,62 | 21,4 | 20,2 | 23,3 | 0,16 |
| Ruum 212 | 20,83 | 0,38 | 20,8 | 19,8 | 22,9 | 0,45 |
| Ruum 304 | 22,22 | 0,50 | 22,1 | 20,9 | 25,1 | -0,08 |
| Ruum 305 | 22,77 | 0,61 | 22,7 | 21,6 | 24,6 | 0,00 |
| Ruum 308 | 23,49 | 0,40 | 23,6 | 21,4 | 24,4 | -0,29 |

| | | | | | | |
|----------------|-------|------|------|------|------|-------|
| Õpetajate tuba | 26,27 | 0,94 | 26,2 | 21,6 | 28,1 | -0,01 |
| Kokku | 22,68 | 1,60 | 22,6 | 19,4 | 28,1 | 0,03 |

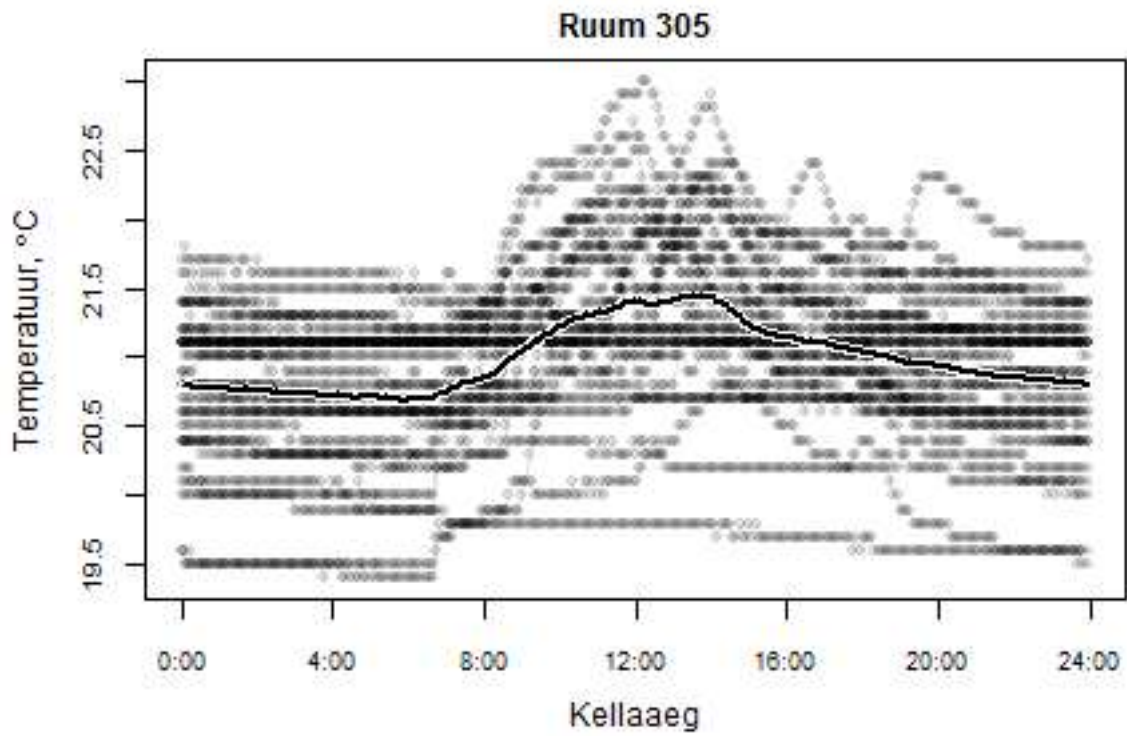
Tabel 38. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga



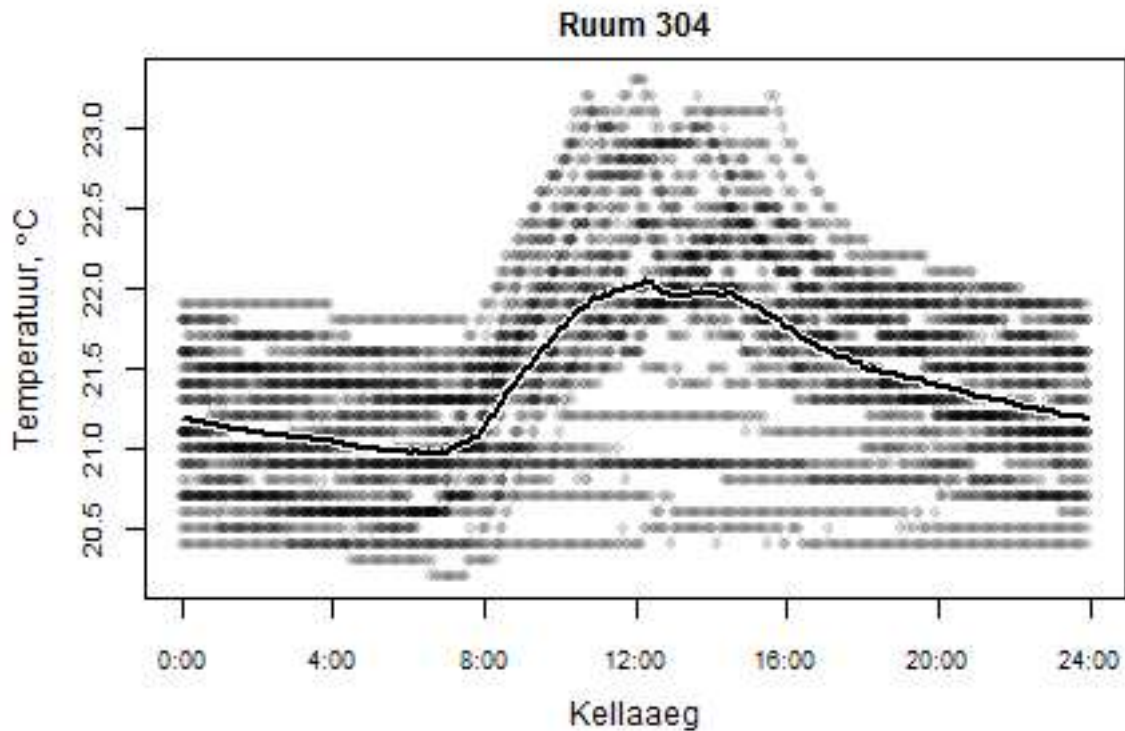
Graafik 94. Õpetajate toa temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



Graafik 95. Ruumi 308 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



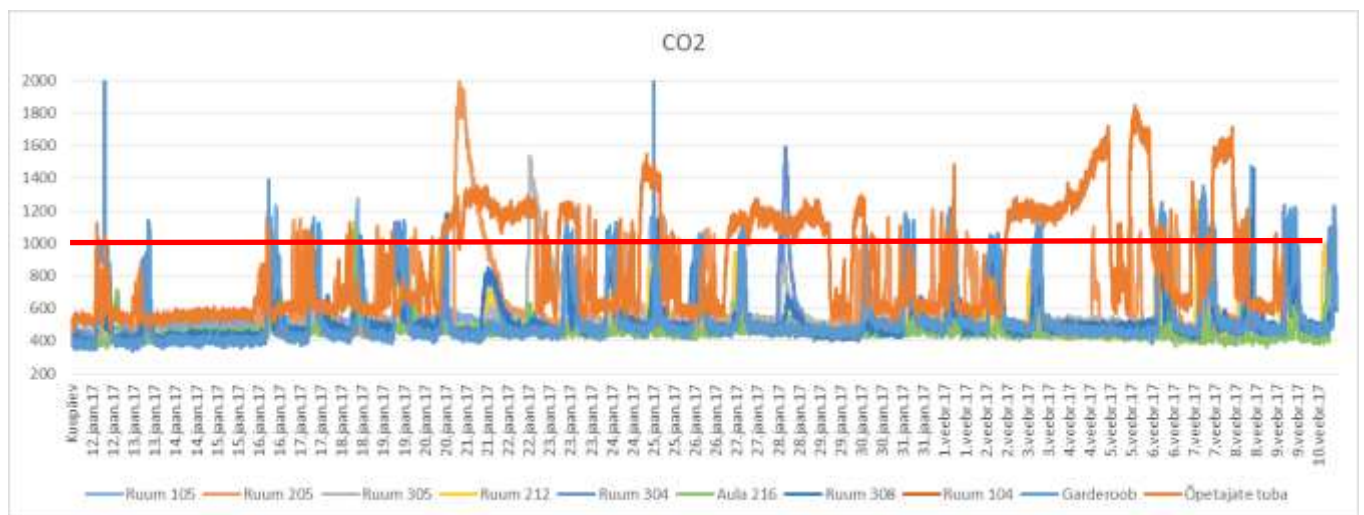
Graafik 96. Ruumi 305 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



Graafik 97. Ruumi 304 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

Kokkuvõttes võib väita, et õhutemperatuur Jõgevamaa Gümnaasiumis on lubatu piires. Vaid õpetajate toas on soovitatav reguleerida küttekehad madalama temperatuuri režiimile.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 98. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

| | Ruum 105 | Ruum 205 | Ruum 305 | Ruum 212 | Ruum 304 | Aula 216 | Ruum 308 | Ruum 104 | Garderoob | Õpetajate | KOKKU |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|--------------|
| KOKKU | 8551 | 8016 | 8558 | 8533 | 8558 | 8538 | 8592 | 8592 | 8563 | 8222 | 84723 |
| Üle 1000 ppm | 191 | 476 | 120 | 45 | 182 | 16 | 182 | 551 | 1 | 2957 | 4721 |
| Üle 1000 ppm | 2,2% | 5,9% | 1,4% | 0,5% | 2,1% | 0,2% | 2,1% | 6,4% | 0,0% | 36,0% | 5,6% |

Tabel 39. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 98 ja tabelist 39 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Neist garderoobis on ületamine ühekordne, Ruumides 305, 212 ja 216 lühiajaline ja mitteoluline. Oluline on CO₂ lubatud taseme ületamine ruumides 105, 205, 304, 308 ja 104 ning kõige suurem on ületamine õpetajate toas, kus 36,0% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO₂ sisaldus lubatust kõrgem.

Õpetajate toas on CO₂ tase kogu ööpäeva jooksul ühtlaselt kõrge (graafik 99). See näitab asjaolu, et õpetajate toa õhuvahetus on puudulik ning pärast õppetööd CO₂ tase ei lange, vaid püsib kõrgena kuni järgmise päevani. Kuna hilistel õhtutundidel CO₂ tase tõuseb, siis kasutatakse õpetajate tuba ka pärast õppetööd. Arvestades ka õpetajate toa temperatuuri kõrgeid tasemeid võib oletada, et selles ruumis on nädalavahetustel ööbitud.

Ruumis 305 on CO₂ taseme tõus ühekordne (graafik 102). Kuna tõus toimus 22.jaanuari 2017 pärastlõunal ning kestis hiliste õhtutundideni, siis toimus nimetatud ruumis sellel päeval mingi üritus, kus osales klassiruumile ettenähtud arvust suurem hulk inimesi.

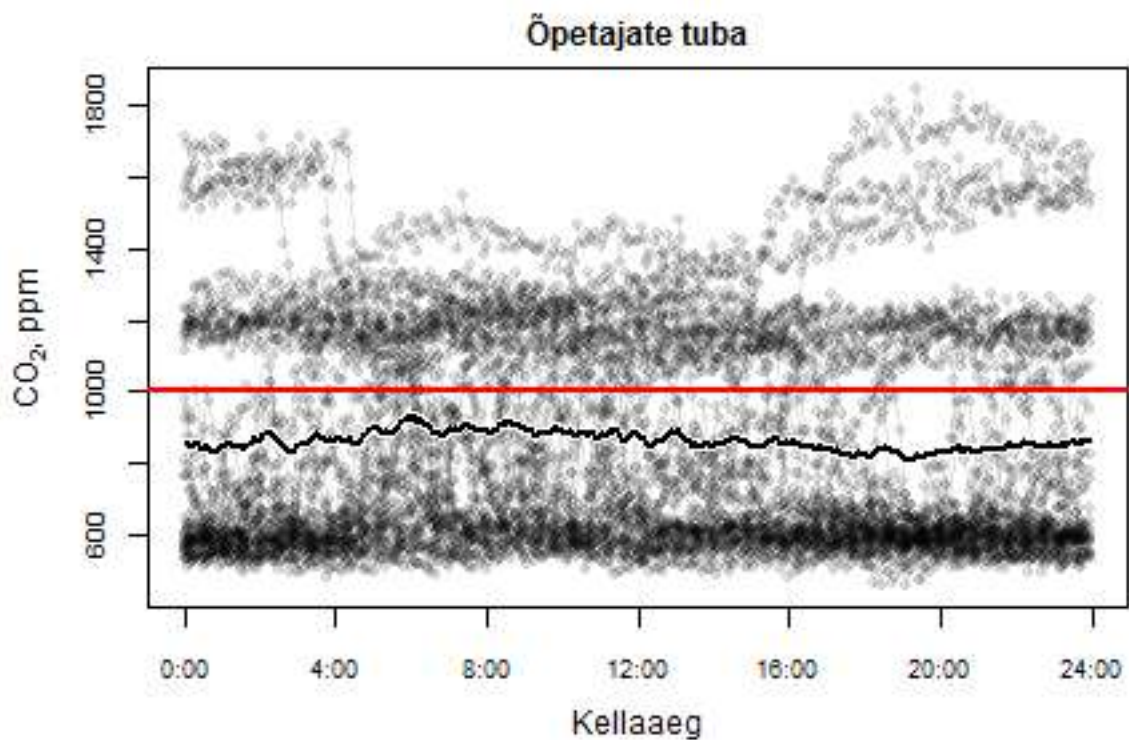
Ruumis 308 on CO₂ tõus õppetegevuse algusega seotud (graafik 100) ning õppetöö tunni jooksul tõuseb tase veelgi (graafik 101). Pärast tundide lõppu aga CO₂ tase aeglaselt langeb ning keskmiselt kella 20.00 paiku saavutab jälle algtaseme (välisõhuga sarnane tase).

Ruumis 205 on CO₂ taseme tõus seotud enamasti õhtutundidega, ühekordselt (20-21.jaanuar 2016) tõuseb CO₂ tase ka öötundidel (graafik 104). Kuna tõus sellel ööl on märkimisväärne, siis toimus ruumis suure tõenäosusega mingi rahvakogunemine.

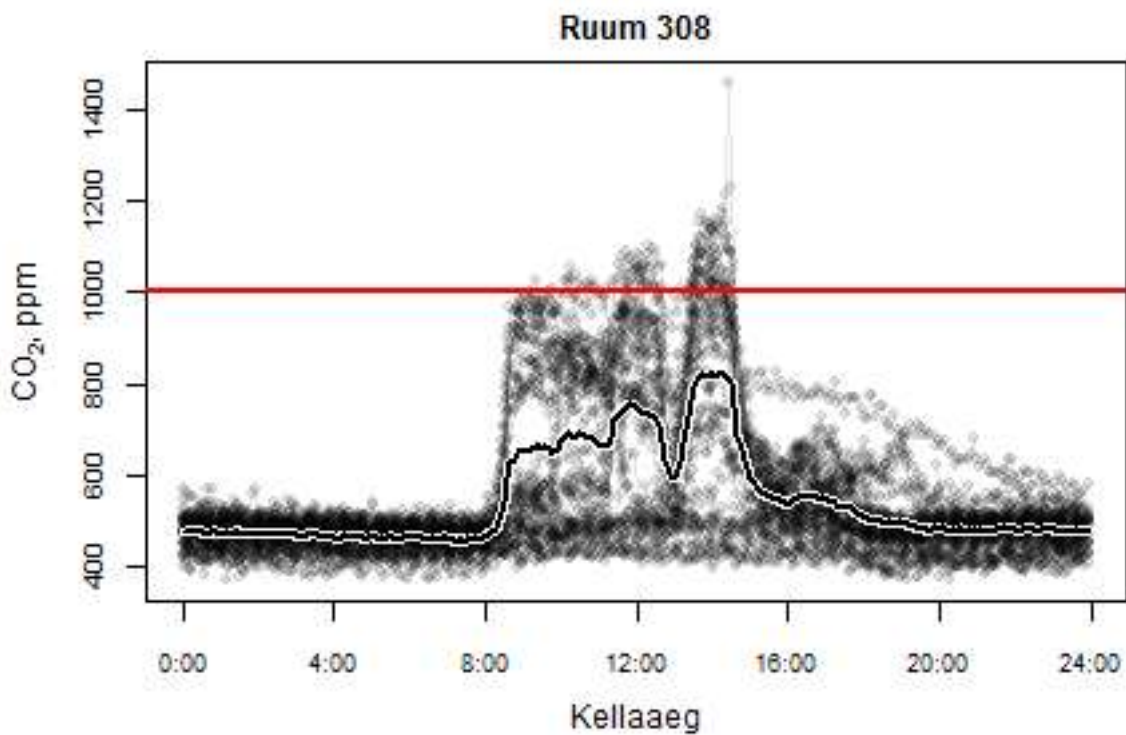
Ruumides 104 ja 105 toimub CO₂ taseme tõus õppetöö alates ja langeb kiiresti õppetöö lõppedes (graafikud 105 ja 106).

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|----------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| Ruum 104 | 773,1 | 161,9 | 739 | 500 | 1271 | 0,287 |
| Ruum 105 | 501,0 | 86,9 | 488 | 397 | 1099 | -0,579 |
| Ruum 205 | 631,5 | 128,5 | 599 | 405 | 963 | -0,370 |
| Ruum 212 | 690,9 | 143,0 | 714,5 | 425 | 1131 | -0,209 |
| Ruum 304 | 689,1 | 184,4 | 681 | 397 | 1161 | -0,254 |
| Ruum 305 | 837,4 | 158,1 | 862 | 438 | 1183 | 1,051 |
| Ruum 308 | 893,1 | 223,8 | 956 | 377 | 1347 | 2,006 |
| Kokku | 738,7 | 209,4 | 748 | 377 | 1347 | 0,454 |

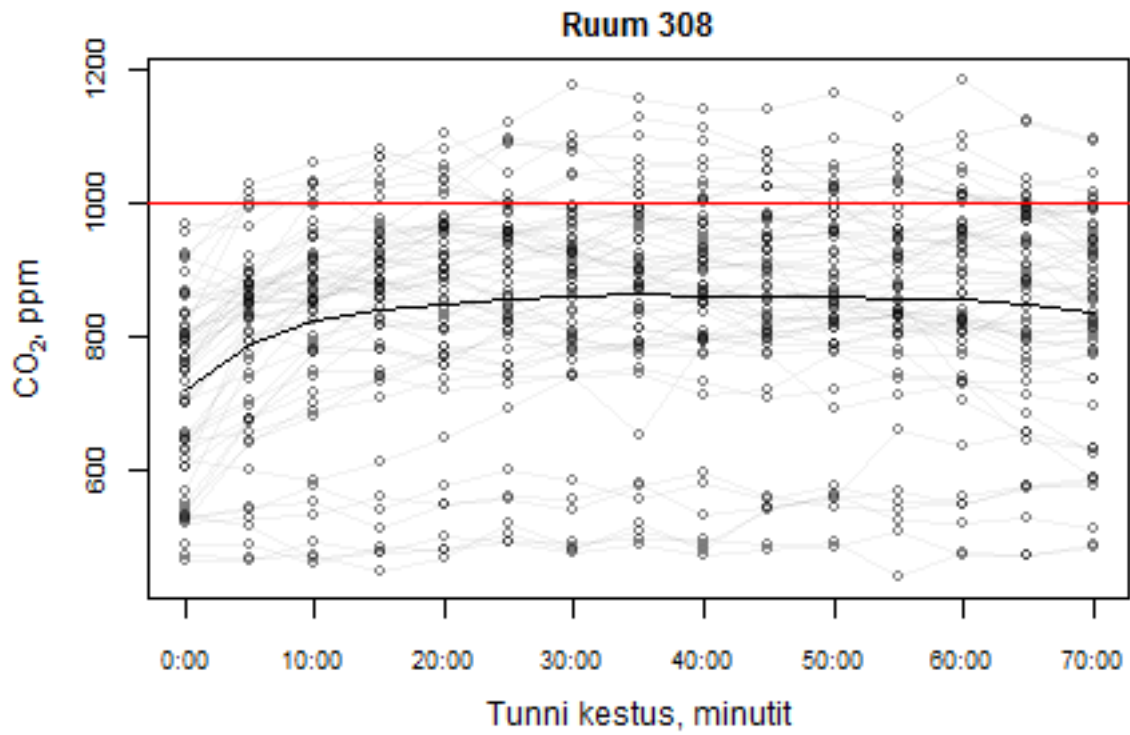
Tabel 40. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



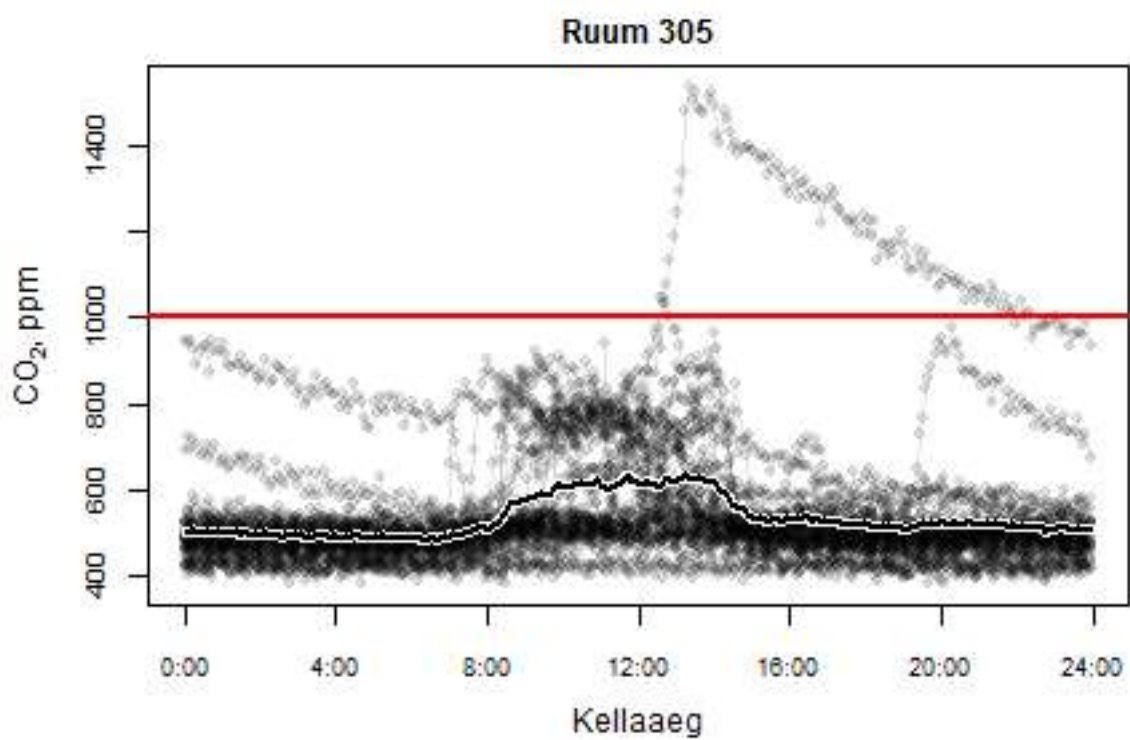
Graafik 99. CO₂ taseme muutus õpetajate toas ööpäeva lõikes



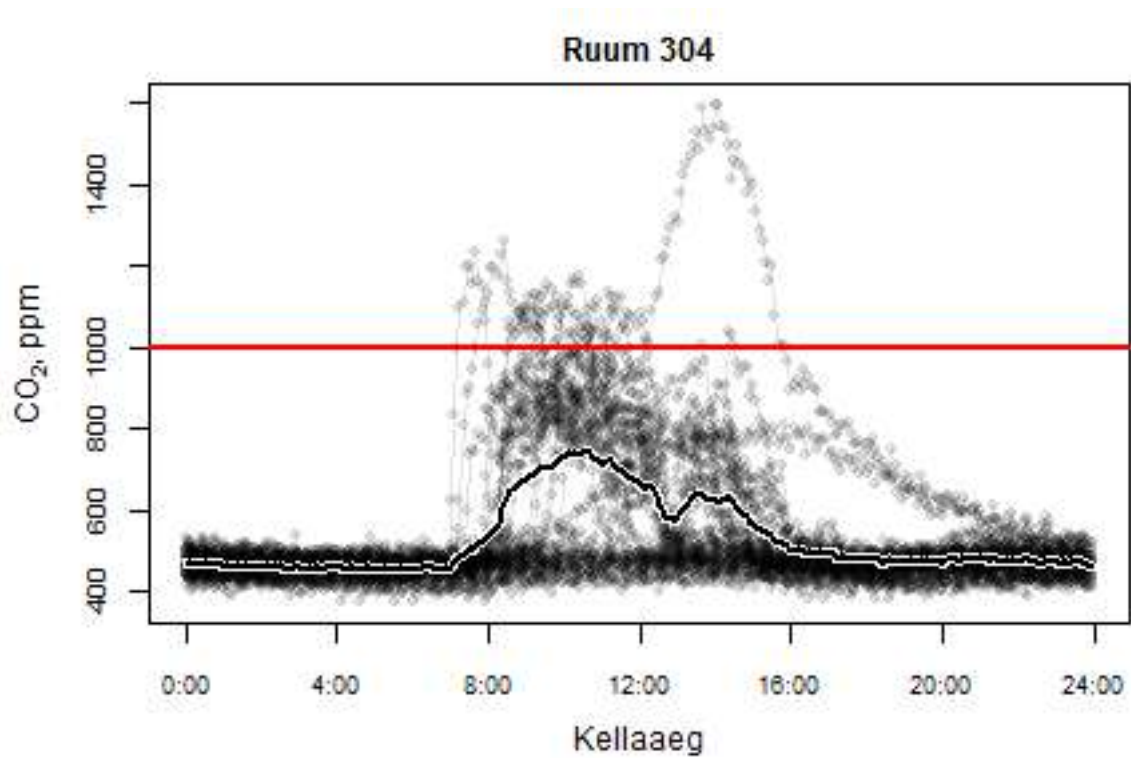
Graafik 100. CO₂ taseme muutus ruumis 308 ööpäeva lõikes



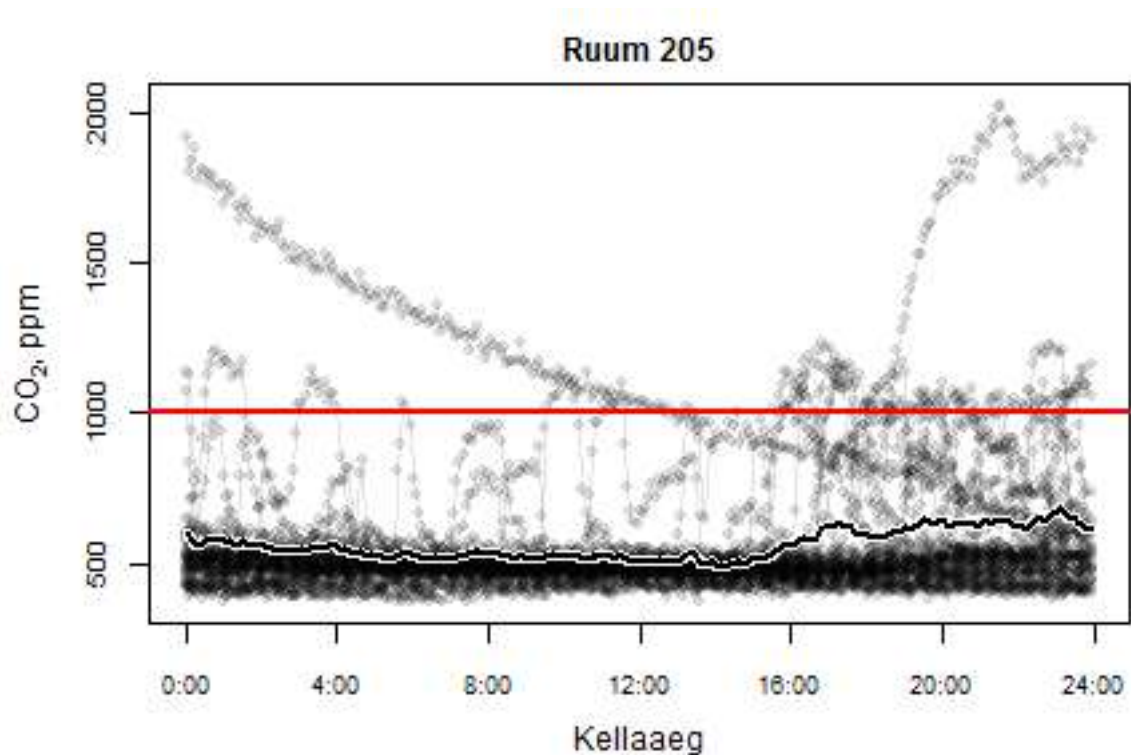
Graafik 101. CO₂ taseme muutus ruumis 308 õppetöö tunni lõikes



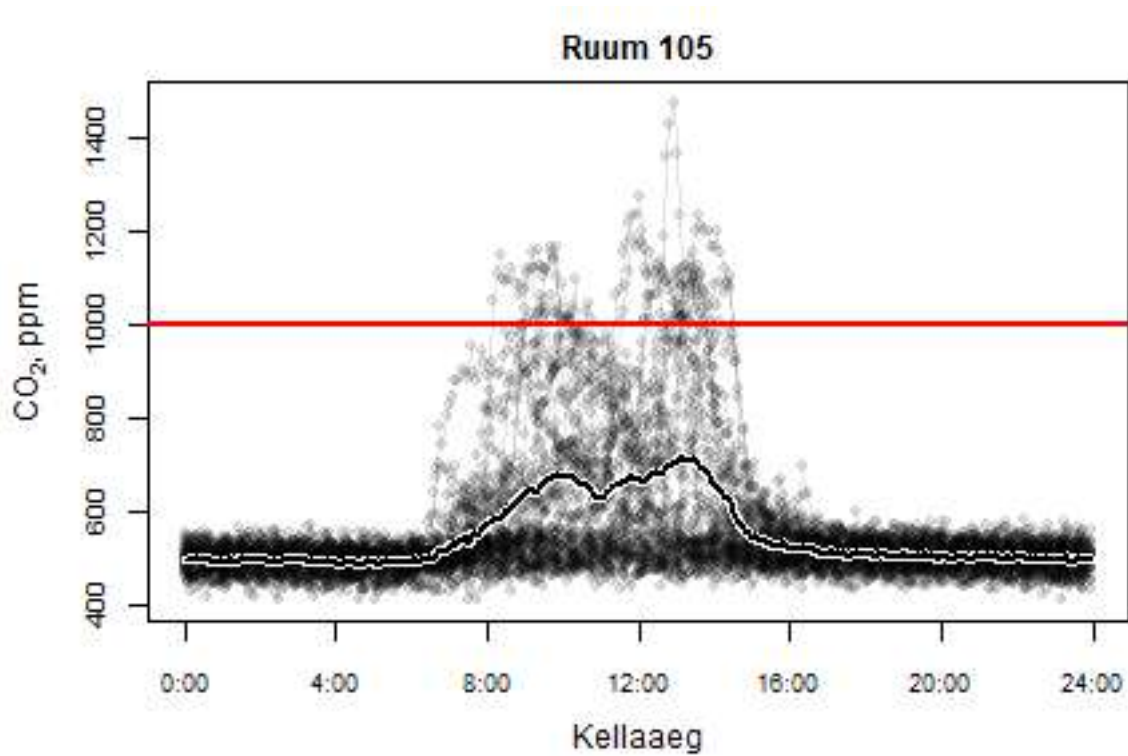
Graafik 102. CO₂ taseme muutus ruumis 305 ööpäeva lõikes



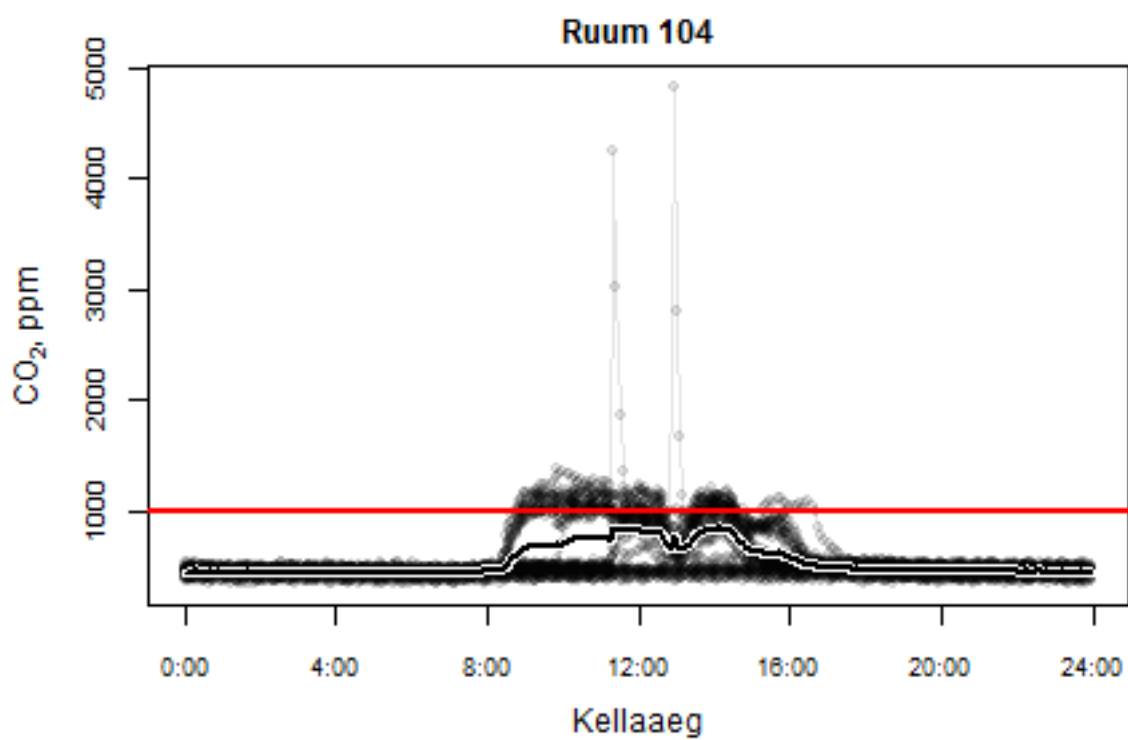
Graafik 103. CO₂ taseme muutus ruumis 304 ööpäeva lõikes



Graafik 104. CO₂ taseme muutus ruumis 205 ööpäeva lõikes

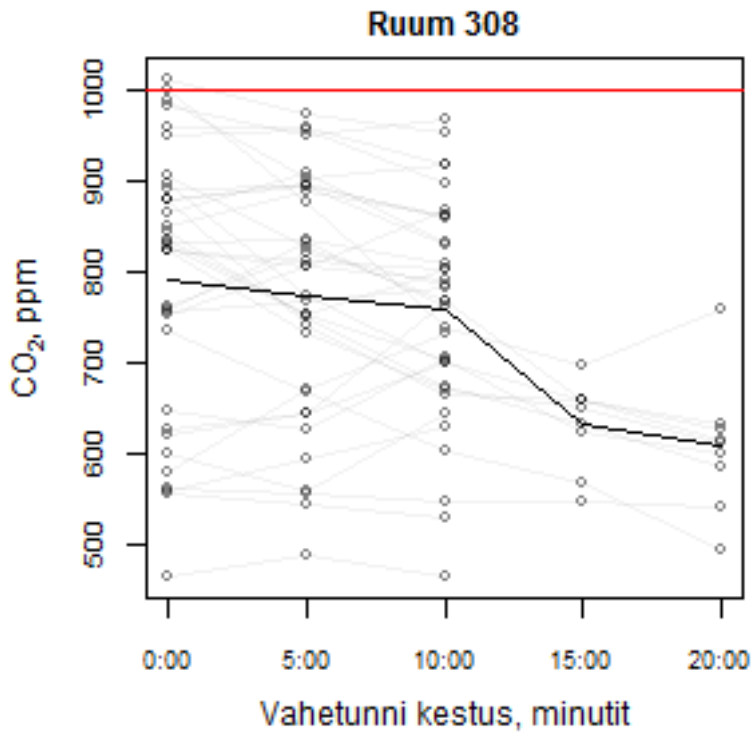


Graafik 105. CO₂ taseme muutus ruumis 105 ööpäeva lõikes

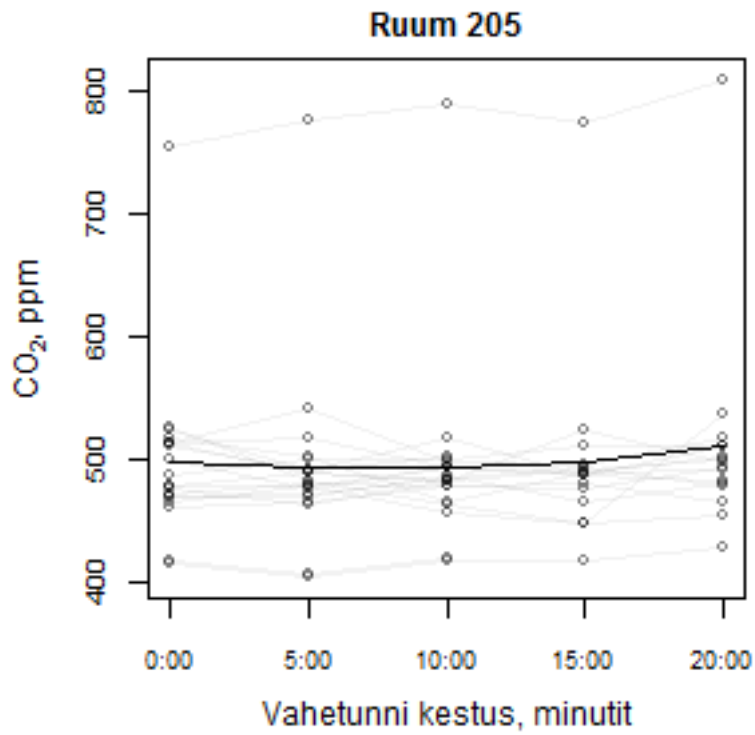


Graafik 106. CO₂ taseme muutus ruumis 308 ööpäeva lõikes

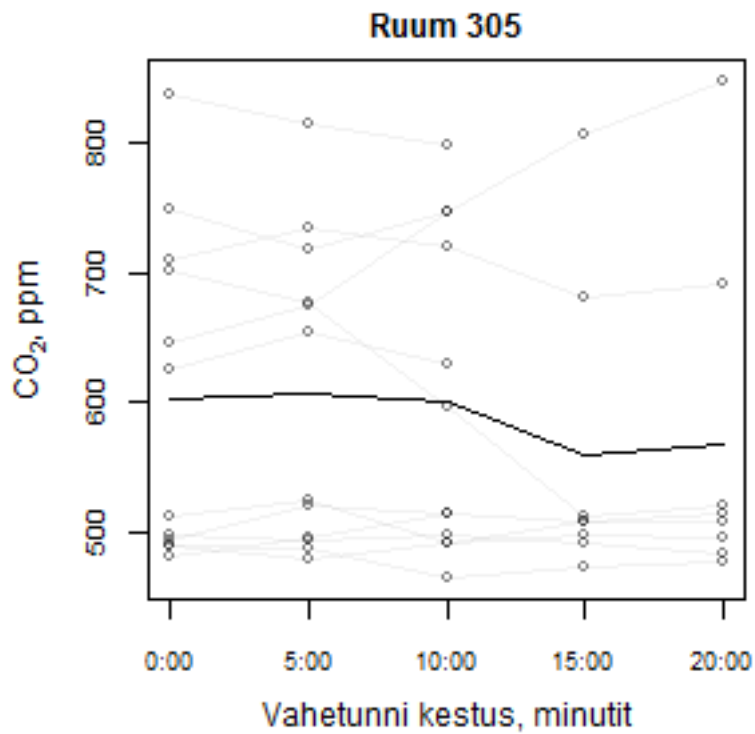
Vahetunnil langeb CO₂ tase klassiruumides aeglaselt (tabel 41). Kõige kiirem on langus ruumis 308, kus iga minut langeb CO₂ tase keskmiselt 6,89 ppm (graafik 107). Samas ruumis 205 praktiliselt CO₂ tase ei vähene (graafik 108), sest suure tõenäosusega on õpilased vahetunnil klassiruumis ning ruumis 305 CO₂ tase alguses langeb, kuid vahetunni lõpus hakkab taas tõusma. Viimatimainitud ruumis on olnud ka vahetunde, kus CO₂ tase langemise asemel tõuseb.



Graafik 107. Ruumi 308 CO₂ taseme muutus vahetunni lõikes



Graafik 108. Ruumi 205 CO₂ taseme muutus vahetunni lõikes



Graafik 109. Ruumi 305 CO₂ taseme muutus vahetunni lõikes

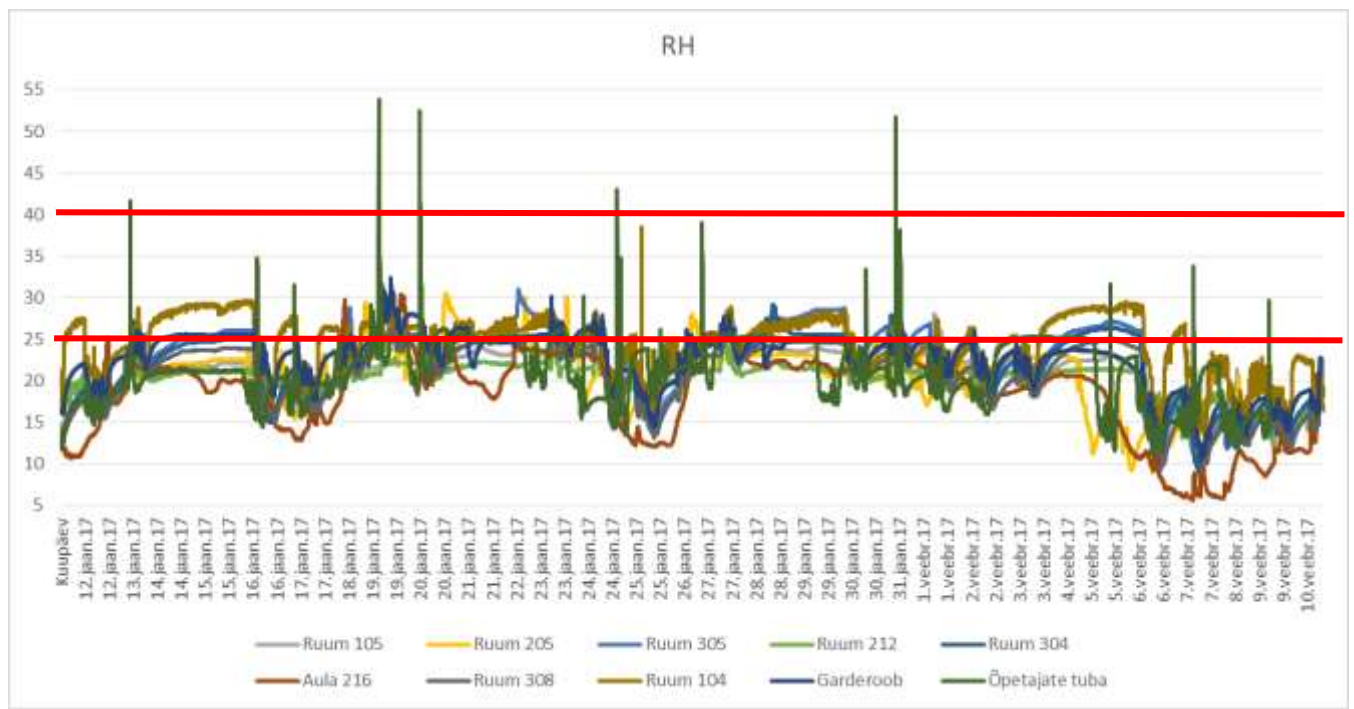
| Ruum | Keskmine | Standard- | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus |
|------|----------|-----------|---------|----------|----------|--------|
|------|----------|-----------|---------|----------|----------|--------|

| | | hälve | | | | minutis |
|----------|-------|-------|-------|-----|------|---------|
| Ruum 104 | 498,3 | 73,8 | 486 | 403 | 810 | -0,350 |
| Ruum 205 | 591,4 | 118,9 | 515 | 465 | 847 | -0,175 |
| Ruum 304 | 658,2 | 180,7 | 580 | 422 | 1125 | -2,150 |
| Ruum 305 | 751,5 | 136,3 | 761 | 463 | 1011 | -3,357 |
| Ruum 308 | 912,2 | 355,5 | 951,5 | 405 | 4831 | -6,890 |
| Kokku | 722,2 | 269,1 | 687 | 403 | 4831 | -3,497 |

Tabel 41. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste vahetundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul vahetunni esimese 10 minuti kestel

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Jõgevamaa Gümnaasiumis väheseid probleeme. Eriti kriitiline on tase õpetajate toas, mida kasutatakse ka õhtul ja kohati ka öötundidel. CO₂ taseme vähendamiseks õpetajate toas tuleb leida võimalus välisõhuga tuulutamiseks kas läbi akende või siis intensiivistada sundventilatsiooniga õhuvahetust nimetatud ruumis. Klassiruumides on probleem väiksem ning sageli pigem ajutine (ürituste ajal). Soovitav on välistada õpilaste viibimine klassiruumides vahetundidel ning võimalusel tuulutada vahetundide ajal klassiruumi välisõhuga läbi akende.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 110. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Ruum 105 | Ruum 205 | Ruum 305 | Ruum 212 | Ruum 304 | Aula 216 | Ruum 308 | Ruum 104 | Garderoob | Õpetajate | KOKKU |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|---------------|
| KOKKU | 8551 | 8016 | 8558 | 8533 | 8558 | 8538 | 8592 | 8592 | 8563 | 8222 | 84723 |
| alla 40 % | 8551 | 8016 | 8558 | 8533 | 8558 | 8538 | 8592 | 8592 | 8563 | 8209 | 84710 |
| alla 25 % | 8269 | 7270 | 5419 | 8508 | 6526 | 8080 | 7803 | 4267 | 6351 | 6460 | 68953 |
| alla 40 % | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 99,8% | 100,0% |
| alla 25 % | 96,7% | 90,7% | 63,3% | 99,7% | 76,3% | 94,6% | 90,8% | 49,7% | 74,2% | 78,6% | 81,4% |

Tabel 42. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 110 ja tabelist 42 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb allapoole lubatud piirmäärasid. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid jaanuaris-veebruaris ning keskmine välistemperatuur oli $-3,3^{\circ}\text{C}$, siis tuleks arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Nagu on toodud tabelis 43, jäävad keskmised ruumiõhu suhtelised niiskused kõikides mõõdistatud ruumides alla lubatud näitaja.

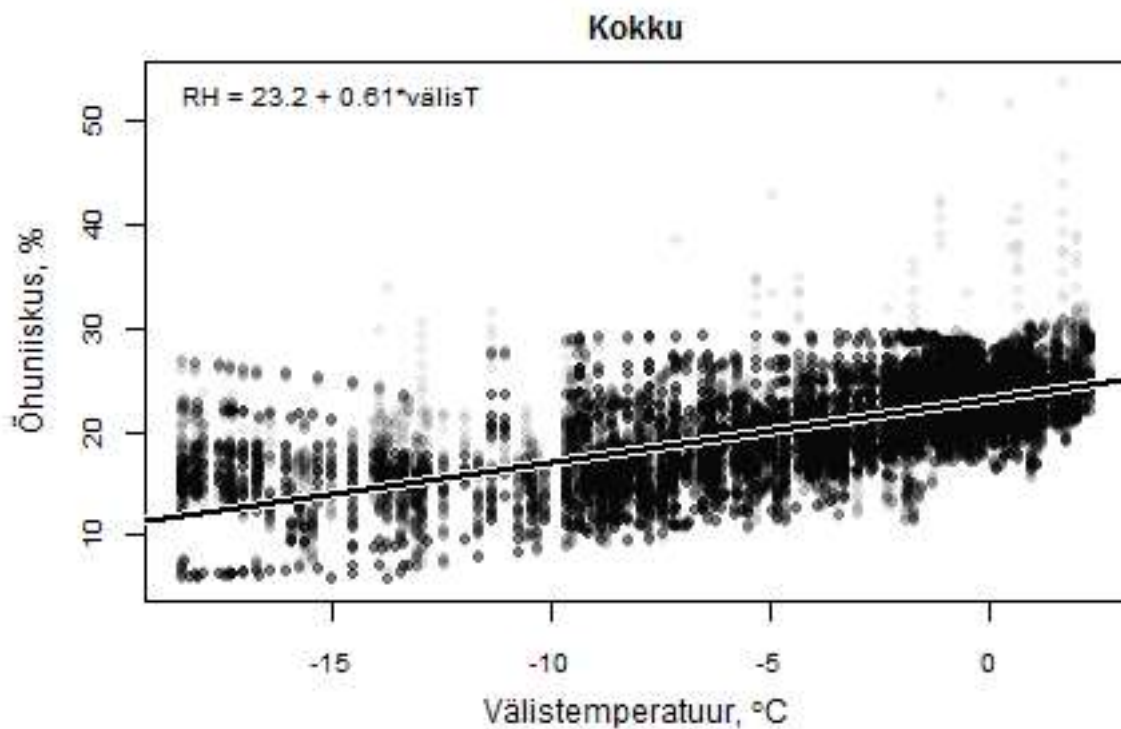
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|----------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| Aula 216 | 20,77 | 3,25 | 21,8 | 10,4 | 28,8 | 0,83 |
| Garderoob | 20,71 | 3,68 | 21,7 | 9,2 | 30,5 | 0,69 |
| Ruum 104 | 22,14 | 4,68 | 23,7 | 8,6 | 31,0 | 0,78 |
| Ruum 105 | 20,20 | 2,04 | 21 | 11 | 25,8 | 0,76 |
| Ruum 205 | 21,79 | 3,99 | 23,1 | 8,5 | 30,5 | 0,74 |
| Ruum 212 | 18,44 | 5,15 | 20 | 5,6 | 30,4 | 0,94 |
| Ruum 304 | 21,03 | 3,94 | 22,4 | 9,7 | 29,4 | 0,79 |
| Ruum 305 | 24,42 | 3,35 | 25 | 12,4 | 38,5 | 0,47 |
| Ruum 308 | 22,45 | 3,42 | 23,4 | 10,5 | 32,4 | 0,80 |
| Õpetajate tuba | 21,03 | 3,86 | 21,2 | 11,1 | 53,8 | 0,48 |
| Kokku | 21,31 | 4,10 | 21,9 | 5,6 | 53,8 | 0,67 |

Tabel 43. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (tabel 43) on vahemikus 0,47-0,94. Väiksemad korrelatsioonid on ruumides 305 ja õpetajate toas. Õpetajate toas on väga kõrge temperatuur ja seal viibib ööpäevaringselt palju inimesi, seetõttu on õhuniiskuse muutus väiksemas sõltuvuses välistemperatuurist. Lähtuvalt CO_2 mõõdistamise tulemustele on ka ruum 305 tavapärasest suuremas kasutuses. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $\text{siseRH}=23,2+0,61*\text{välisT}$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,61% siseõhu suhtelise niiskuse muutust. Graafikult 111 on näha, et väga külma (alla -10°C) juures sõltuvus siseõhu suhtelise niiskusesisalduse ja välisõhu temperatuuri vahel väheneb. See on seletatav asjaoluga, et õhu veeauru mahutavuse sõltuvus temperatuurist pole lineaarne (Lisa 4 graafik).

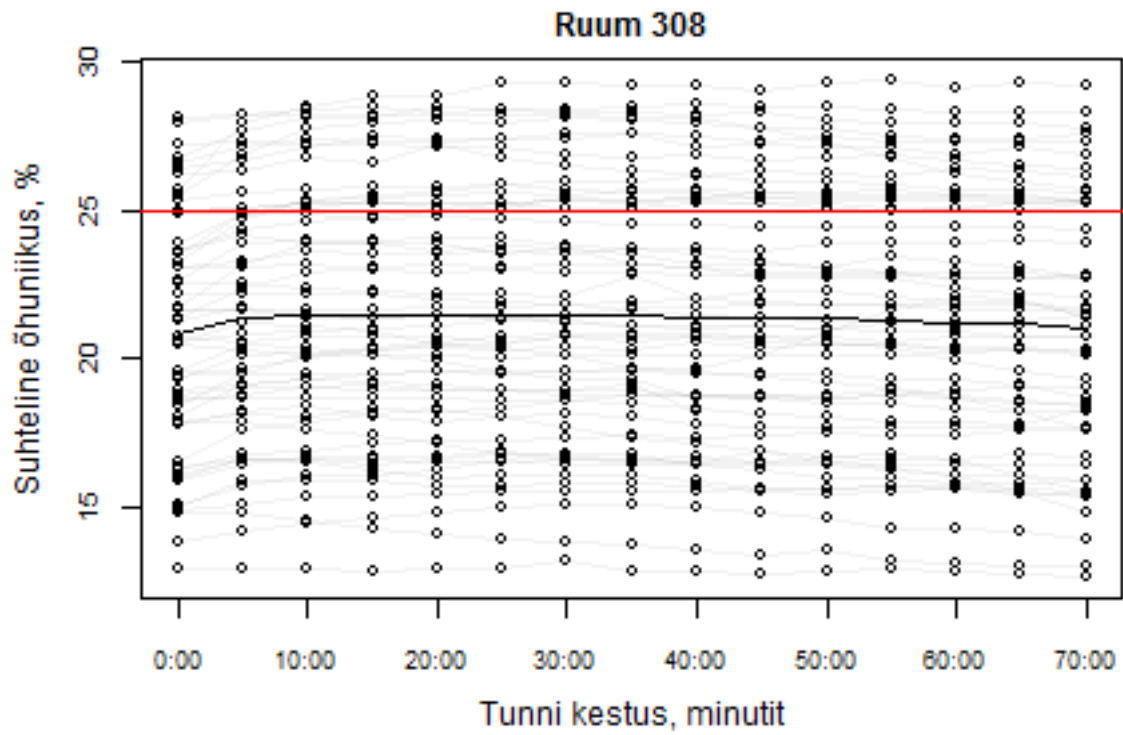
| Ruum | Keskmin e | Standar dhälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|------------------------------|--------------|-------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| 205 klassiruum | 40,88 | 5,18 | 41,1 | 28,0 | 53,9 | 0,73 |
| 208 arvutiklass | 42,09 | 5,87 | 42,9 | 24,8 | 55,1 | 0,87 |
| 309 võõrkeel muusikaklass | 43,41 | 5,98 | 42,7 | 31,5 | 88,7 | 0,87 |
| ruum 106 | 33,35 | 6,92 | 32,6 | 21,3 | 48,0 | 0,82 |
| ruum 114 I+II klass | 41,93 | 8,46 | 40,7 | 24,4 | 60,7 | 0,78 |
| söögisaal | 34,48 | 6,34 | 34,9 | 23,0 | 52,5 | 0,78 |
| teise korruse puhkeruum | 46,63 | 5,26 | 46,7 | 35,4 | 59,6 | 0,79 |
| õpilaskodu tuba 325 | 36,86 | 4,68 | 37,4 | 27,1 | 49,9 | 0,86 |
| Õpilaskodu saal | 39,33 | 6,48 | 40,2 | 25,1 | 57,7 | 0,86 |
| Kokku | 38,06 | 9,00 | 36,6 | 22,6 | 60,5 | 0,69 |
| | 39,74 | 7,64 | 39,7 | 21,3 | 88,7 | 0,67 |

Tabel 44. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

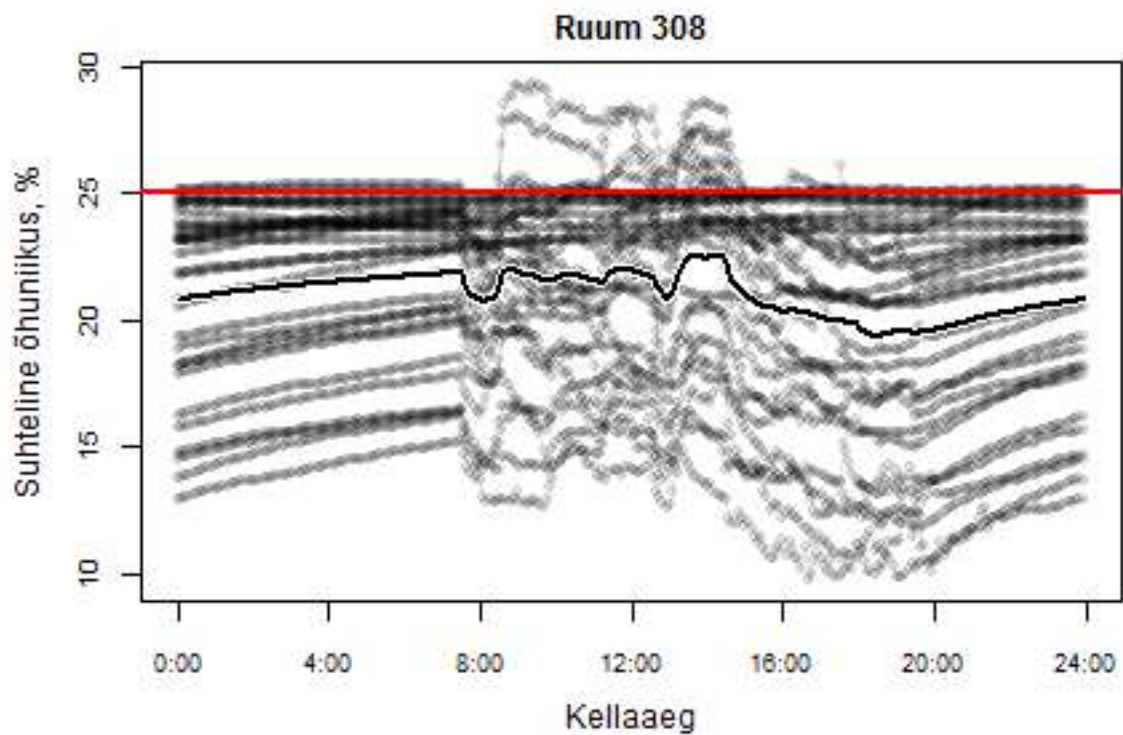


Graafik 111. Siseõhu suhtelise niiskuse sõltuvus välisõhu temperatuurist

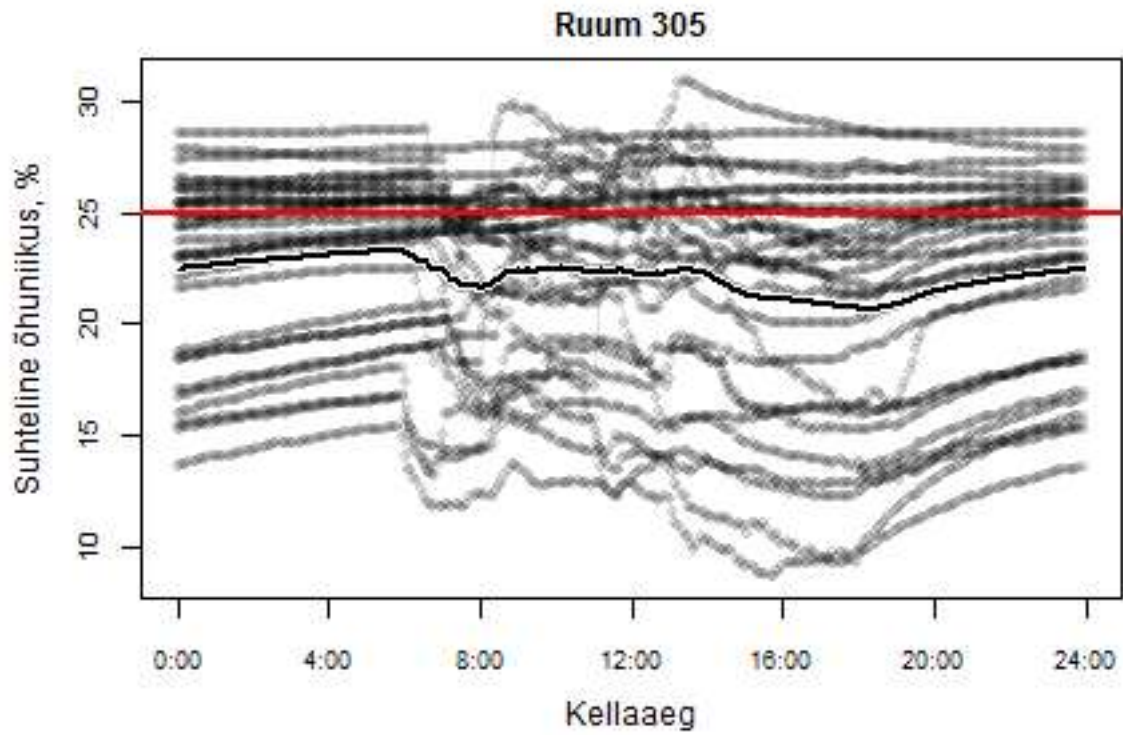
Graafikutelt 112-125 on näha, et suhteline õhuniiskus tõuseb õppetöö tundide ajal vähe. Pigem ööpäeva lõikes on näha, et suhteline õhuniiskus õppetöö perioodil langeb pisut ning pärast õppetööd tõuseb taas algtasemele.



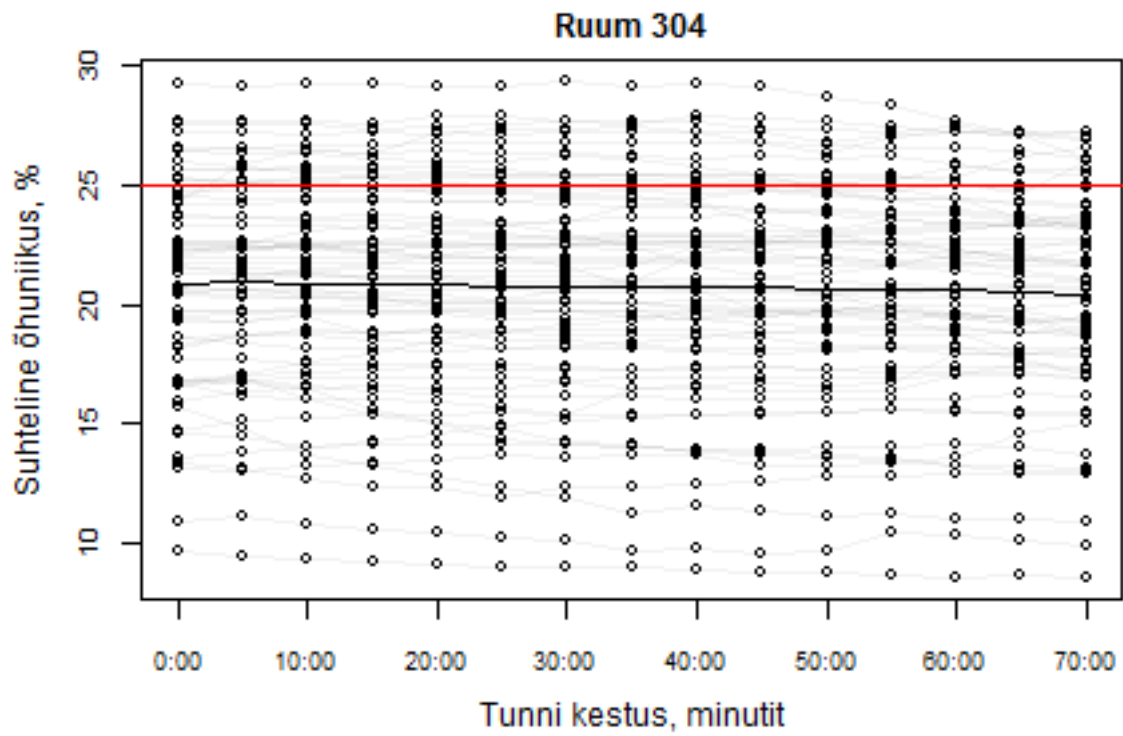
Graafik 112. Ruumi 308 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes



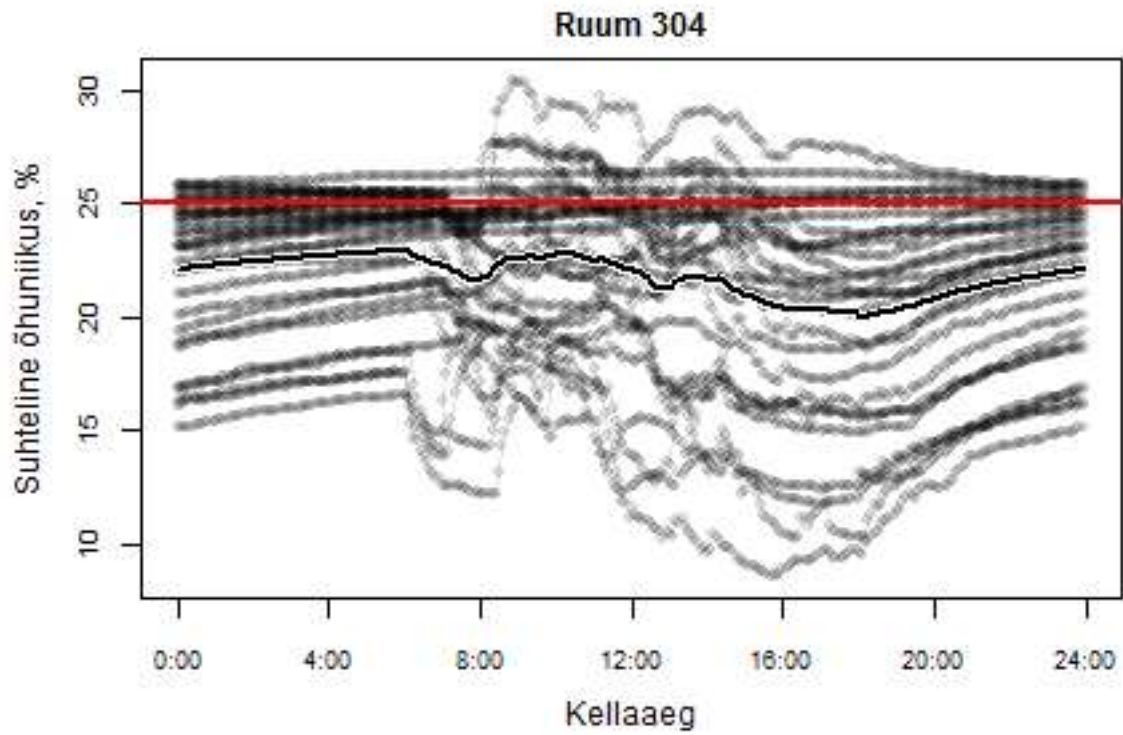
Graafik 113. Ruumi 308 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



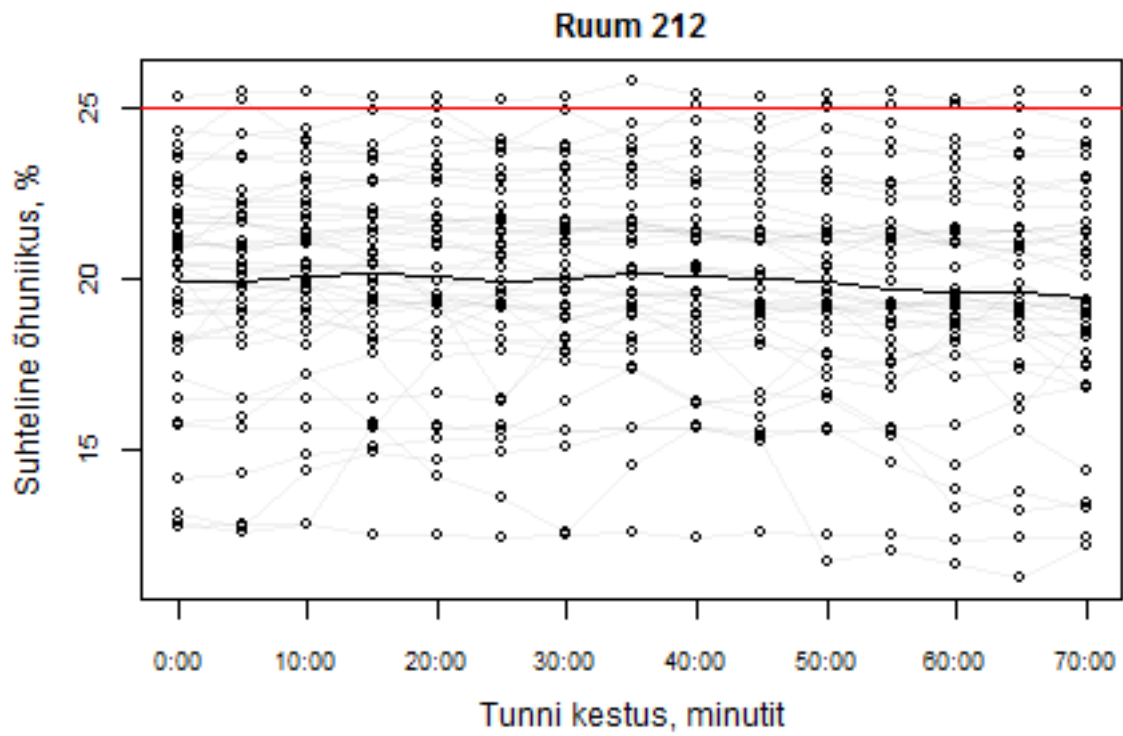
Graafik 114. Ruumi 305 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



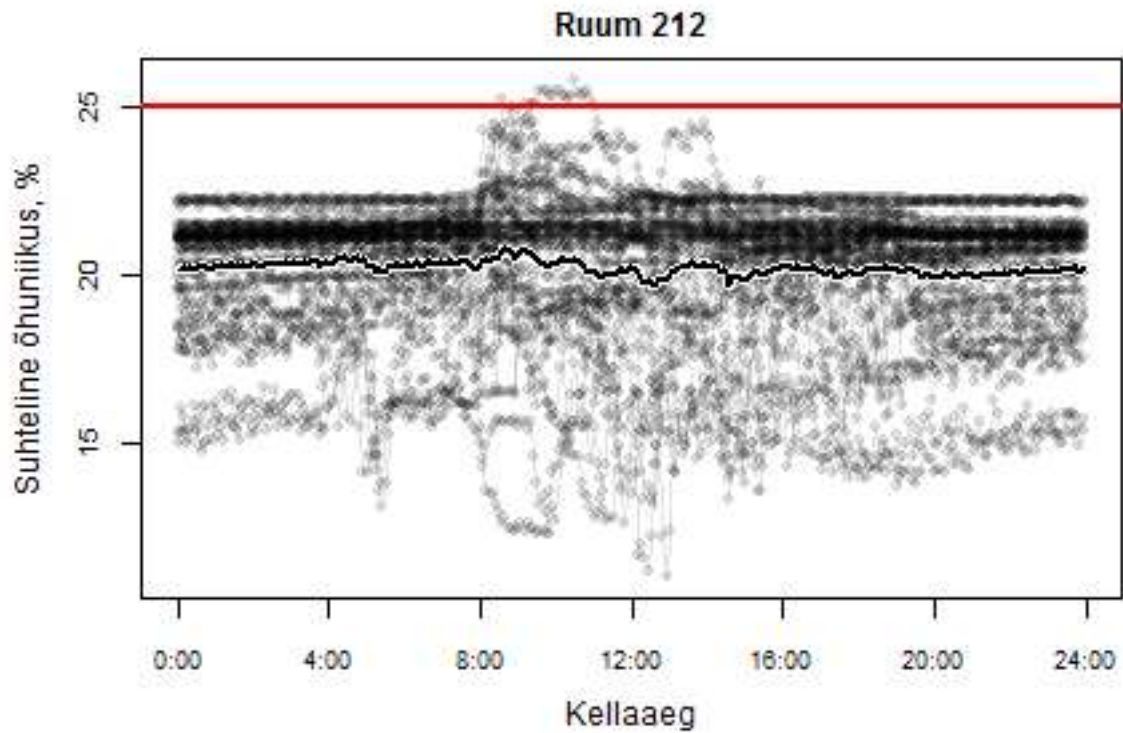
Graafik 115. Ruumi 304 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes



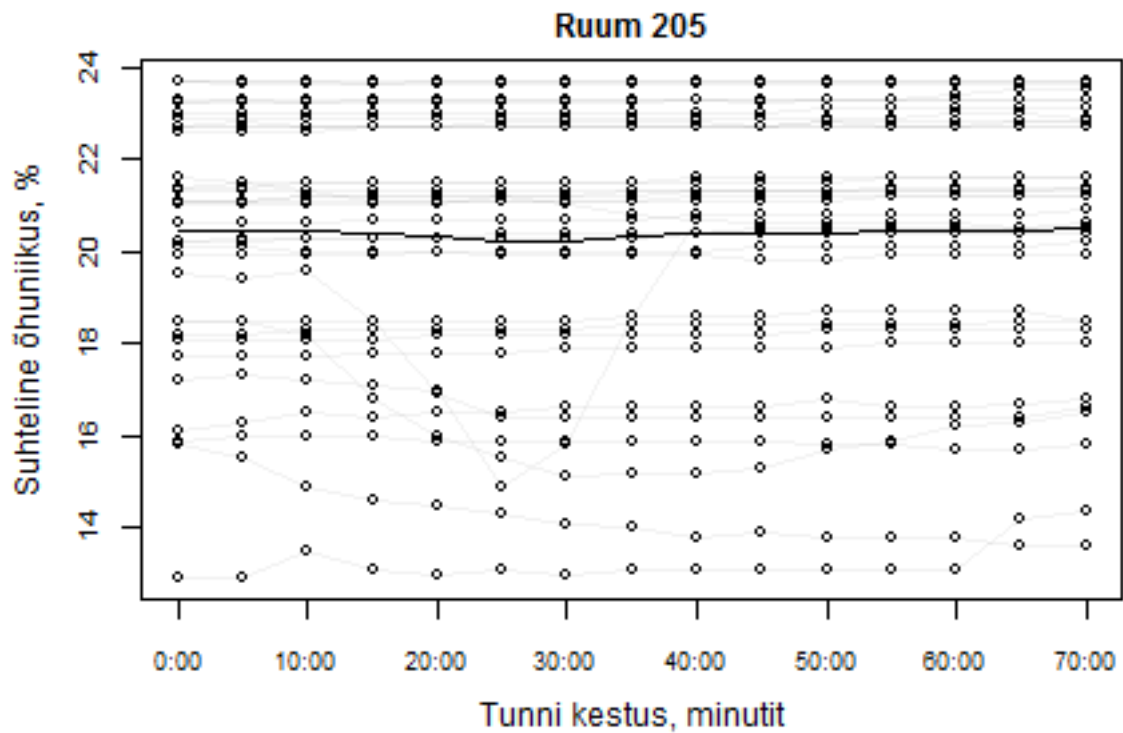
Graafik 116. Ruumi 304 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



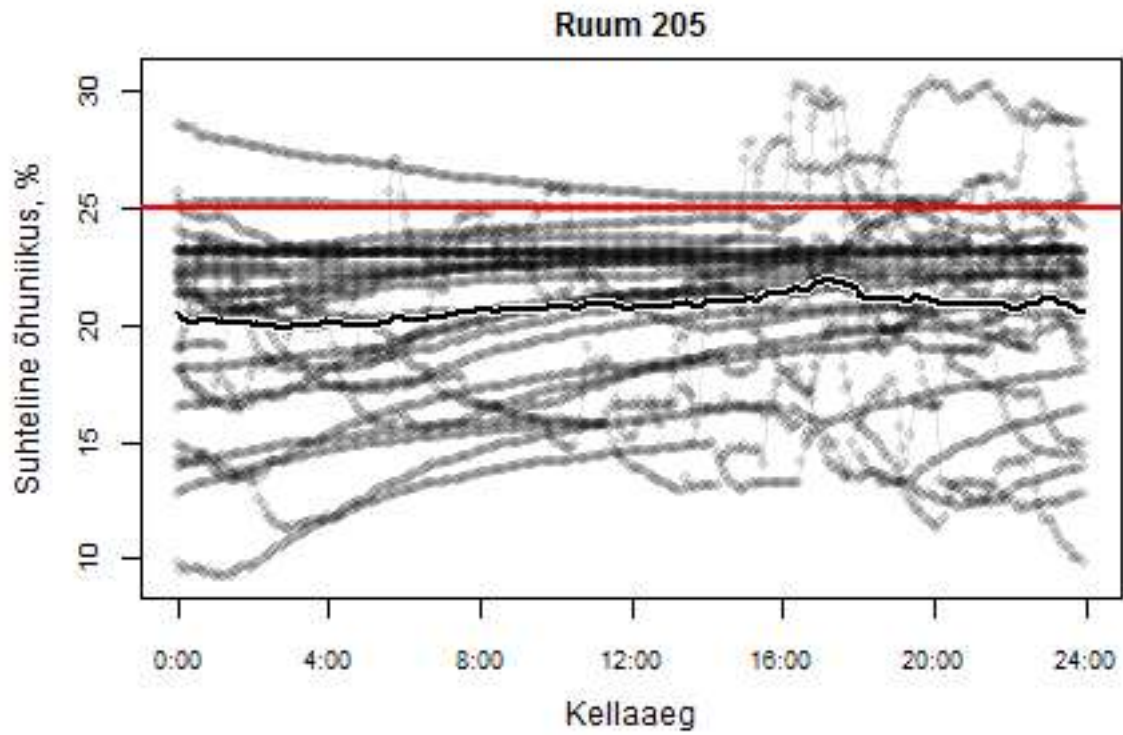
Graafik 117. Ruumi 212 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes



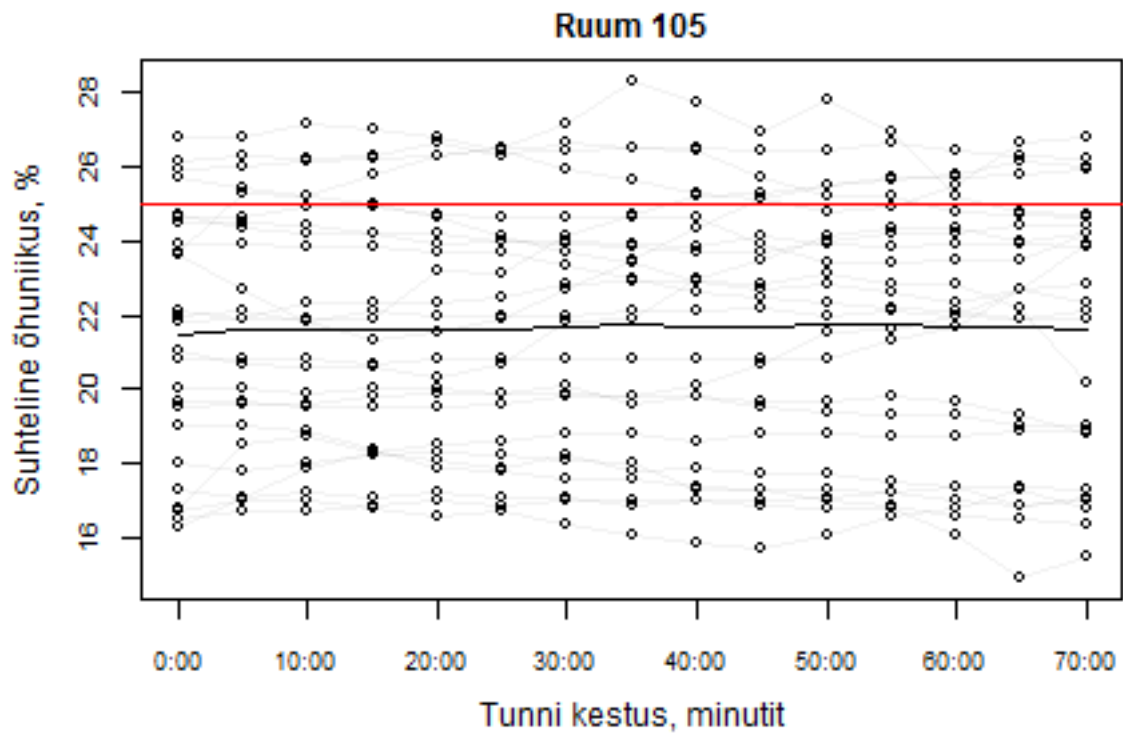
Graafik 118. Ruumi 212 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



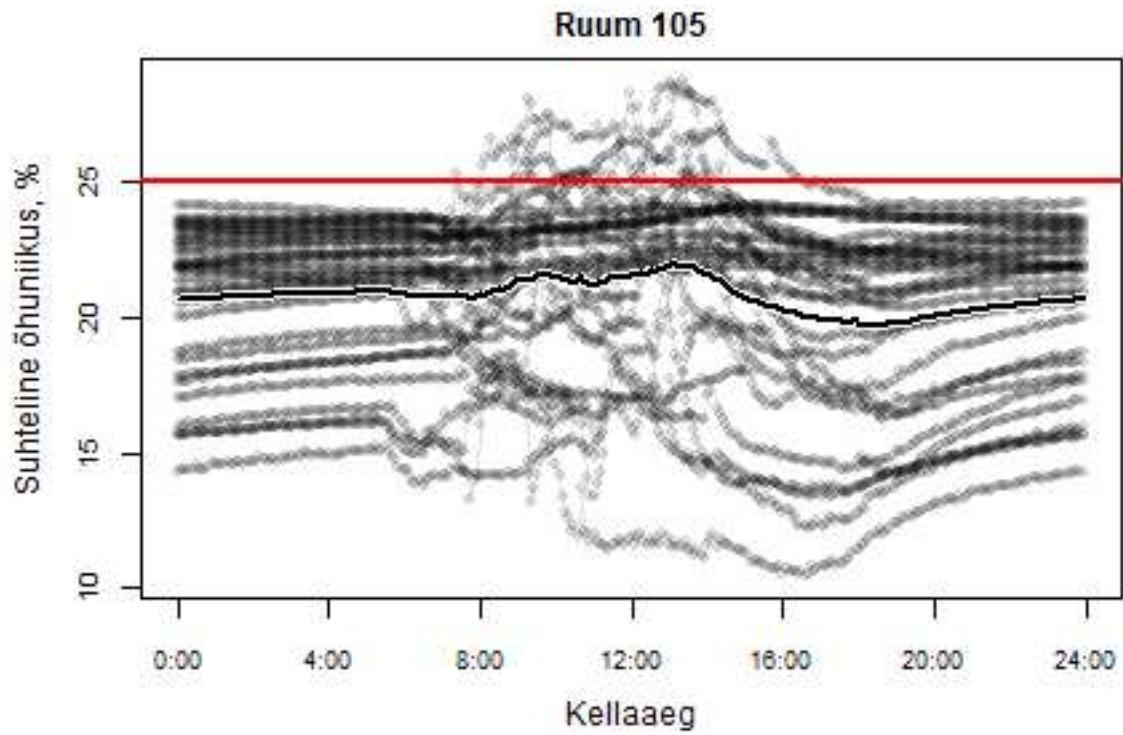
Graafik 119. Ruumi 205 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes



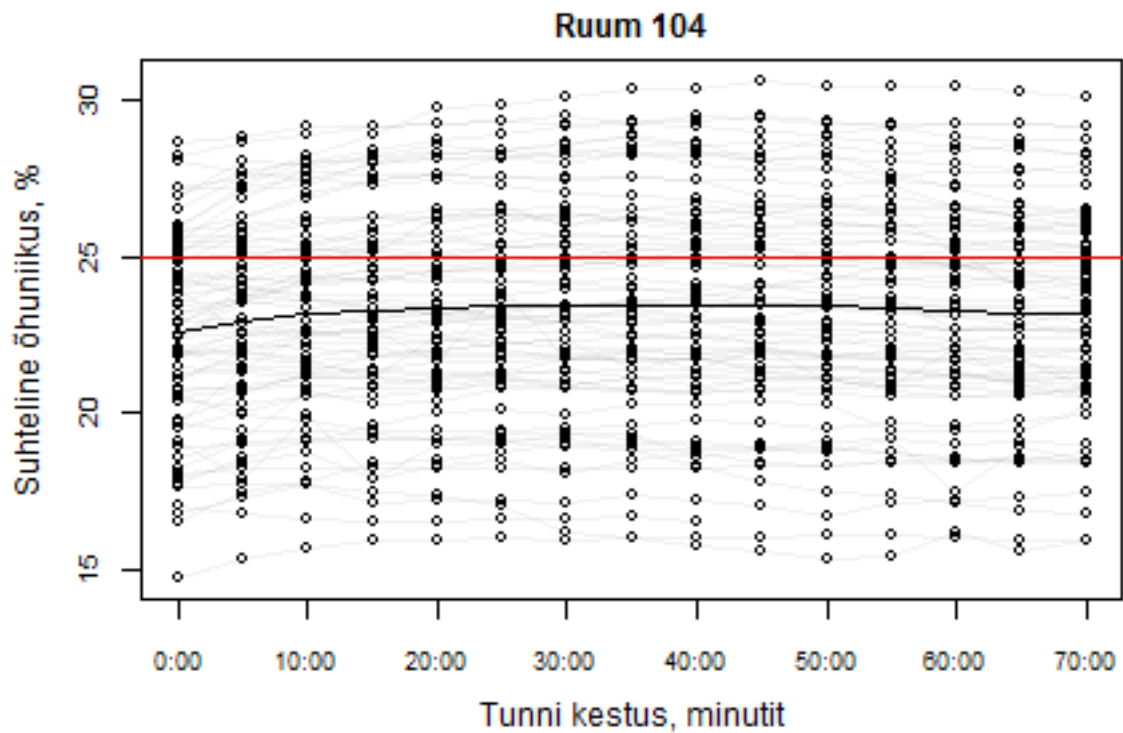
Graafik 120. Ruumi 205 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



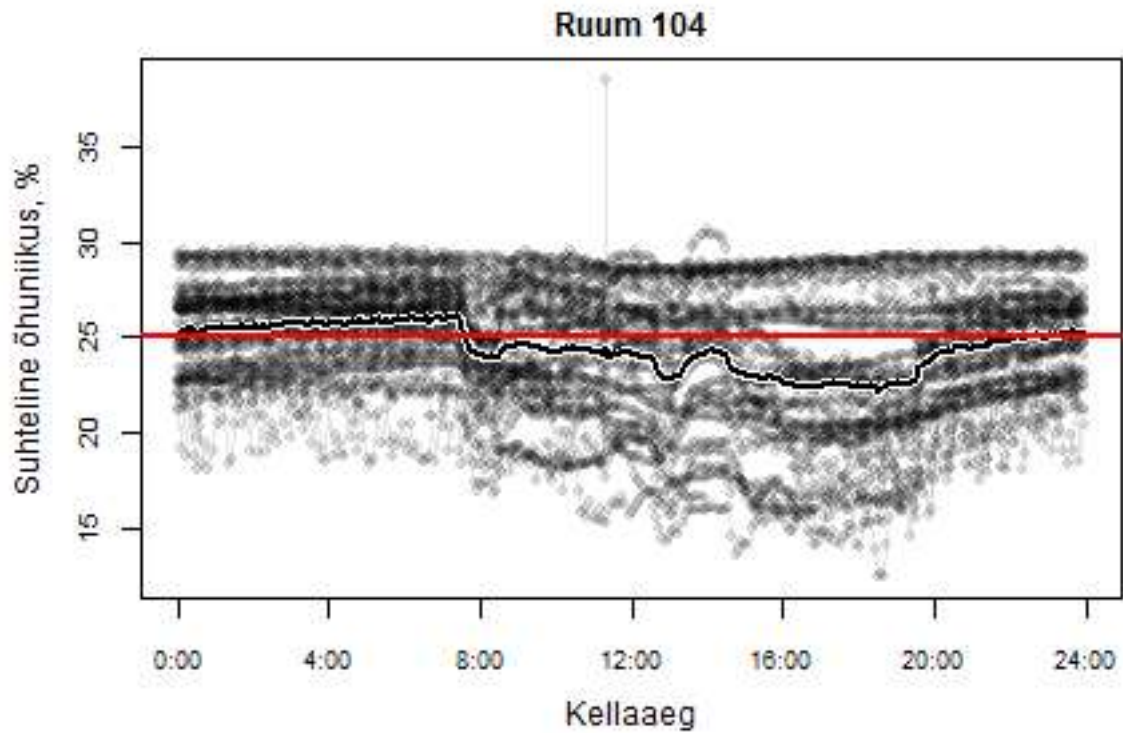
Graafik 121. Ruumi 105 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes



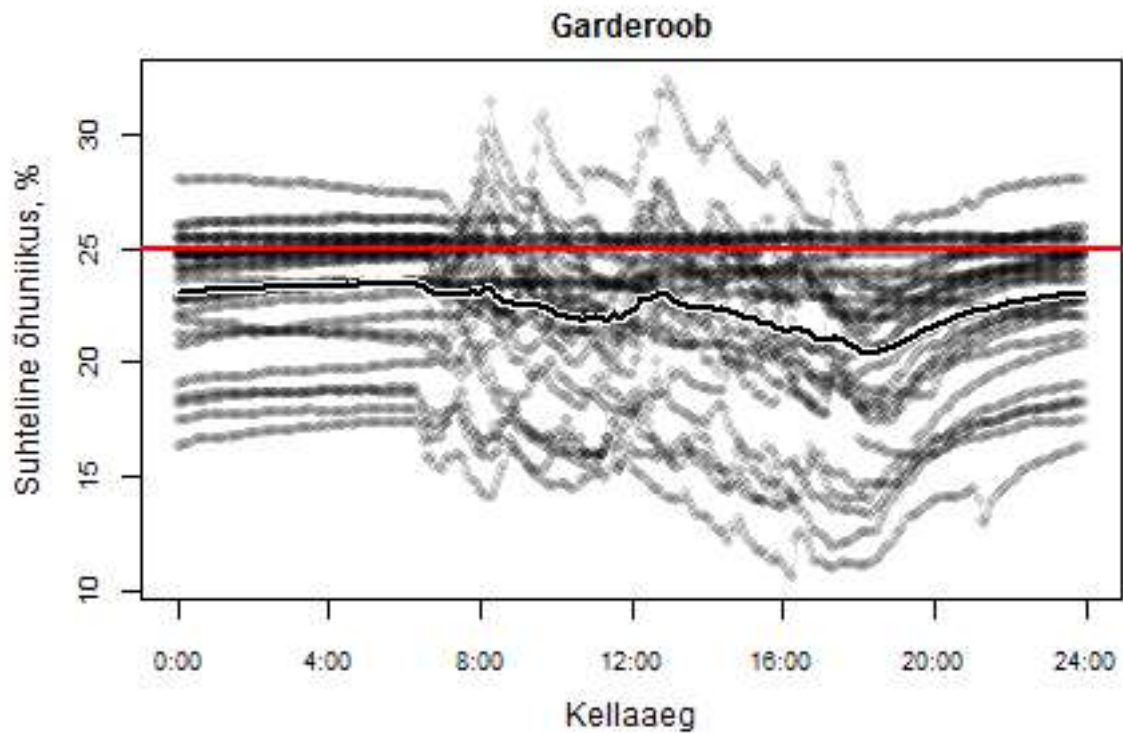
Graafik 122. Ruumi 105 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 123. Ruumi 104 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes



Graafik 124. Ruumi 104 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 125. Garderoobi suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö

tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Jõgevamaa Gümnaasiumis keskmiselt tasemele 11,0%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Tallinna Muusikakeskkool

Mõõdistuste aeg: 05.jaanuar 2017 – 04.veebruar 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- ▶ Ruum 70
- ▶ Ruum 15
- ▶ Ruum 19
- ▶ Ruum 212 (B hoone)
- ▶ Ruum 111(B hoone)
- ▶ Puhvet
- ▶ Ruum 105 (B hoone)
- ▶ Ruum 77
- ▶ Ruum 84
- ▶ Ruum 74

Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

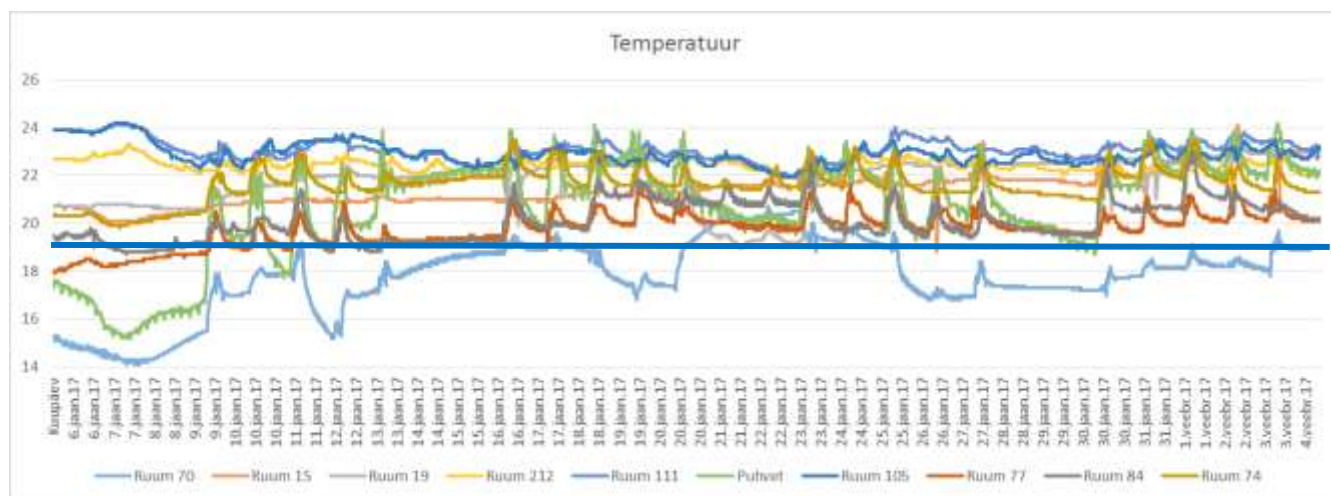
Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamus ajast miinuskraadides. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli $-15,4^{\circ}\text{C}$ kuni $+4,9^{\circ}\text{C}$ keskmine temperatuur $-1,46^{\circ}\text{C}$
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 2,0-2,7 m põrandapinnast.
- Mõõdistati kahes eraldi asuvas hoones

Tabel 45. Tunniplaan (lisatud elektrooniliselt Lisas 2)

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



Graafik 126. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Ruum 70 | Ruum 15 | Ruum 19 | Ruum 212 | Ruum 111 | Puhvet | Ruum 105 | Ruum 77 | Ruum 84 | Ruum 74 | KOKKU |
|-------------------|---------|---------|---------|----------|----------|--------|----------|---------|---------|---------|--------------|
| KOKKU | 9169 | 9179 | 9168 | 9169 | 9168 | 9169 | 9180 | 9168 | 9169 | 9168 | 91707 |
| Üle 26 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| alla 19 °C | 6461 | 36 | 24 | 31 | 21 | 1270 | 37 | 1110 | 542 | 21 | 9553 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| alla 19 °C | 70,5% | 0,4% | 0,3% | 0,3% | 0,2% | 13,9% | 0,4% | 12,1% | 5,9% | 0,2% | 10,4% |

Tabel 46. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 126 ja tabelist 46 lähtub, pole suurimat lubatud temperatuuri 26°C ületatud. Alla minimaalse lubatud temperatuuri 19°C aga on olnud temperatuur kõigis kontrollitud ruumides, nendest kuues lühiajaliselt ja neljas ruumis oluliselt. Need neli ruumi on 70, 77, 84 ja puhvet, kus vastavalt on 70,5%, 12,1%, 5,9% ja 13,9% kogu mõõdistatud ajast temperatuur allapoole lubatud. Tähelepanu väärib asjaolu, et kõik ruumid on põhihoones. Tabelist 47 on näha, et ruumis 70 on keskmine õhutemperatuur alla lubatud taseme ka tundide ajal. Minimaalne temperatuur õppetunni ajal on koguni 14,7°C.

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|--------------|--------------|----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| Ruum 70 | 18,18 | 1,27 | 18,4 | 14,7 | 20 | 0,008 |
| Ruum 15 | 21,76 | 0,93 | 21,4 | 20,6 | 23,8 | 0,009 |
| Ruum 19 | 22,08 | 0,68 | 22,3 | 19,3 | 23,3 | 0,001 |
| Ruum 212 | 22,50 | 0,25 | 22,5 | 21,3 | 23,1 | 0,000 |
| Ruum 111 | 23,06 | 0,42 | 23,2 | 20,7 | 23,8 | 0,003 |
| Ruum 105 | 22,97 | 0,36 | 22,9 | 22,4 | 23,8 | -0,001 |
| Ruum 77 | 20,41 | 0,70 | 20,5 | 18,4 | 21,6 | 0,009 |
| Ruum 84 | 20,92 | 0,81 | 21 | 19,1 | 22,9 | 0,007 |
| Ruum 74 | 22,41 | 0,63 | 22,5 | 20,4 | 23,5 | 0,006 |
| Kokku | 21,71 | 1,42 | 22,3 | 14,7 | 23,8 | 0,003 |

Tabel 47. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

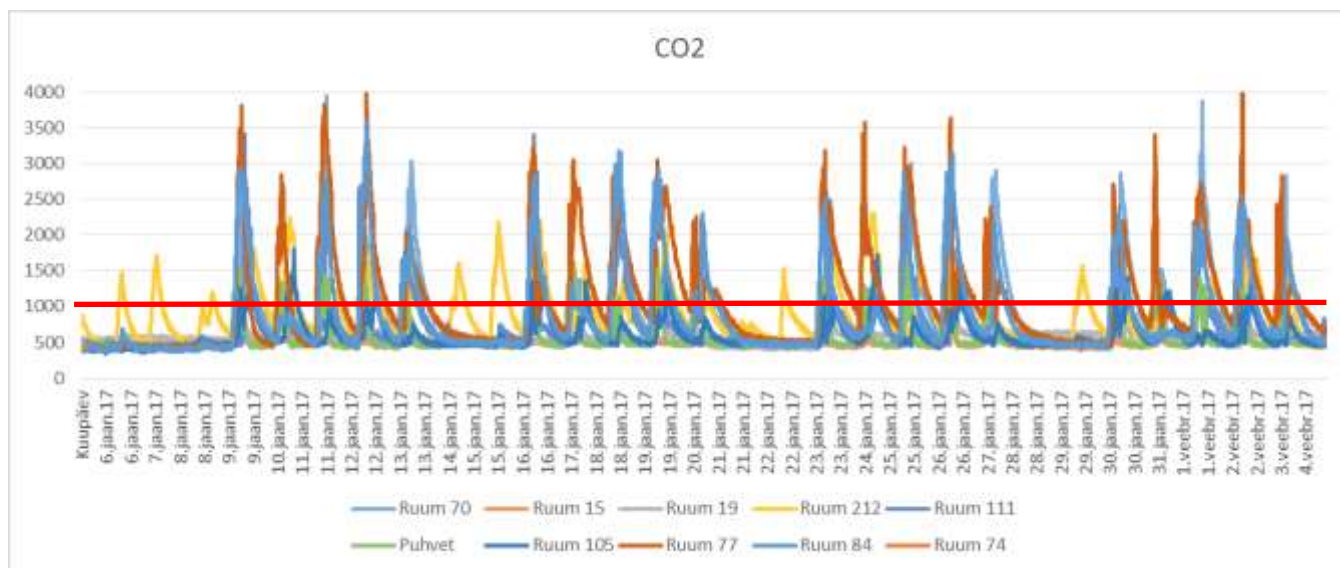
Sise- ja välistemperatuuri vahel on mõnedel ruumidel oluline seos (tabel 48). Nendeks ruumideks on 70, 77 ja puhvet. Nagu tabelist 46 on näha, kõikides nendes ruumides on külm sisekliima. Seega on nendel ruumide oluline soojakadu läbi välispiirde. Huvitavad korrelatsioonid sise- ja välistemperatuuri vahel on ruumidel 105, 111 ja 212. Vastavad korrelatsioonid -0,72, -0,56 ja -0,42. Kõik need ruumid on B hoones. Sellest jäeldub, et nimetatud hoone kütterežiim on reguleeritud nii, et välisõhu temperatuuri jahenedes tõuseb küttemperatuur oluliselt.

| Ruum | Keskmine | Standardhälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Korrelatsioon välistemp.-ga |
|----------|----------|---------------|---------|----------|----------|-----------------------------|
| Ruum 70 | 17,81 | 1,526 | 17,9 | 14,1 | 20,7 | 0,47 |
| Ruum 15 | 21,44 | 0,722 | 21,4 | 18,8 | 24,1 | 0,37 |
| Ruum 19 | 21,83 | 0,997 | 22,2 | 19 | 23,3 | 0,12 |
| Ruum 212 | 22,43 | 0,251 | 22,4 | 21,3 | 23,3 | -0,42 |
| Ruum 111 | 23,07 | 0,421 | 23,1 | 20,5 | 24,2 | -0,56 |
| Puhvet | 20,73 | 2,047 | 21,4 | 15,2 | 24,2 | 0,50 |
| Ruum 105 | 22,88 | 0,453 | 22,8 | 21,9 | 24,2 | -0,72 |
| Ruum 77 | 19,78 | 0,704 | 19,9 | 17,9 | 21,6 | 0,50 |
| Ruum 84 | 20,09 | 0,821 | 19,9 | 18,7 | 22,9 | 0,37 |
| Ruum 74 | 21,62 | 0,704 | 21,6 | 19,8 | 23,5 | 0,41 |
| Kokku | 21,17 | 1,831 | 21,6 | 14,1 | 24,2 | 0,13 |

Tabel 48. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Kokkuvõtteks võib väita, et Tallinna Muusikakeskkooli peahoone ülemised korrused on halvasti soojustatud ning seal on olulised soojakaod läbi välisseinte. Selle tulemusena on ruumide temperatuur kohati alla lubatud taset. B hoones aga on küttesüsteem üle reguleeritud, mille tulemusena tõuseb sisetemperatuur välistemperatuuri langedes oluliselt.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 127. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

| | Ruum 70 | Ruum 15 | Ruum 19 | Ruum 212 | Ruum 111 | Puhvet | Ruum 105 | Ruum 77 | Ruum 84 | Ruum 74 | KOKKU |
|---------------------|---------|---------|---------|----------|----------|--------|----------|---------|---------|---------|--------------|
| KOKKU | 9169 | 9179 | 9168 | 9169 | 9168 | 9169 | 9180 | 9168 | 9169 | 9168 | 91707 |
| Üle 1000 ppm | 2548 | 101 | 37 | 2523 | 958 | 786 | 669 | 3580 | 2311 | 2685 | 13650 |
| Üle 1000 ppm | 27,8% | 1,1% | 0,4% | 27,5% | 10,4% | 8,6% | 7,3% | 39,0% | 25,2% | 29,3% | 14,9% |

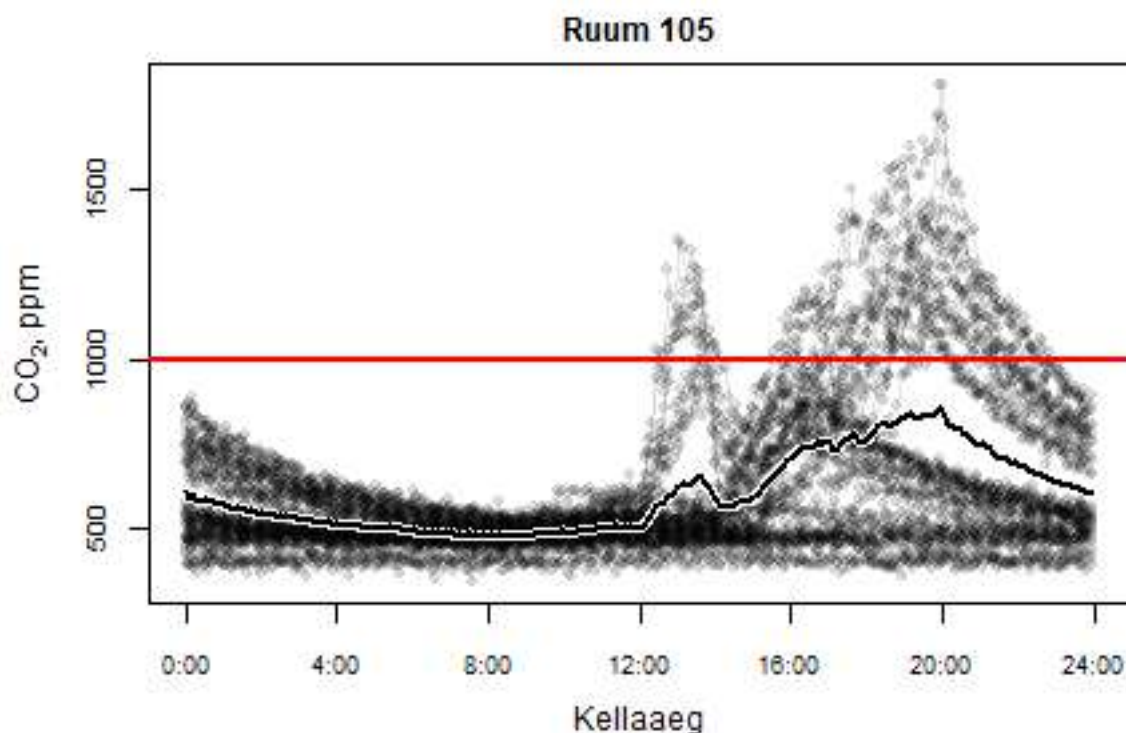
Tabel 49. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 127 ja tabelist 49 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Neist ruumides 15 ja 19 lühiajaline ja mitteoluline, seda põhiliselt asjaolul, et ruume kasutatakse ebaregulaarselt ja harva. Oluline on CO₂ lubatud taseme ületamine ruumides 105, 111 ja puhvetis ning kõige suuremad on ületamised ruumides 70, 212, 77, 84 ja 74 kus vastavalt 27,8%, 27,5%, 39,0%, 25,2% ja 29,3% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO₂ sisaldus lubatust kõrgem. Tabelist 50 näeme, et tundide ajal tõuseb keskmine CO₂ tase peaaegu kõikides klassides üle lubatud piiri. Lisaks eelpoolnimetatud ruumidele 15 ja 19 on keskmine tase madalam lubatust tundide ajal ka ruumis 105. Graafikult 105 näeme, et nimetatud ruumi kasutatakse vaid õhtupoole ning ebakorrapäraselt (mitte tunniplaani kohaselt).

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|----------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| Ruum 70 | 1621,60 | 736,15 | 1569 | 425 | 3951 | 14,812 |
| Ruum 15 | 838,48 | 430,09 | 544,5 | 452 | 1708 | 7,347 |
| Ruum 19 | 653,45 | 104,97 | 621 | 418 | 1049 | 0,106 |
| Ruum 212 | 1024,45 | 417,47 | 948 | 432 | 2307 | 1,535 |
| Ruum 111 | 1649,56 | 627,96 | 1617 | 450 | 3414 | 11,244 |
| Ruum 105 | 711,86 | 268,37 | 551,5 | 381 | 1351 | 0,675 |
| Ruum 77 | 1952,14 | 778,40 | 2002,5 | 398 | 3943 | 14,863 |
| Ruum 84 | 1835,63 | 697,40 | 1898,5 | 409 | 3602 | 12,349 |

| | | | | | | |
|---------|---------|--------|------|-----|------|-------|
| Ruum 74 | 1507,28 | 518,69 | 1521 | 406 | 2939 | 8,610 |
| Kokku | 1203,72 | 685,09 | 957 | 381 | 3951 | 3,477 |

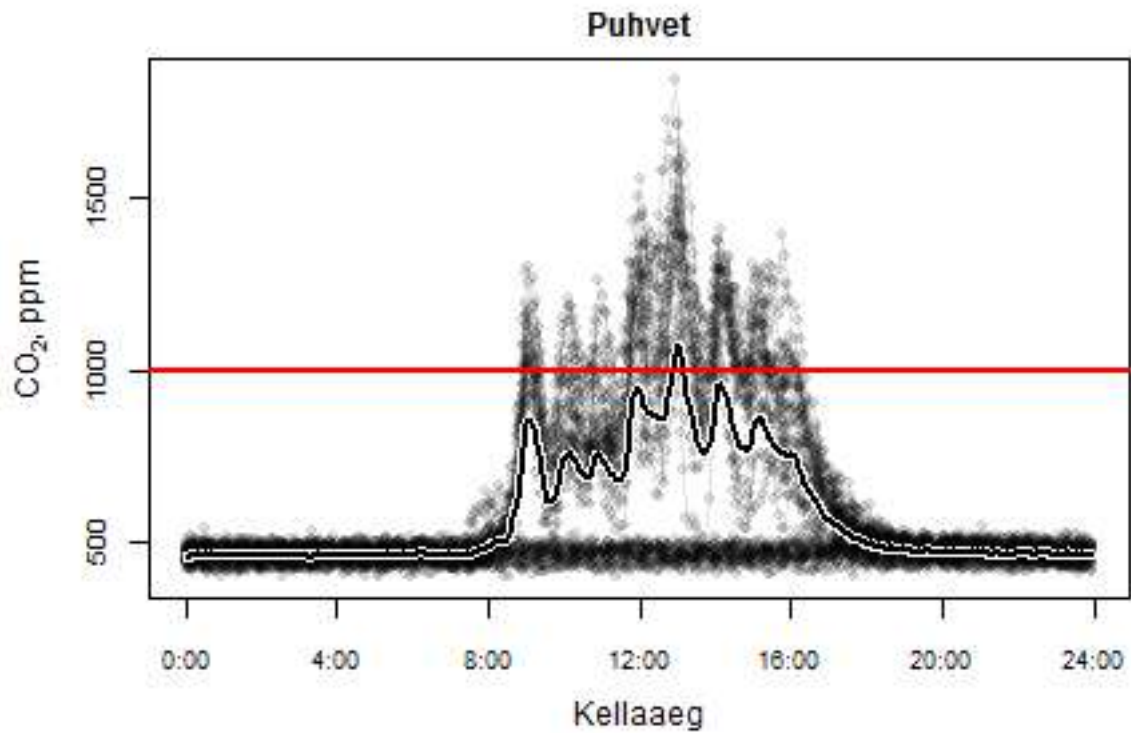
Tabel 50. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



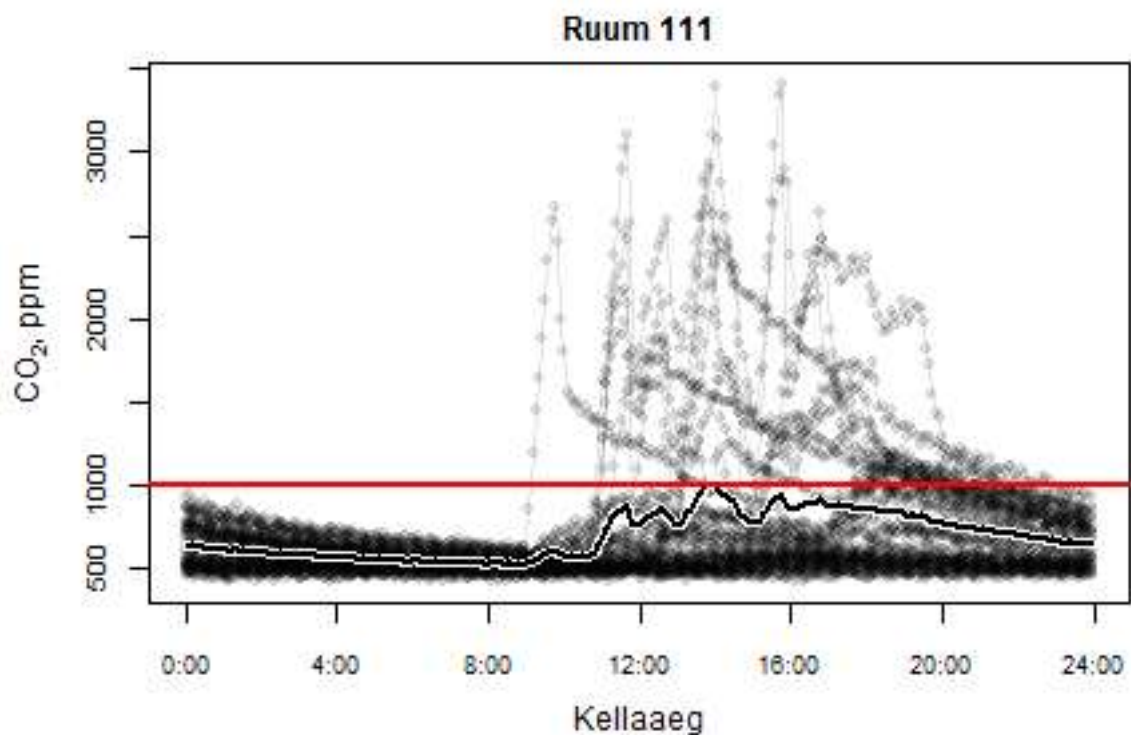
Graafik 128. CO₂ taseme muutus ruumis 105 ööpäeva lõikes

Analüüsimise CO₂ tasemeid kõige oluliselt kõrgemate näitudega ruumides.

Puhvetis on kriitiliseks ajavahemikuks, kus näidud ületavad lubatu piiri 9.00-17.00 (graafik 129). Ruumis 111 on tasemed kõrgemad alates kella 12-st ning tihedam kasutus on ruumil õhtutundidel (graafik 130). Selleks ajaks peaks neis ruumides lisama ventilatsiooniseadmele õhuvahetuse intensiivsust.



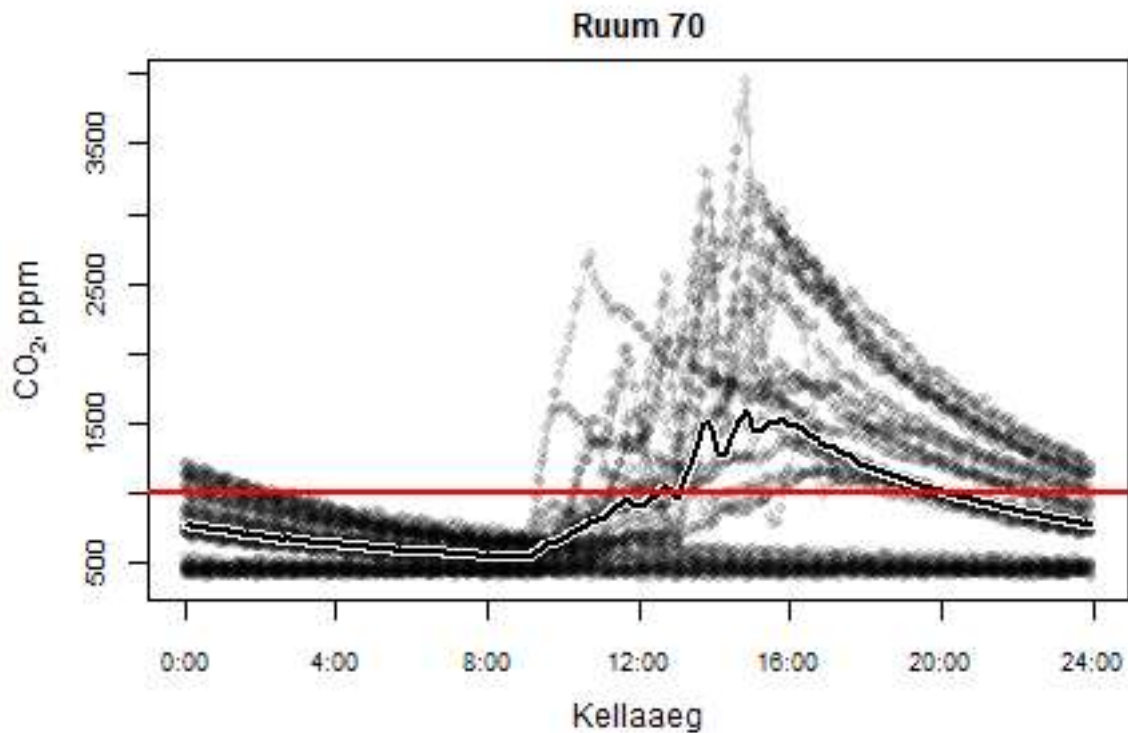
Graafik 129. CO₂ taseme muutus puhvetis ööpäeva lõikes



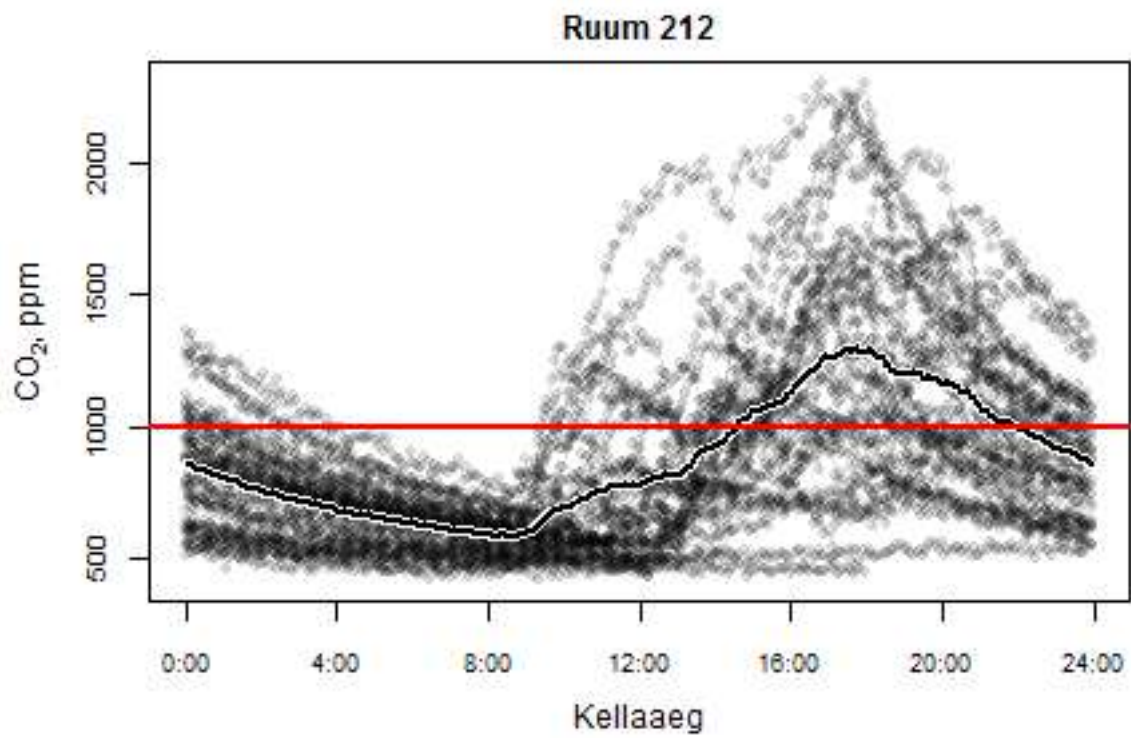
Graafik 130. CO₂ taseme muutus ruumis 111 ööpäeva lõikes

Ruumides 70, 212, 77, 84 ja 74 on ühiseks trendiks CO₂ tasemete juures see, et kella 10-12 vahel saavutatakse lubatust kõrgem CO₂ tase ning see kumuleerub (graafikud 131-135).

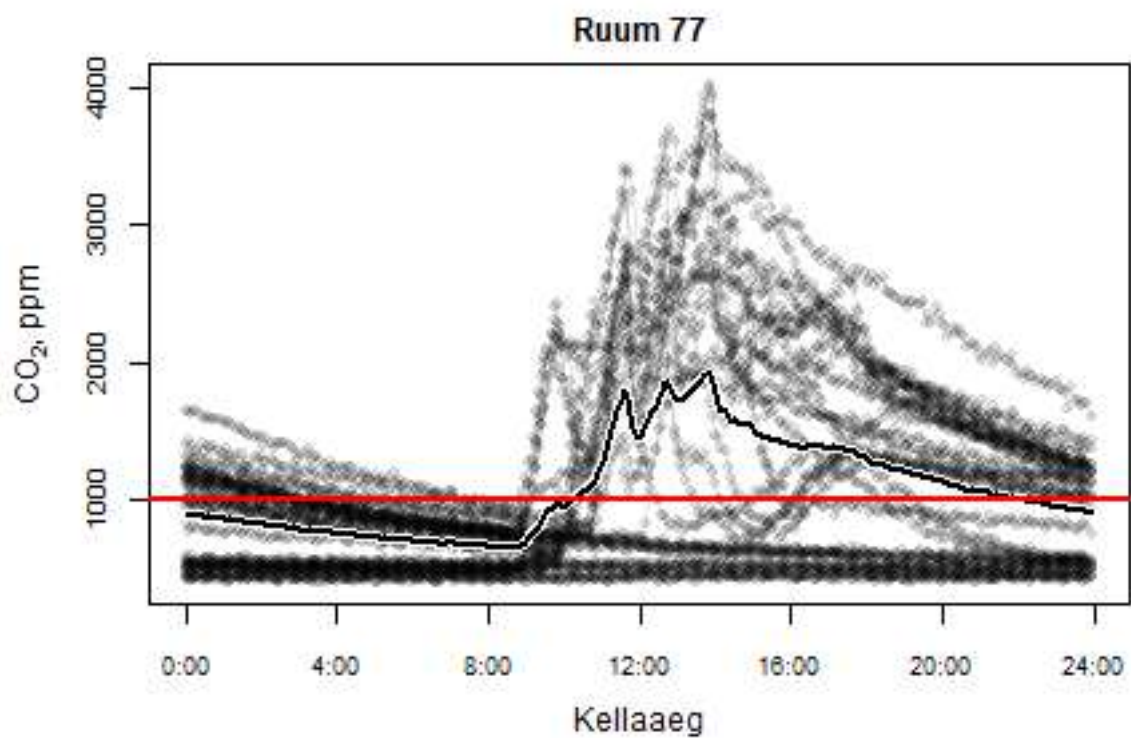
Vahetundide ajal väheneb CO₂ tase, kuid mitte piisavalt ning seega algab iga järgmine tund kõrgema CO₂ tasemega kui eelmine (graafikud 136-139). Osades ruumides (näiteks 74 ja 84) hakkasid CO₂ tasemed vahetunni lõpus juba tõusma, sest õpilased kogunesid ruumidesse. Oluline on ka asjaolu, et ruumides 70, 212, 77, 84 ja 74 tõuseb CO₂ päeva jooksul nii kõrgele, et alla lubatud piiri langeb see alles pärast keskööd, kohati isegi püsib üle lubatu kuni järgmise päeva tundide alguseni (graafik 133 ruum 77).



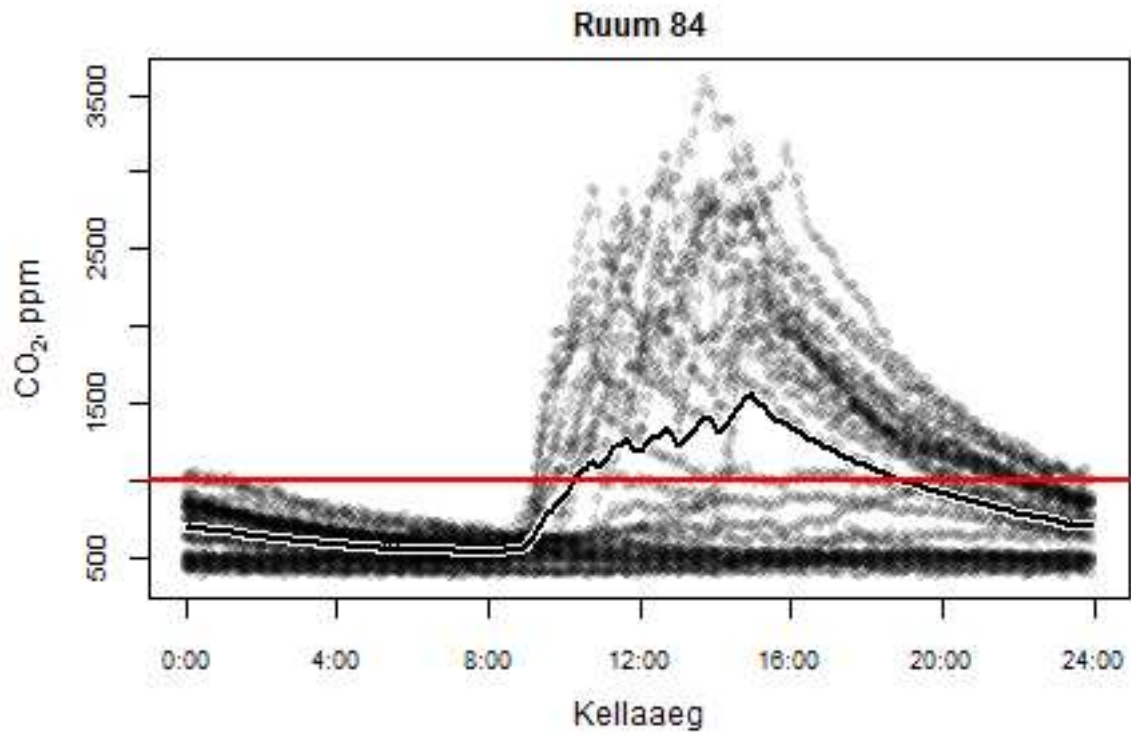
Graafik 131. CO₂ taseme muutus ruumis 70 ööpäeva lõikes



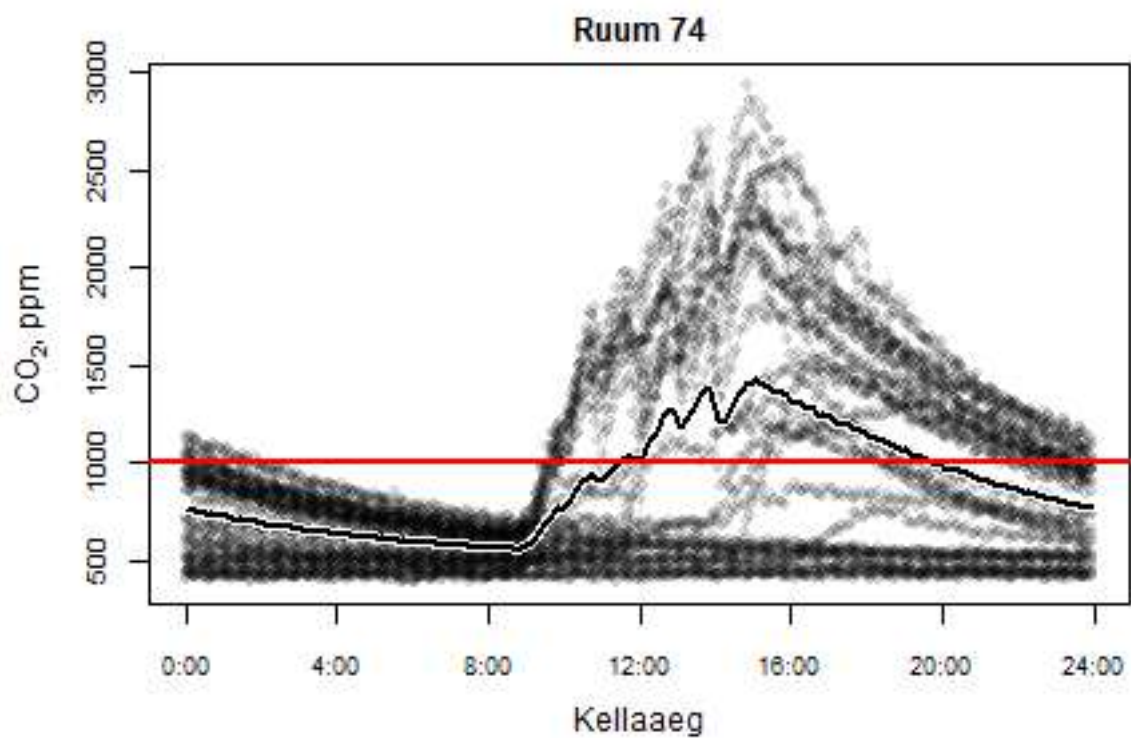
Graafik 132. CO₂ taseme muutus ruumis 212 ööpäeva lõikes



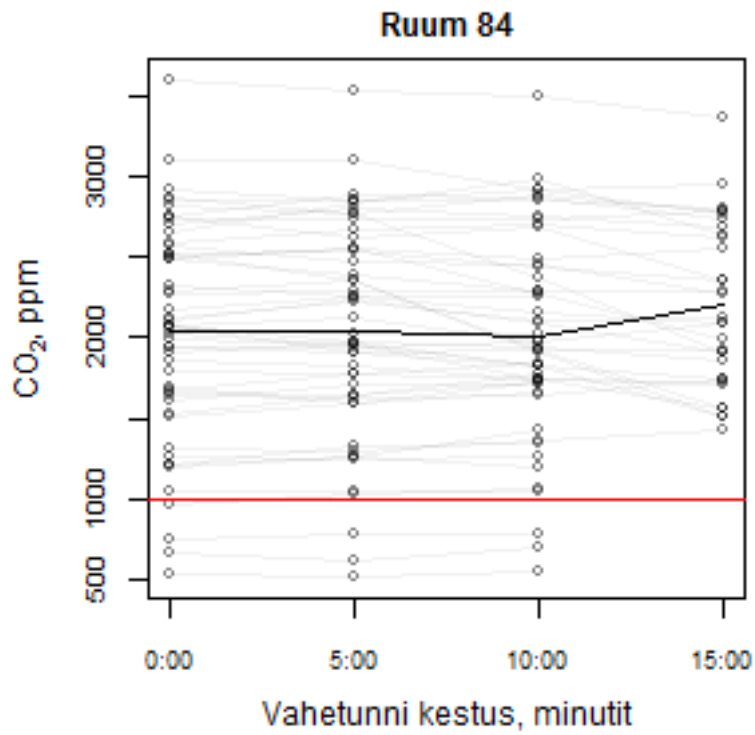
Graafik 133. CO₂ taseme muutus ruumis 77 ööpäeva lõikes



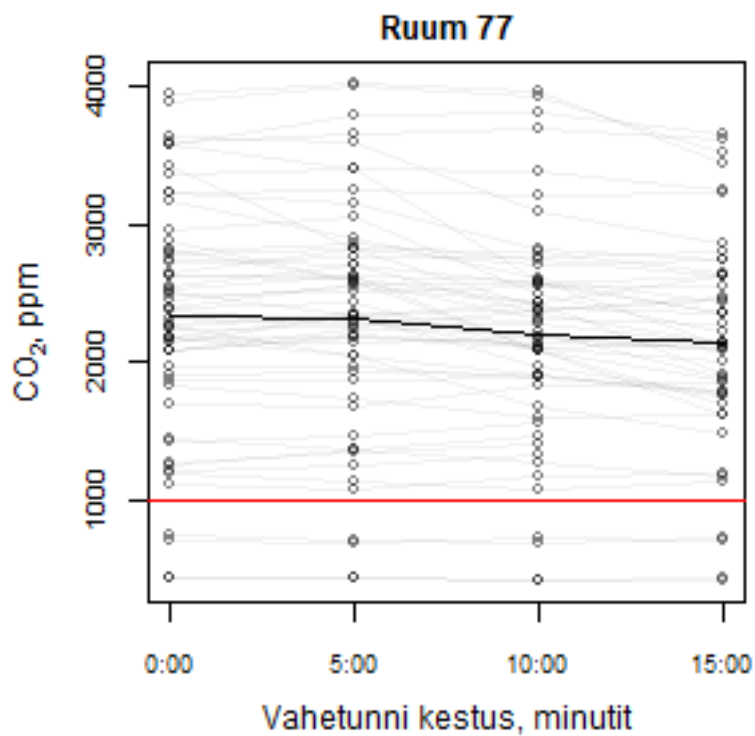
Graafik 134. CO₂ taseme muutus ruumis 84 ööpäeva lõikes



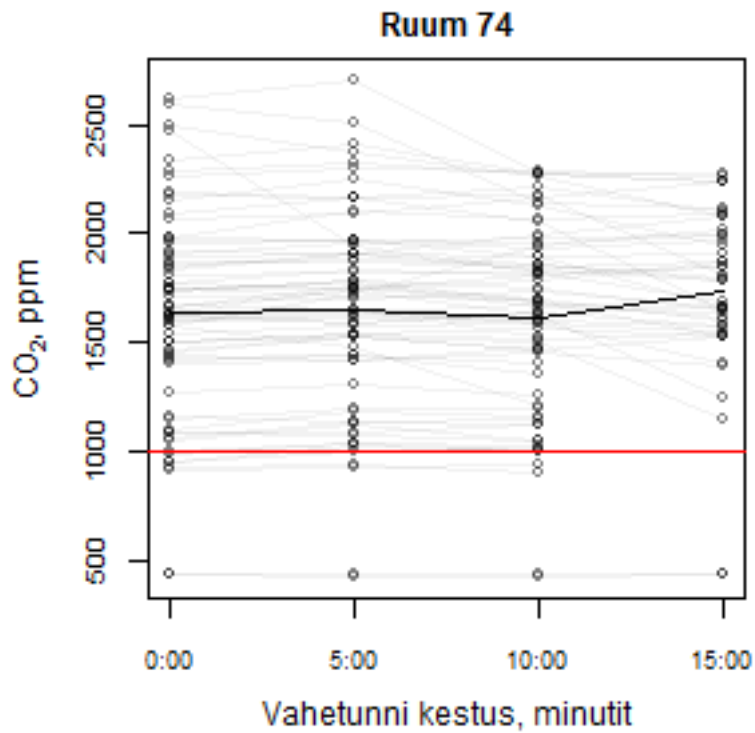
Graafik 135. CO₂ taseme muutus ruumis 74 ööpäeva lõikes



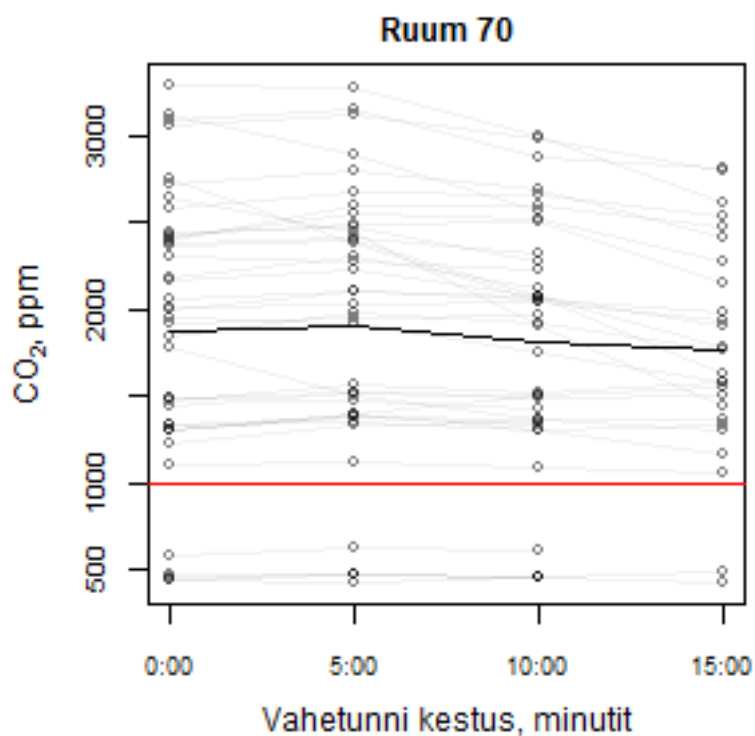
Graafik 136. CO₂ taseme muutus ruumis 84 vahetunni lõikes



Graafik 137. CO₂ taseme muutus ruumis 77 vahetunni lõikes



Graafik 138. CO₂ taseme muutus ruumis 74 vahetunni lõikes

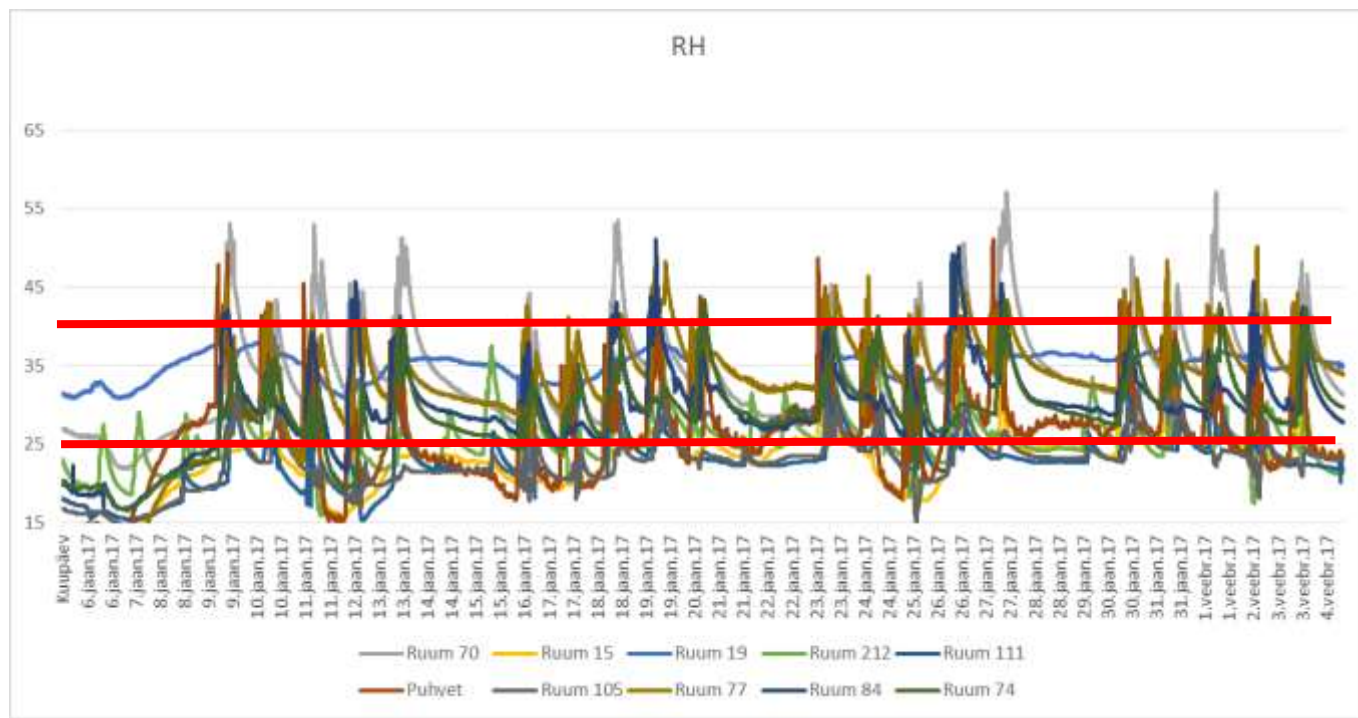


Graafik 139. CO₂ taseme muutus ruumis 70 vahetunni lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Tallinna Muusikakeskkoolis tõsine probleem. Tasemed tõusevad õppetöö perioodil oluliselt üle lubatud piirmäära ning ei lange tihti vahetundidel alla piirmäära 1000 ppm. Põhjuseks on väheldane ventilatsioon õppetöö

perioodil. Seega tuleks klassiruumide vahetundidel rohkem tuulutada välisõhuga. Kuna ruumide tunniplaan on sageli muutuv ning osades ruumides toimuvad individuaaltunnid, siis on soovitatav paigaldada hoonetesse lokaalsed CO₂ anduritega ventilatsioonisüsteemid, mille puhul ruumide õhuvahetuse hulk sõltub CO₂ tasemest antud ruumis.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 140. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Ruum 70 | Ruum 15 | Ruum 19 | Ruum 212 | Ruum 111 | Puhvet | Ruum 105 | Ruum 77 | Ruum 84 | Ruum 74 | KOKKU |
|------------------|---------|---------|---------|----------|----------|--------|----------|---------|---------|---------|--------------|
| KOKKU | 9169 | 9179 | 9168 | 9169 | 9168 | 9169 | 9180 | 9168 | 9169 | 9168 | 82538 |
| alla 40 % | 7759 | 9179 | 9166 | 9169 | 9166 | 9013 | 9180 | 8332 | 8784 | 9039 | 81028 |
| alla 25 % | 353 | 6831 | 170 | 4566 | 7366 | 3976 | 7671 | 1118 | 1289 | 1663 | 34650 |
| alla 40 % | 84,6% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 98,3% | 100,0% | 90,9% | 95,8% | 98,6% | 98,2% |
| alla 25 % | 3,8% | 74,4% | 1,9% | 49,8% | 80,3% | 43,4% | 83,6% | 12,2% | 14,1% | 18,1% | 42,0% |

Tabel 51. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 140 ja tabelist 51 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb allapoole lubatud piirmäärasid. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid jaanuaris-veebruaris ning keskmine välistemperatuur oli -1,46°C, siis tuleks arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Nagu on toodud tabelis 43, jäävad keskmised ruumiõhu suhtelised niiskused kõikides mõõdistatud ruumides alla lubatud näitaja. Ruumis 19 on mõõdistuse tulemused ainult 1,9% kõikidest mõõdistustest alla suhtelise õhuniiskuse 25%. Ruumis 70 on sama näitaja 3,8%, kuid nagu temperatuuride alajaotuses oli näha, on ruum 70 väga jahe ruum ning seetõttu on seal suhtelised õhuniiskused kõrgemad.

Ülejäänud ruumides on kogu mõõtmisperioodi jooksul saadud keskmised küll lubatud minimaalsest suhtelisest õhuniiskusest (25%RH) madalam (tabel 53), kuid nagu on näha

tabelis 52, on tundide ajal suhtelised õhuniiskused oluliselt kõrgemad. Keskmine näitaja jääb alla lubatud piiri vaid ruumis 105.

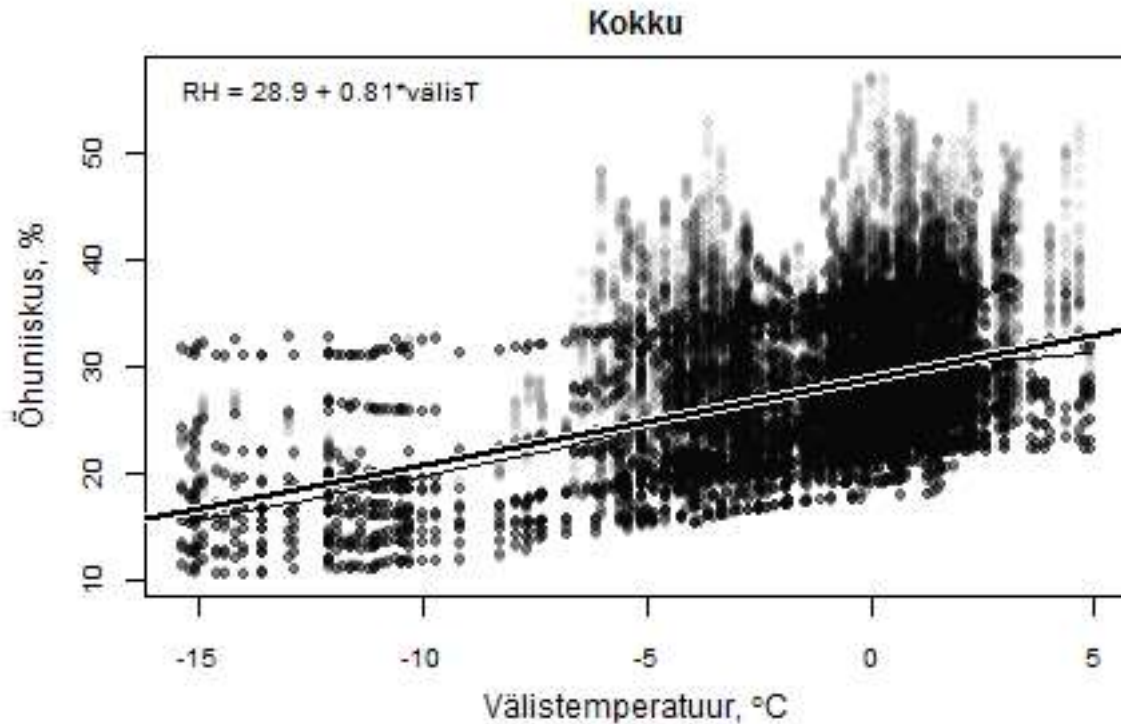
| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|----------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| Ruum 70 | 39,07 | 6,92 | 38,65 | 25,6 | 57,1 | 0,124 |
| Ruum 15 | 25,56 | 6,59 | 26,7 | 13,8 | 35,9 | 0,026 |
| Ruum 19 | 34,51 | 2,65 | 35 | 19,5 | 39,4 | 0,001 |
| Ruum 212 | 26,05 | 3,96 | 26,2 | 15,8 | 36,8 | 0,007 |
| Ruum 111 | 30,10 | 4,45 | 30,6 | 20,1 | 40,3 | 0,072 |
| Ruum 105 | 23,28 | 3,07 | 22,6 | 16,3 | 29,9 | -0,002 |
| Ruum 77 | 36,68 | 6,61 | 37,9 | 11,8 | 50,2 | 0,095 |
| Ruum 84 | 36,11 | 5,70 | 36,4 | 18,7 | 51,1 | 0,092 |
| Ruum 74 | 31,06 | 4,26 | 31,3 | 19,6 | 40,6 | 0,051 |
| Kokku | 31,98 | 6,52 | 32,8 | 11,8 | 57,1 | 0,044 |

Tabel 52. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (tabel 53) on vahemikus 0,30-0,87. Väiksemad korrelatsioonid on ruumides 19 ja 70. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=28,9+0,81 \cdot välisT$ ehk iga $1^{\circ}C$ välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,81% siseõhu suhtelise niiskuse muutust. Graafikult 141 on näha, et väga külma (alla $-10^{\circ}C$) juures sõltuvus siseõhu suhtelise niiskusesisalduse ja välisõhu temperatuuri vahel väheneb. See on seletatav asjaoluga, et õhu veeauru mahutavuse sõltuvus temperatuurist pole lineaarne (Lisa 4 graafik).

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Korrelatsioon välistemp.-ga |
|----------|----------|----------------|---------|----------|----------|-----------------------------|
| Ruum 70 | 34,27 | 6,087 | 33,8 | 21,8 | 57,1 | 0,43 |
| Ruum 15 | 22,59 | 3,702 | 23,5 | 12,4 | 36,5 | 0,87 |
| Ruum 19 | 34,21 | 2,961 | 35,3 | 19,5 | 40,7 | 0,30 |
| Ruum 212 | 25,30 | 3,309 | 25,1 | 15,8 | 37,5 | 0,47 |
| Ruum 111 | 22,84 | 3,614 | 22,7 | 15,3 | 40,3 | 0,55 |
| Puhvet | 26,18 | 5,986 | 26,2 | 12,6 | 51,1 | 0,68 |
| Ruum 105 | 22,53 | 3,135 | 23 | 14,7 | 34,7 | 0,68 |
| Ruum 77 | 32,47 | 7,369 | 33,7 | 10,5 | 50,2 | 0,69 |
| Ruum 84 | 29,70 | 5,427 | 29,5 | 16,7 | 51,1 | 0,60 |
| Ruum 74 | 28,73 | 4,987 | 29 | 16,5 | 43,5 | 0,63 |
| Kokku | 27,88 | 6,599 | 27,3 | 10,5 | 57,1 | 0,42 |

Tabel 53. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga



Graafik 141. Siseõhu suhtelise õhuniiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos.

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välitemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Tallinna Muusikakeskkoolis keskmiselt tasemele 12,7%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rooriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Nagu on näha ruumi 70 suhtelise õhuniiskuse ja temperatuuri mõõdistuste tulemustest on üheks võimaluseks õhu suhtelise niiskuse tõstmisel temperatuuri langetamine. Hoides temperatuuri pidevalt 20°C juures tõuseb enamuses ruumidest õhu suhteline niiskus oluliselt.

Avinurme Keskkool

Mõõdistuste aeg: 11.jaanuar 2017 – 10.veebruar 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Ruum 226 muusikaõpetus
- Ruum 105 II klass
- Ruum 109 ajalugu
- Ruum 106 III klass
- Ruum 110 eesti keel
- Ruum 210 arvutiklass
- Ruum 212 eesti keel
- Ruum 203 matemaatika
- Ruum 207 vene keel
- Ruum 230 aula

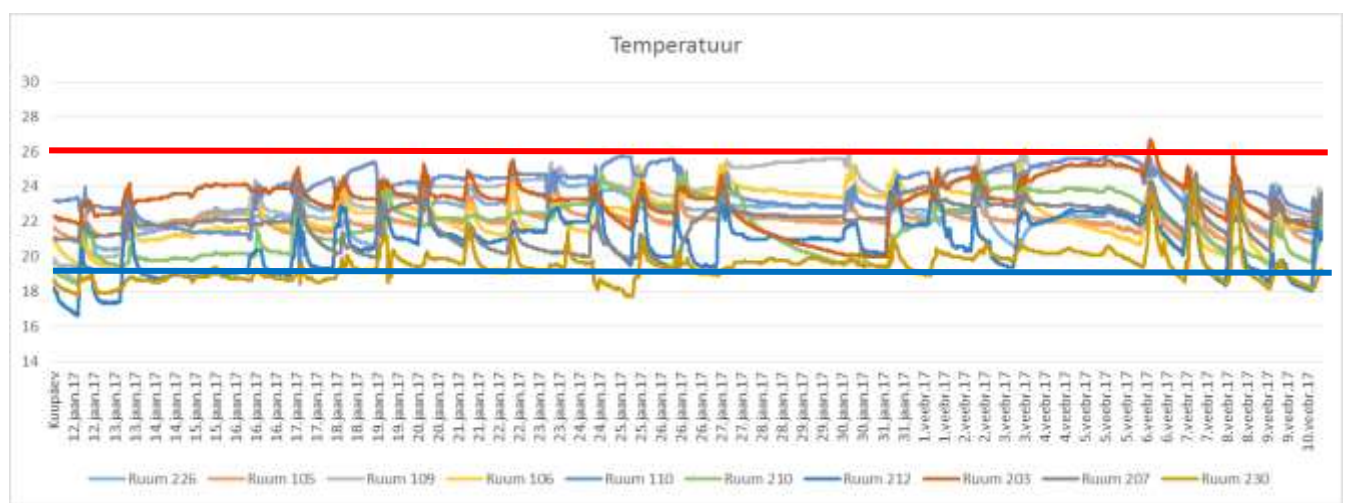
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamust ajast miinuskraadides. Välistõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli $-18,4$ kuni $+2,3^{\circ}\text{C}$ keskmine temperatuur $-3,31^{\circ}\text{C}$
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,16-1,92 m põrandapinnast.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



Graafik 142. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

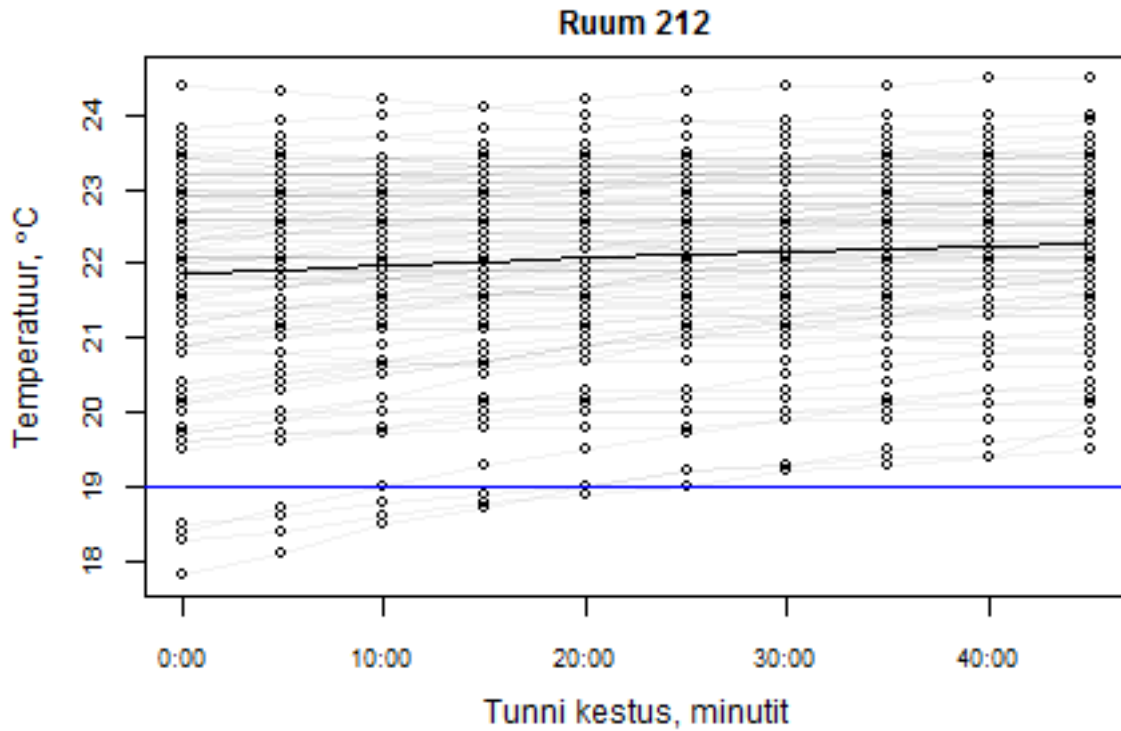
| . | Ruum 226 | Ruum 105 | Ruum 109 | Ruum 106 | Ruum 110 | Ruum 210 | Ruum 212 | Ruum 203 | Ruum 207 | Ruum 230 | KOKKU |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8593 | 8592 | 8592 | 8592 | 8592 | 8593 | 8592 | 8593 | 8593 | 8592 | 85924 |
| Üle 26 °C | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 | 44 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 77 | 0 | 3 | 142 | 1116 | 0 | 0 | 2599 | 3937 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,5% | 0,0% | 0,0% | 0,1% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,9% | 0,0% | 0,0% | 1,7% | 13,0% | 0,0% | 0,0% | 30,2% | 4,6% |

Tabel 54. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

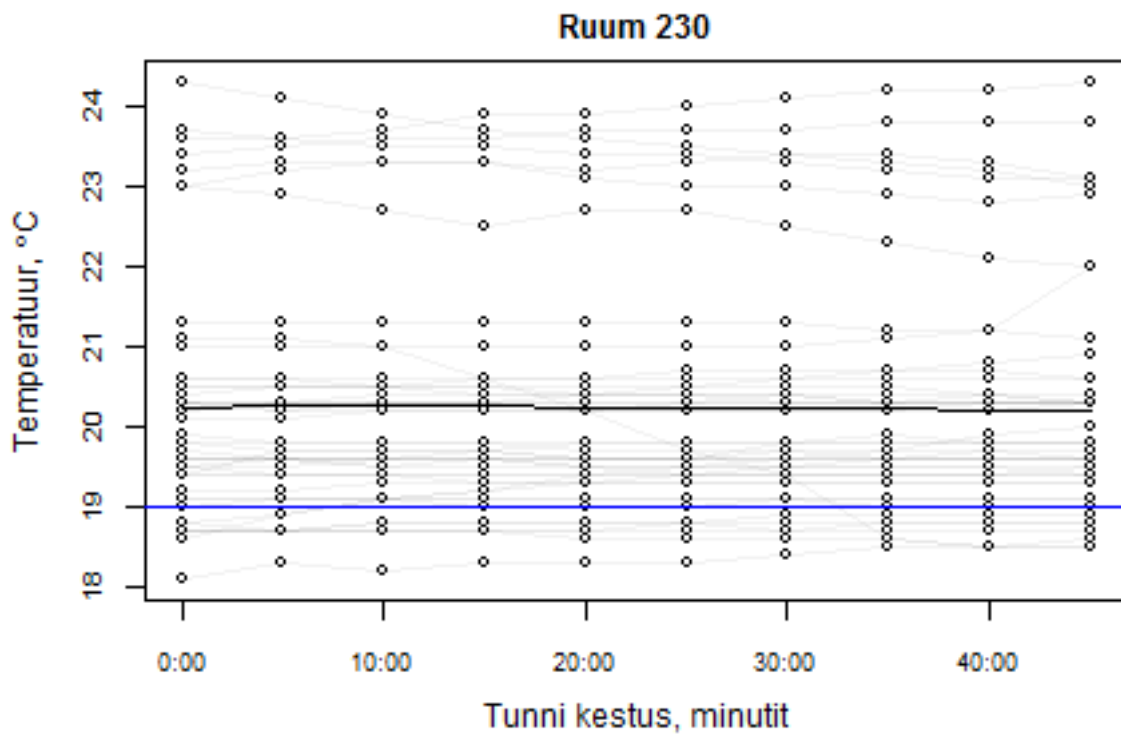
Graafikult 142 ja tabelist 54 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C ületatud vaid üksikutel kordadel, mis ei vääri tähelepanu. Alla minimaalse lubatud temperatuuri 19°C aga on olnud temperatuur viies erinevas ruumis, nendest kolmes lühiajaliselt ja kahes ruumis pikaajaliselt. Need kaks ruumi on 212 ja 230, kus vastavalt on 13,0 ja 30,2% kogu mõõdistatud ajast temperatuur allapoole lubatud. Tabelist 55 on näha, et nendel ruumide temperatuuri ja välisõhu temperatuuri korrelatsioon on nõrk, seega pole jahe kliima tingitud välispiirde soojustusest. Graafikult 143 on näha, et ruumis 212 õppetöö ajal temperatuur tõusis üle minimaalse piiri ning graafikult 144 on näha, et ruumis 230 toimus neli õppetundi kontrollperioodi jooksul lubatud jahedama temperatuuri tingimustes.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaa n | Miinumum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp.-ga |
|----------|----------|--------------------|-------------|----------|--------------|--------------------------------|
| Ruum 226 | 22,41 | 1,00 | 22,6 | 19,2 | 25,6 | 0,38 |
| Ruum 105 | 22,19 | 0,67 | 22,1 | 19,3 | 25,7 | 0,35 |
| Ruum 109 | 23,62 | 1,45 | 23,9 | 18,6 | 26,1 | 0,18 |
| Ruum 106 | 22,39 | 1,30 | 22,5 | 19,4 | 25,3 | 0,45 |
| Ruum 110 | 23,87 | 1,17 | 24 | 18,4 | 25,9 | 0,02 |
| Ruum 210 | 21,76 | 1,53 | 21,9 | 18,3 | 25,1 | 0,16 |
| Ruum 212 | 20,71 | 1,48 | 21 | 16,6 | 24,5 | 0,28 |
| Ruum 203 | 23,25 | 1,28 | 23,3 | 20 | 26,7 | -0,03 |
| Ruum 207 | 21,94 | 1,08 | 22,1 | 19,3 | 24,8 | 0,04 |
| Ruum 230 | 19,45 | 0,86 | 19,5 | 17,7 | 24,3 | 0,11 |
| Kokku | 22,16 | 1,75 | 22,3 | 16,6 | 26,7 | 0,13 |

Tabel 55. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga



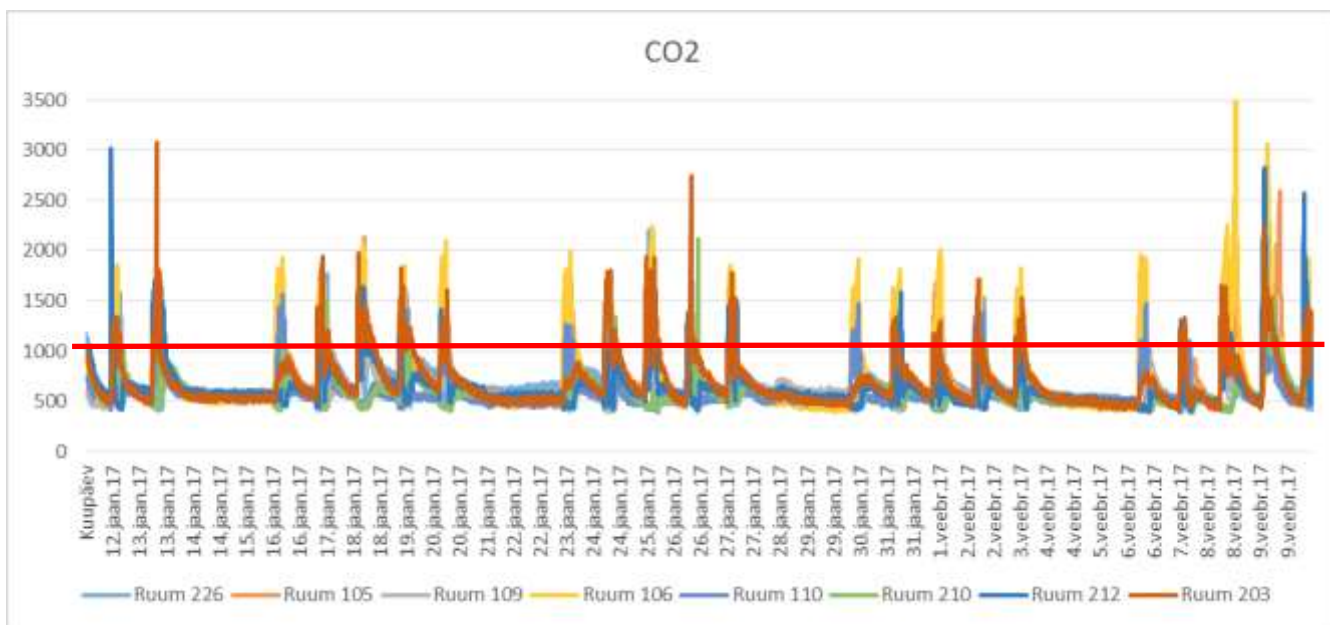
Graafik 143. Ruumi 212 temperatuuri muutus õppetöö tunni lõikes



Graafik 144. Ruumi 230 temperatuuri muutus õppetöö tunni lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et Avinurme Keskkoolis on vaid kahes ruumis mõne õppetunni vältel temperatuur liiga jahe. Antud hälve pole üldist sisekliimat silmas pidades oluline.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 145. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

| | Ruum 226 | Ruum 105 | Ruum 109 | Ruum 106 | Ruum 110 | Ruum 210 | Ruum 212 | Ruum 203 | Ruum 207 | Ruum 230 | KOKKU |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8593 | 8592 | 8592 | 8592 | 8592 | 8593 | 8592 | 8593 | 8593 | 8592 | 85924 |
| Üle 1000 ppm | 605 | 1227 | 567 | 1292 | 552 | 369 | 720 | 1063 | 2030 | 1768 | 9588 |
| Üle 1000 ppm | 7,0% | 14,3% | 6,6% | 15,0% | 6,4% | 4,3% | 8,4% | 12,4% | 23,6% | 20,6% | 11,2% |

Tabel 56. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 145 ja tabelist 56 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Lubatud normi ületamise protsent on vahemikus 4,3-23,6% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO₂ sisaldus lubatust kõrgem. Tabelist 57 näeme, et tundide ajal tõuseb keskmine CO₂ tase peaaegu kõikides klassides üle lubatud piiri. Kõige kriitilisemad ruumid on 105, 106, 203, 207 ja 230, kus keskmine CO₂ tase õppetöö tunni ajal on üle lubatud piiri. Graafikutel 146-149 on näha, et tunni algusest kuni tunni lõpuni tõuseb CO₂ tase oluliselt. Kindlasti on tingitud see õppetunni pikkusest ja suurest laste arvust klassis. Graafikutel 150-153 on näha, et vahetundide ajal CO₂ tase langeb, kuid mitte alla kriitilise piiri. Tabelist 58 on näha, et kõige kiirem CO₂ taseme langus on vahetunnil ruumides 230, 207 ja 203.

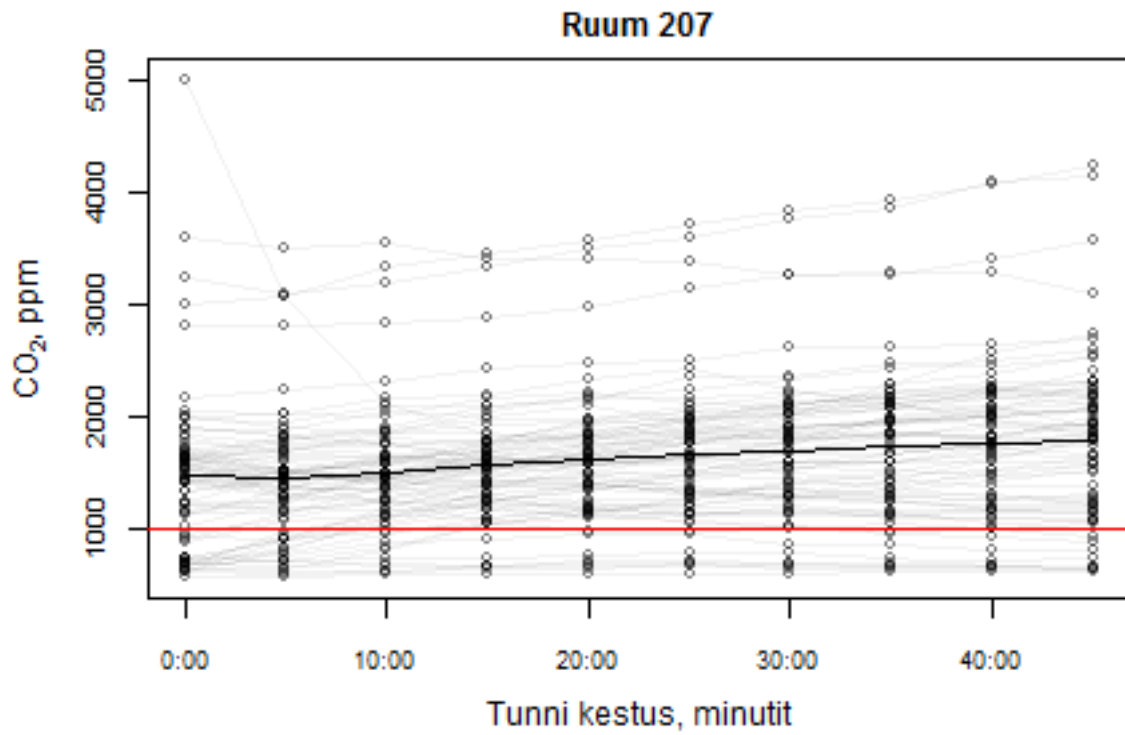
| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|----------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| Ruum 226 | 919,2 | 387,4 | 884 | 407 | 2821 | 2,20 |
| Ruum 105 | 1266,8 | 269,1 | 1277,5 | 575 | 1892 | 5,11 |
| Ruum 109 | 955,0 | 230,8 | 991 | 427 | 1575 | 5,13 |
| Ruum 106 | 1459,4 | 377,6 | 1507 | 566 | 3058 | 10,25 |
| Ruum 110 | 953,8 | 276,5 | 984,5 | 409 | 1903 | 6,70 |

| | | | | | | |
|----------|--------|-------|--------|-----|------|------|
| Ruum 210 | 679,2 | 361,9 | 481 | 406 | 2829 | 1,94 |
| Ruum 212 | 992,2 | 397,1 | 1024 | 391 | 3021 | 4,08 |
| Ruum 203 | 1191,6 | 253,3 | 1153 | 531 | 2228 | 1,98 |
| Ruum 207 | 1634,0 | 633,4 | 1601,5 | 573 | 5001 | 8,07 |
| Ruum 230 | 1194,9 | 491,5 | 1091 | 525 | 4096 | 1,34 |
| Kokku | 1098,7 | 464,1 | 1073,0 | 391 | 5001 | 7,18 |

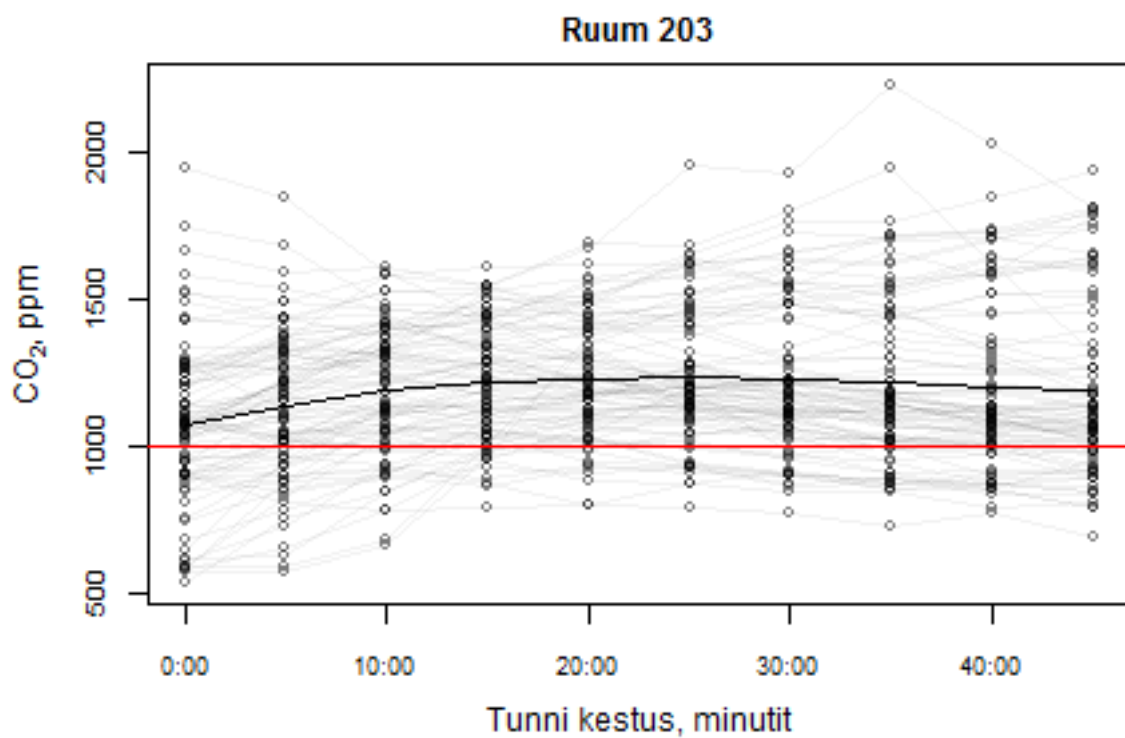
Tabel 57. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

| Ruum | Keskmine | Standardhälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|----------|----------|---------------|---------|----------|----------|----------------|
| Ruum 226 | 952,5 | 401,1 | 954 | 414 | 2757 | -8,06 |
| Ruum 105 | 1361,5 | 220,6 | 1357,5 | 778 | 1914 | 7,64 |
| Ruum 109 | 991,1 | 232,3 | 1014 | 471 | 2017 | -7,18 |
| Ruum 106 | 1514,7 | 337,2 | 1553 | 640 | 2247 | -4,38 |
| Ruum 110 | 878,6 | 256,1 | 875,5 | 409 | 1903 | -3,56 |
| Ruum 210 | 712,7 | 403,9 | 477 | 403 | 2829 | 0,32 |
| Ruum 212 | 971,3 | 378,1 | 995,5 | 435 | 2570 | -1,34 |
| Ruum 203 | 1199,5 | 314,8 | 1118 | 681 | 3081 | -10,48 |
| Ruum 207 | 1743,0 | 662,8 | 1712 | 608 | 5001 | -15,84 |
| Ruum 230 | 1352,7 | 593,0 | 1203 | 653 | 4096 | -20,57 |
| Kokku | 1122,1 | 490,3 | 1080 | 403 | 5001 | -9,34 |

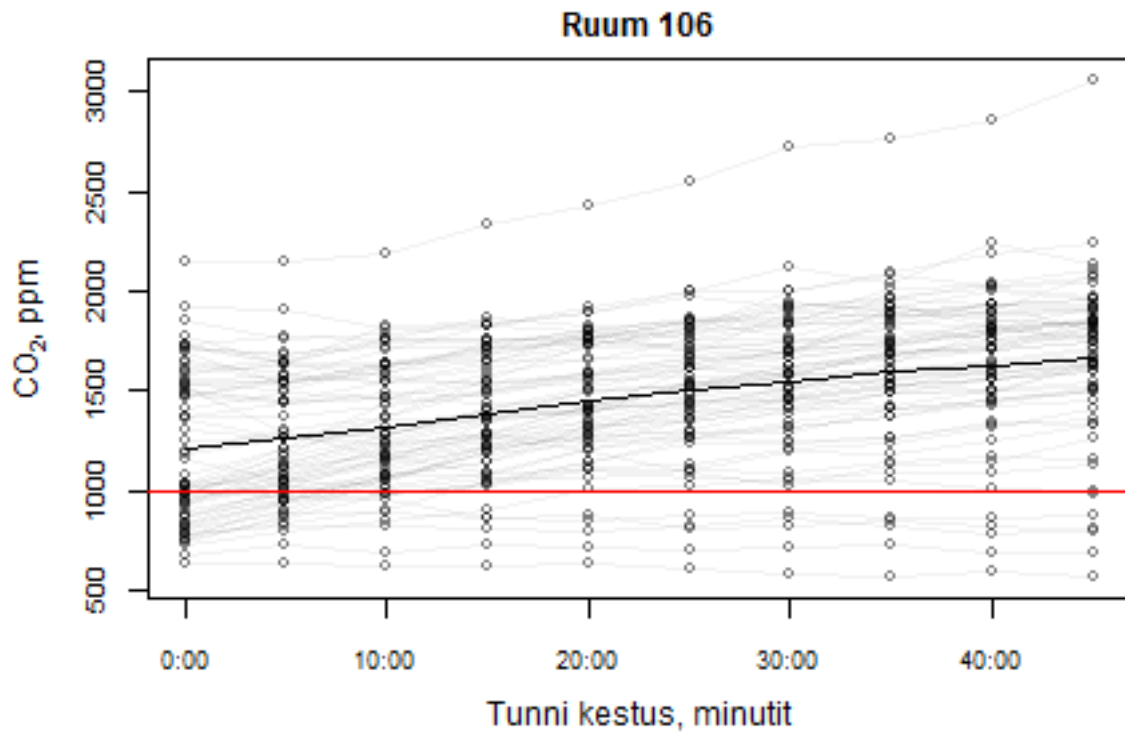
Tabel 58. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste vahetundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul vahetunni esimese 10 minuti kestel



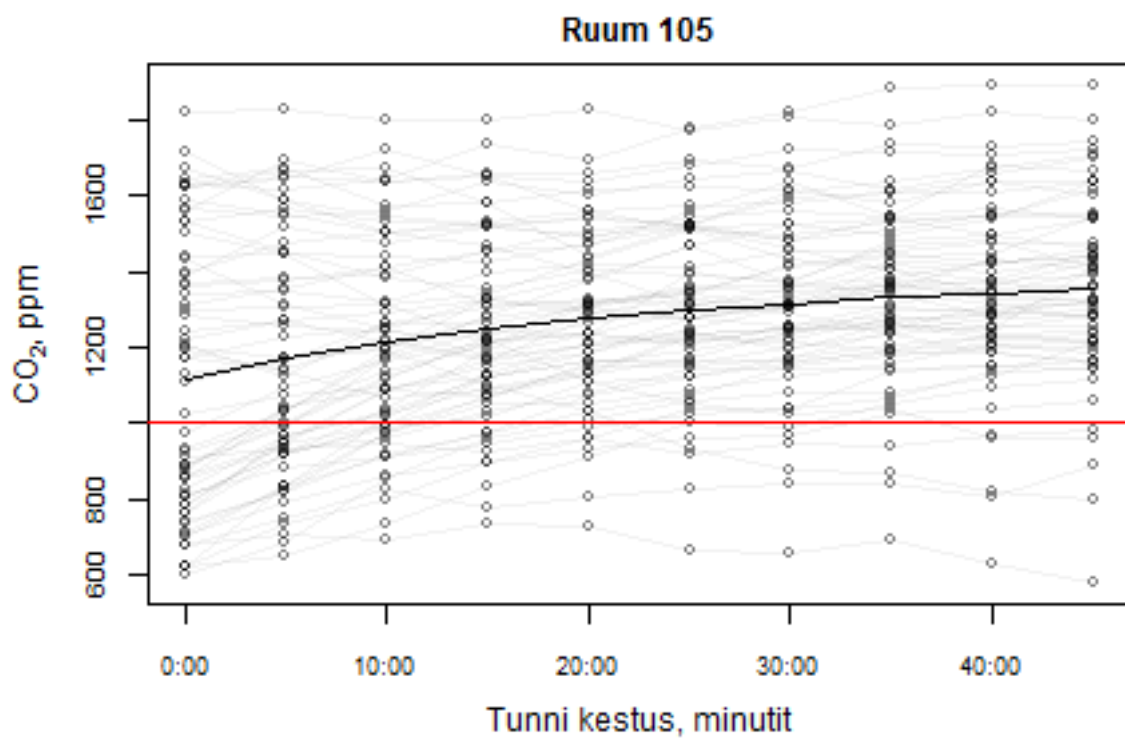
Graafik 146. Ruumi 207 õhu CO₂ sisalduse muutus õppetöö tunni lõikes



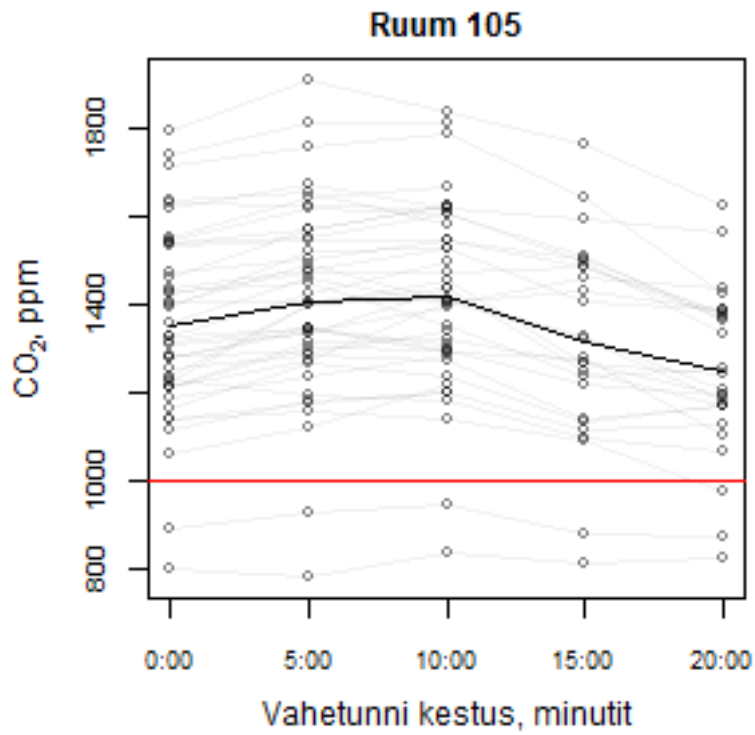
Graafik 147. Ruumi 203 õhu CO₂ sisalduse muutus õppetöö tunni lõikes



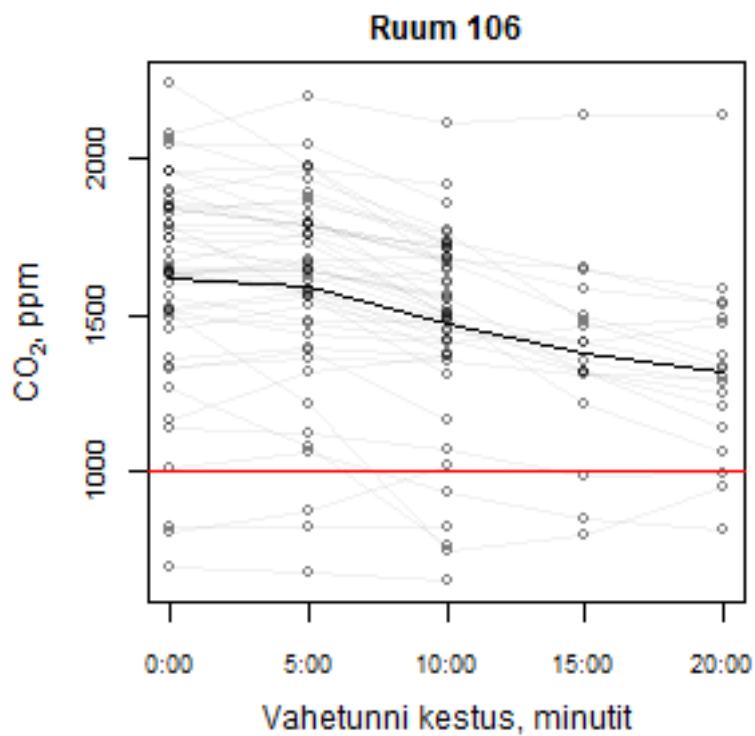
Graafik 148. Ruumi 106 õhu CO₂ sisalduse muutus õppetöö tunni lõikes



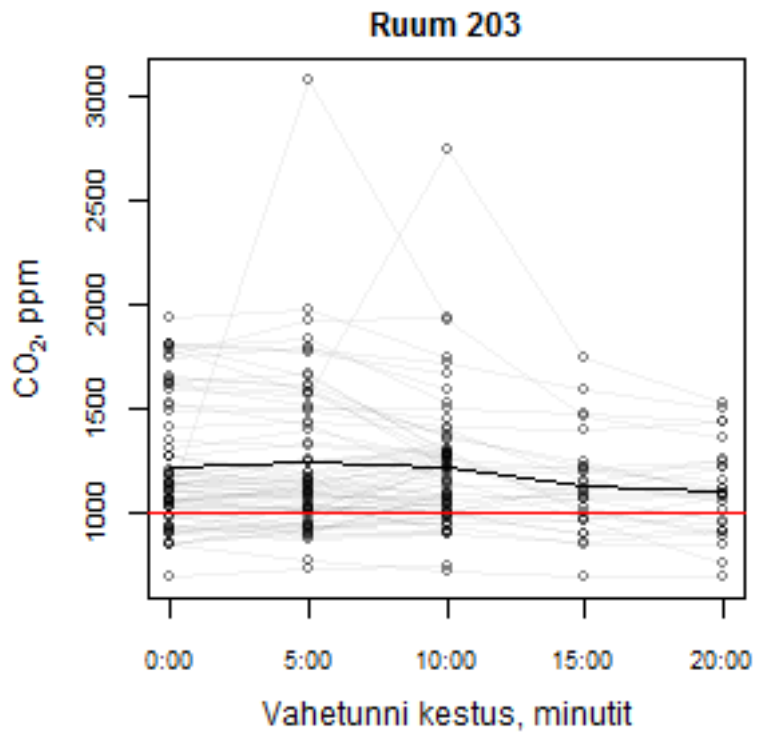
Graafik 149. Ruumi 105 õhu CO₂ sisalduse muutus vahetunni lõikes



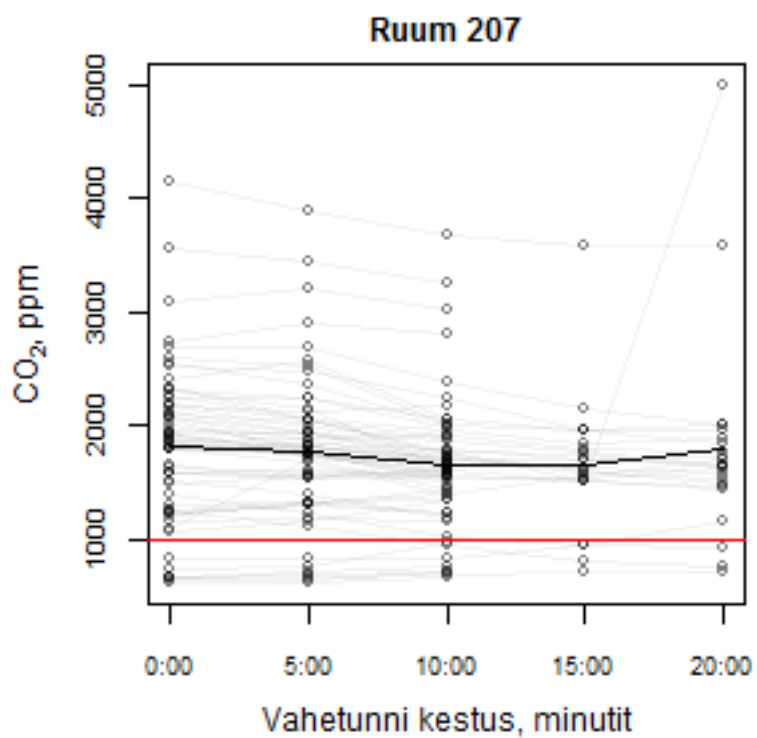
Graafik 150. Ruumi 105 õhu CO₂ sisalduse muutus vahetunni lõikes



Graafik 151. Ruumi 106 õhu CO₂ sisalduse muutus vahetunni lõikes

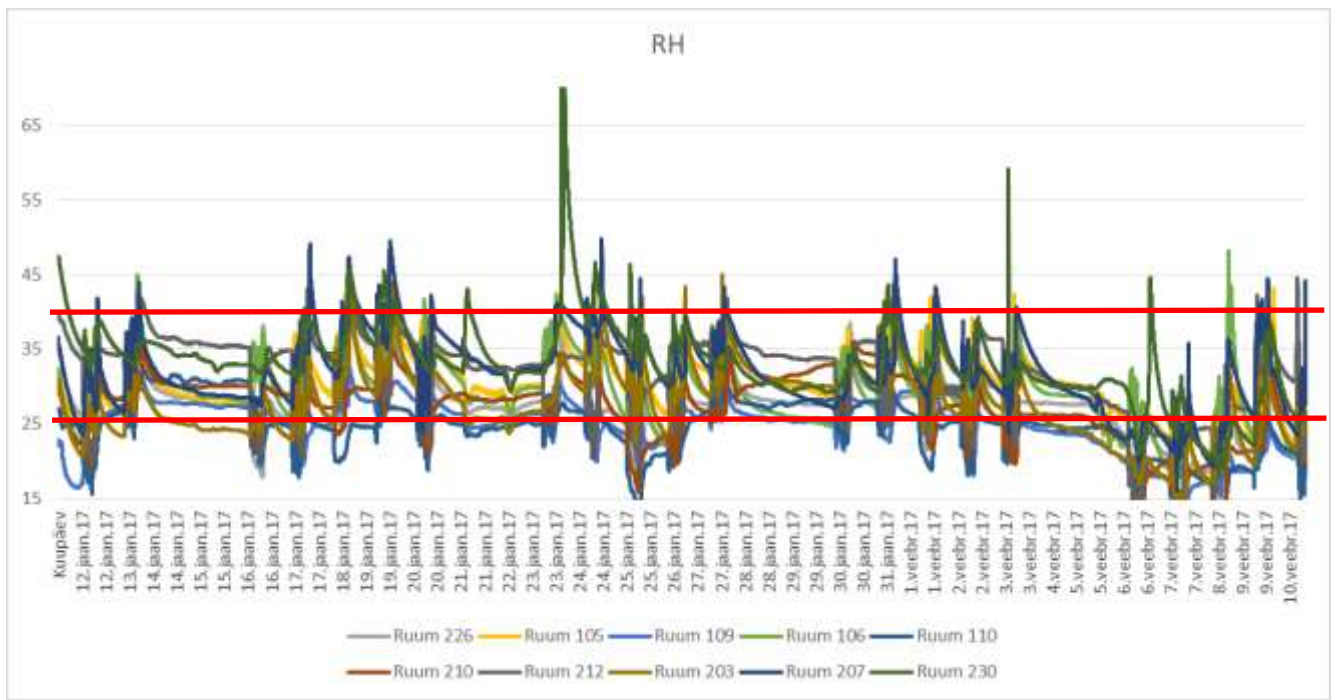


Graafik 152. Ruumi 203 õhu CO₂ sisalduse muutus vahetunni lõikes



Graafik 153. Ruumi 207 õhu CO₂ sisalduse muutus vahetunni lõikes

Suhteline õhuniiskus



Graafik 154. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Ruum 226 | Ruum 105 | Ruum 109 | Ruum 106 | Ruum 110 | Ruum 210 | Ruum 212 | Ruum 203 | Ruum 207 | Ruum 230 | KOKKU |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8593 | 8592 | 8592 | 8592 | 8592 | 8593 | 8592 | 8593 | 8593 | 8592 | 77331 |
| alla 40 % | 8569 | 8534 | 8592 | 8476 | 8592 | 8593 | 8436 | 8508 | 8094 | 7939 | 75764 |
| alla 25 % | 2146 | 704 | 3760 | 1154 | 4125 | 2282 | 1126 | 2553 | 774 | 545 | 17023 |
| alla 40 % | 99,7% | 99,3% | 100,0% | 98,6% | 100,0% | 100,0% | 98,2% | 99,0% | 94,2% | 92,4% | 98,0% |
| alla 25 % | 25,0% | 8,2% | 43,8% | 13,4% | 48,0% | 26,6% | 13,1% | 29,7% | 9,0% | 6,3% | 22,0% |

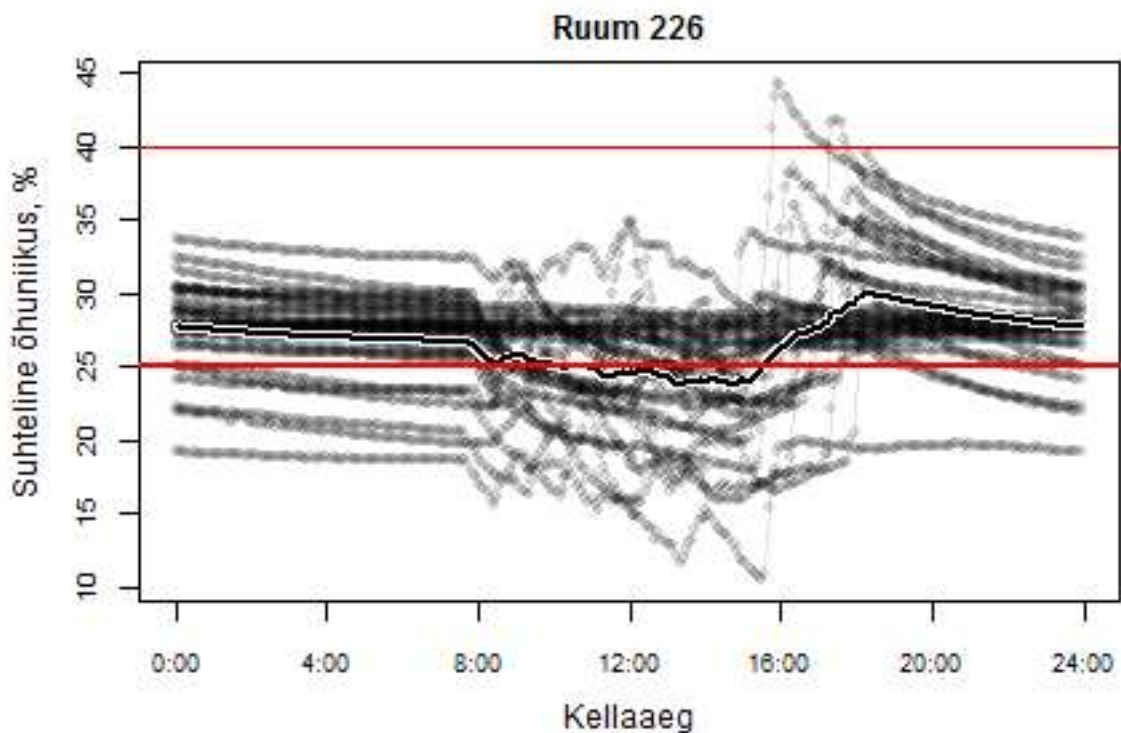
Tabel 59. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 154 ja tabelist 59 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb allapoole lubatud piirmäärasid. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid jaanuaris-veebruaries ning keskmine välistemperatuur oli $-3,31^{\circ}\text{C}$, siis tuleks arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Nagu on näha tabelis 60, on tundide ajal keskmised suhtelised õhuniiskused lubatust madalamad ruumides 226, 109, 110 ja 210. Graafikutelt 155-158 on näha, et suhteline õhuniiskus on väljaspool tunde normaalne, kuid tundide ajal langeb allapoole lubatud piiri. Suure tõenäosusega on põhjuseks ventilatsioonirežiimi muutmine tundide ajal intensiivsemaks. Huvitav on asjaolu, et koheselt pärast tunde tõuseb suhteline õhuniiskus järsult. Suure tõenäosusega teostatakse siis ruumides märga koristust, mis tõstab hüppeliselt suhtelist õhuniiskust.

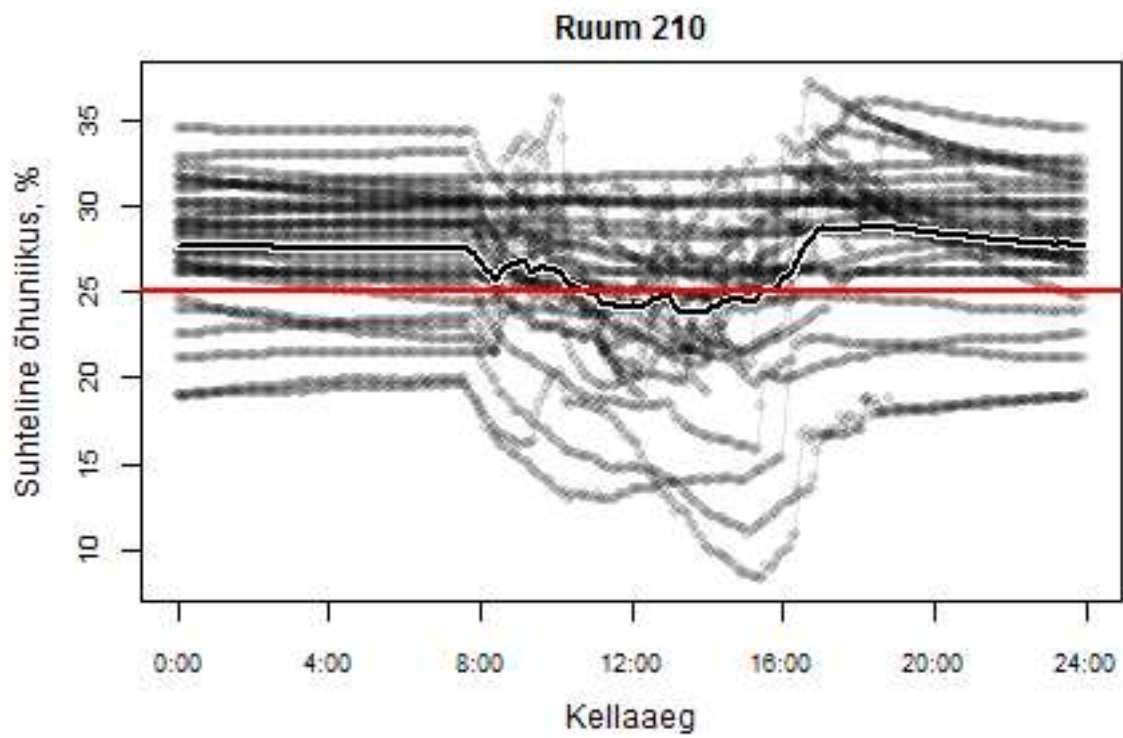
| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|----------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| Ruum 226 | 23,92 | 4,47 | 24,3 | 11,5 | 34,9 | 0,006 |
| Ruum 105 | 32,46 | 4,33 | 33,7 | 20,6 | 38,9 | 0,016 |
| Ruum 109 | 24,47 | 3,88 | 24,7 | 13 | 33,3 | 0,018 |
| Ruum 210 | 32,28 | 4,03 | 32,9 | 18,8 | 41,7 | 0,058 |

| | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| 106 | | | | | | |
| Ruum | 23,81 | 4,17 | 24,3 | 9,4 | 32,1 | 0,043 |
| 110 | | | | | | |
| Ruum | 24,31 | 4,55 | 24,9 | 12,9 | 36,2 | 0,003 |
| 210 | | | | | | |
| Ruum | 27,81 | 5,57 | 28,2 | 10,6 | 44,6 | 0,008 |
| 212 | | | | | | |
| Ruum | 28,81 | 4,63 | 29 | 12,5 | 38,4 | 0,014 |
| 203 | | | | | | |
| Ruum | 32,99 | 5,01 | 33,8 | 16,1 | 44,2 | 0,040 |
| 207 | | | | | | |
| Ruum | 33,48 | 6,06 | 33,5 | 18,9 | 47,5 | 0,017 |
| 230 | | | | | | |
| Kokku | 27,84 | 6,00 | 27,7 | 9,4 | 47,5 | 0,058 |

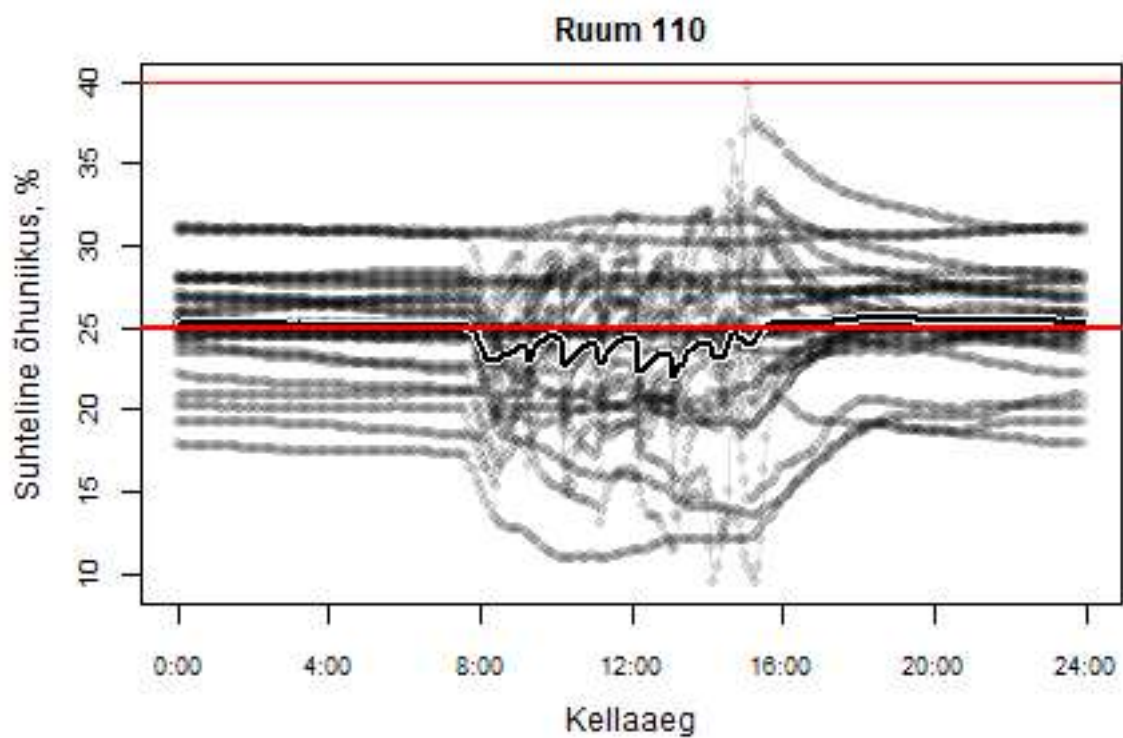
Tabel 60. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



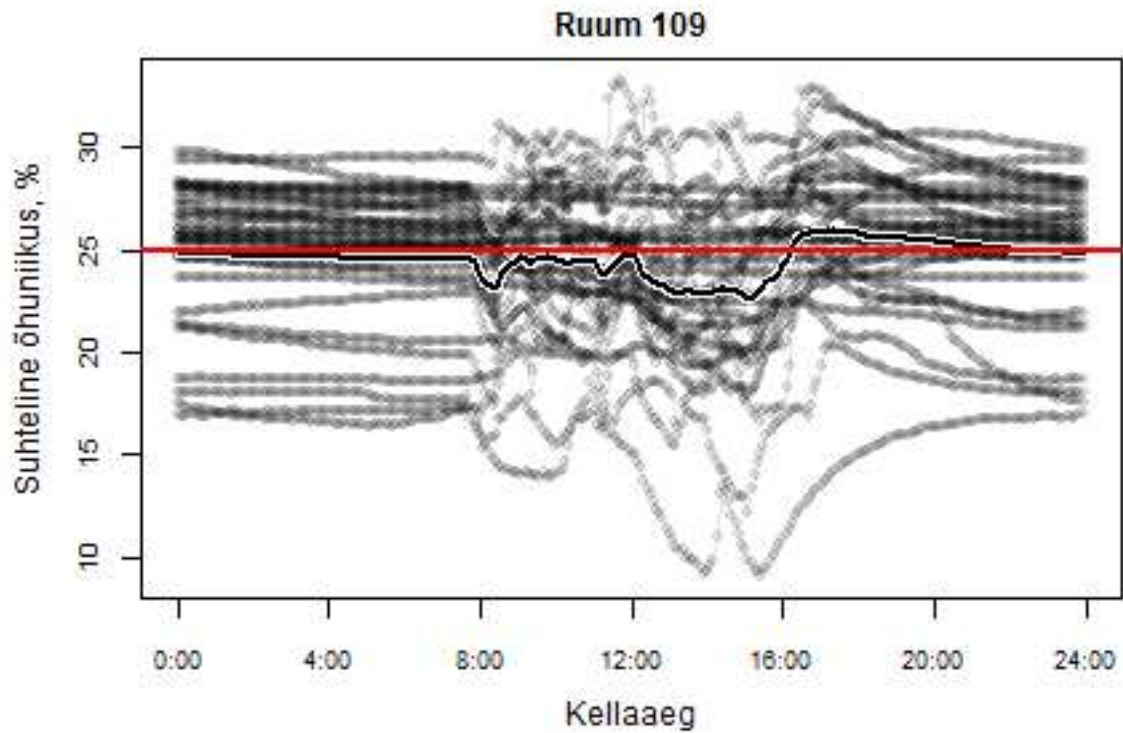
Graafik 155. Ruumi 226 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 156. Ruumi 210 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes

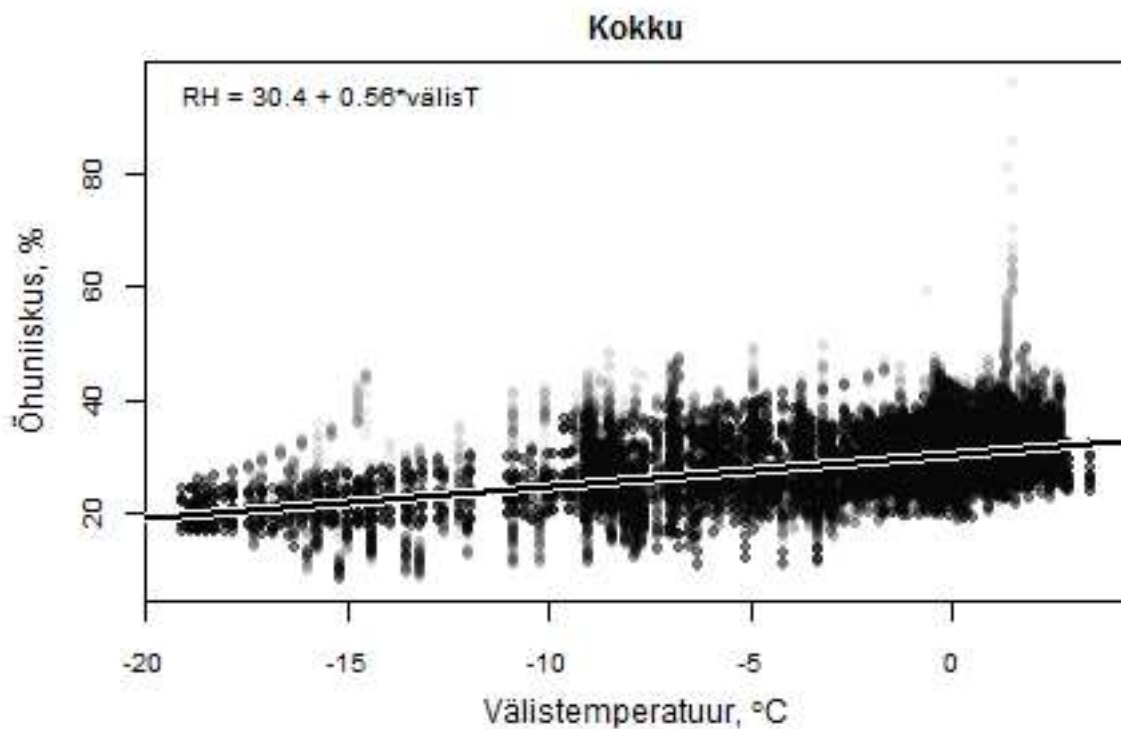


Graafik 157. Ruumi 110 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 158. Ruumi 109 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes

Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $\text{siseRH} = 30,4 + 0,56 \cdot \text{välisT}$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,56% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.



Graafik 159. Siseõhu suhtelise õhuniiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Avinurme Keskkoolis keskmiselt tasemele 19,2%. Seega on talveperioodil ruumide õhk kuiv, kuid mitte väga kriitiline. Pärast tundide lõppu tehtav märg koristus tõstab oluliselt ruumide niiskusesisaldust. Samas langeb tase järgmise päeva alguseks jälle oluliselt madalamaks. Soovitav on võimalusel nihutada märg koristus talveperioodil varahommikusele ajale, siis on tundide ajal suhteline õhuniiskus kõrgem.

Kiigemetsa Kool

Mõõdistuste aeg: 11.jaanuar 2017 – 10.veebruar 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Koridor tuba 106 ukse kohal
- Ruum 110 sekretär
- Ruum 004 keraamika
- Ruum 201
- Võimla
- Ruum 116 söökla saal
- Ruum 013
- Ruum 002 puutöö
- Ruum 017 käsitöö
- Koridor 241 ukse kohal

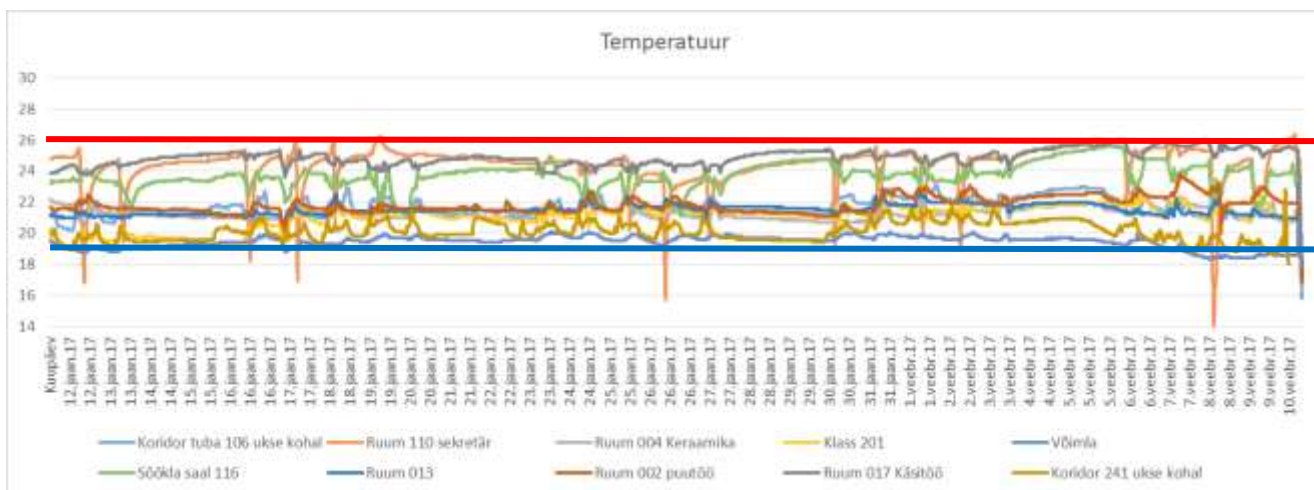
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamasti miinuskraadides. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli $-18,4$ kuni $+2,3^{\circ}\text{C}$ keskmine temperatuur $-3,31^{\circ}\text{C}$
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,80-2,75 m põrandapinnast.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C

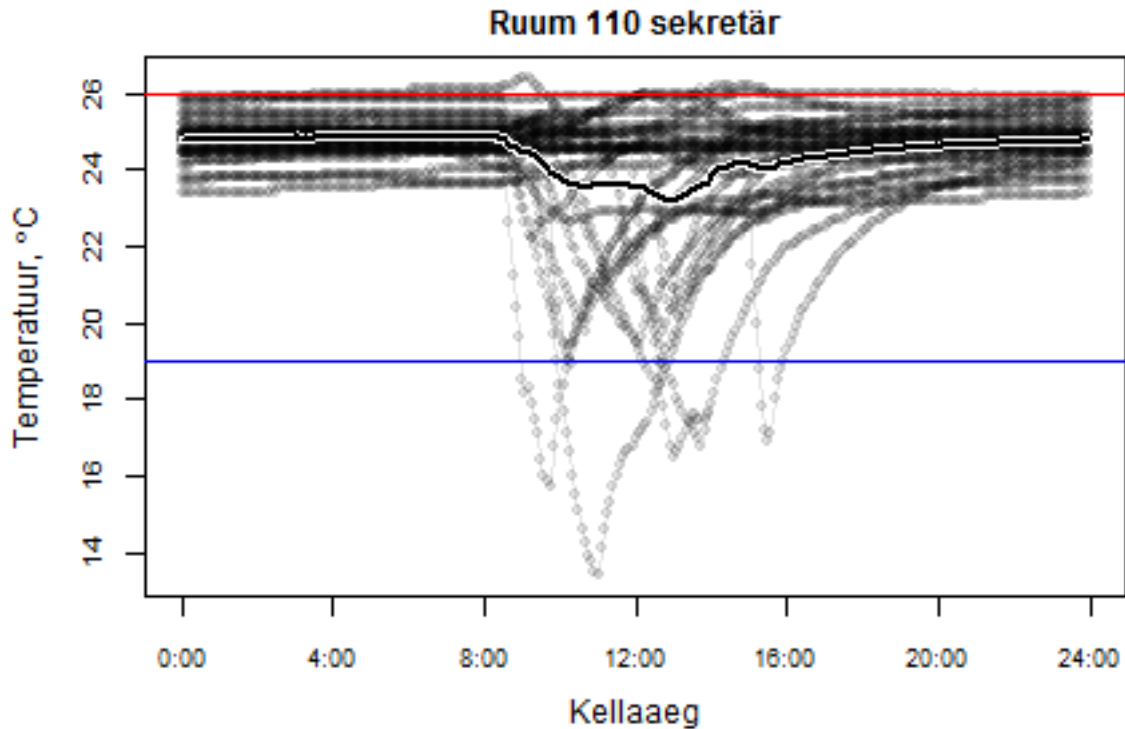


Graafik 160. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| . | Koridor tu | Ruum 110 | Ruum 004 | Klass 201 | Võimla | Söökla saa | Ruum 013 | Ruum 002 | Ruum 017 | Koridor 24 | KOKKU |
|-------------------|------------|----------|----------|-----------|--------|------------|----------|----------|----------|------------|--------------|
| KOKKU | 8592 | 8592 | 8593 | 8592 | 8592 | 8592 | 8593 | 8593 | 8592 | 8495 | 85826 |
| Üle 26 °C | 0 | 61 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 |
| alla 19 °C | 19 | 100 | 19 | 14 | 1148 | 14 | 17 | 18 | 14 | 203 | 1566 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,7% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,1% |
| alla 19 °C | 0,2% | 1,2% | 0,2% | 0,2% | 13,4% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 2,4% | 1,8% |

Tabel 61. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 160 ja tabelist 61 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C ületatud vaid ühel korral, mis ei vääri tähelepanu. Alla minimaalse lubatud temperatuuri 19°C aga on olnud temperatuur kõigis ruumides, nendest üheksas lühiajaliselt ja ühes ruumis pikaajaliselt. Kuna pikaajaliselt on temperatuur lubatust madalam aulas, siis ei ole ka see näitaja sisekliima terviku osas oluline. Graafiku 161 põhjal on näha, et sekretäri ruumis on õhutemperatuur langenud kiiresti alla ja tõusnud seejärel aeglaselt. See viitab akna kaudu tuulutamisele. Tabelist 62 on näha, et korrelatsiooni sise- ja välisõhu temperatuuri vahel pole. Seega on välispiire soojapidav.



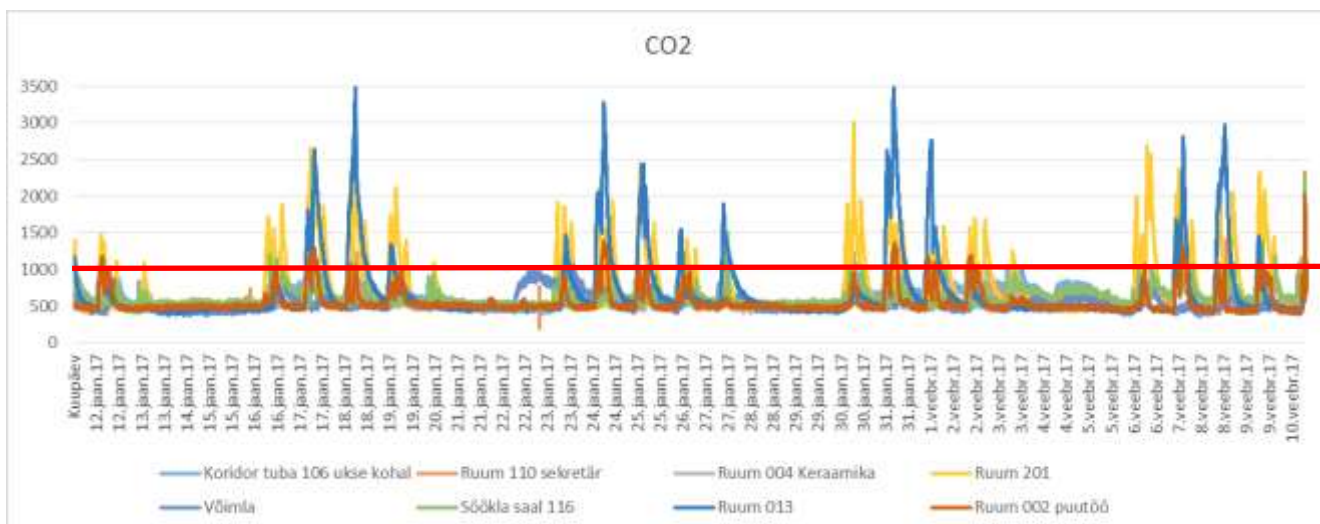
Graafik 161. Sekretäri ruumi temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|--------------------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| Koridor tuba 106 ukse kohal | 21,68 | 0,638 | 21,6 | 15,8 | 23,2 | 0,18 |
| Ruum 110 sekretär | 24,42 | 1,312 | 24,7 | 13,4 | 26,4 | -0,08 |
| Ruum 004 Keraamika | 21,32 | 0,423 | 21,3 | 16,3 | 22,5 | -0,10 |
| Ruum 201 | 21,06 | 0,788 | 21,2 | 18,0 | 23,3 | -0,09 |
| Võimla | 19,44 | 0,412 | 19,6 | 17,9 | 22,5 | 0,57 |
| Söökla saal 116 | 23,72 | 0,829 | 23,7 | 17,6 | 25,6 | -0,12 |
| Ruum 013 | 21,51 | 0,373 | 21,5 | 16,8 | 23,4 | 0,31 |
| Ruum 002 puutöö | 21,82 | 0,553 | 21,7 | 16,9 | 23,8 | -0,38 |
| Ruum 017 Käsitöö | 24,88 | 0,582 | 24,9 | 17,9 | 26,0 | -0,37 |
| Koridor 241 ukse kohal | 20,10 | 0,602 | 20,1 | 18,0 | 22,8 | 0,37 |
| Kokku | 22,00 | 1,842 | 21,6 | 13,4 | 26,4 | 0,00 |

Tabel 62. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Temperatuuri kokkuvõtteks võib väita, et Kiigemetsa koolis probleeme pole.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 162. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

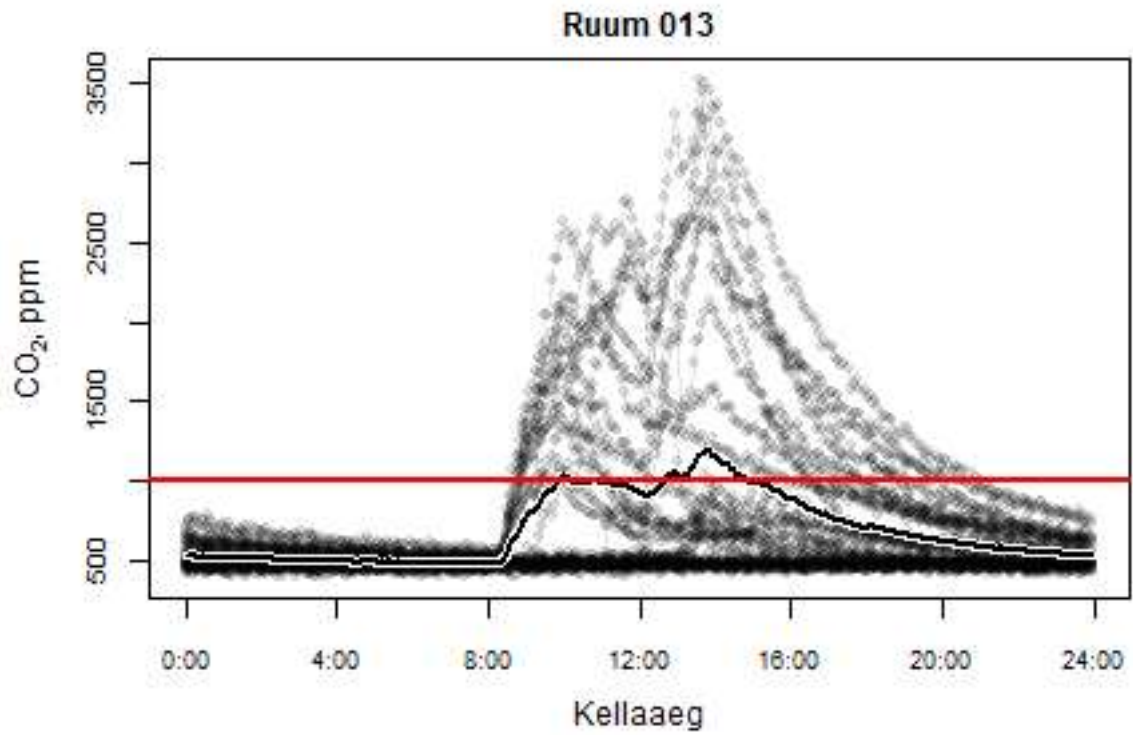
| . | Koridor tu | Ruum 110 | Ruum 004 | Ruum 201 | Võimla | Söökla saal | Ruum 013 | Ruum 002 | Ruum 017 | Koridor 24 | KOKKU |
|---------------------|------------|----------|----------|----------|--------|-------------|----------|----------|----------|------------|--------------|
| KOKKU | 8592 | 8592 | 8593 | 8592 | 8592 | 8592 | 8593 | 8593 | 8592 | 8495 | 85826 |
| Üle 1000 ppm | 47 | 267 | 10 | 1920 | 34 | 107 | 1152 | 285 | 47 | 622 | 4444 |
| Üle 1000 ppm | 0,5% | 3,1% | 0,1% | 22,3% | 0,4% | 1,2% | 13,4% | 3,3% | 0,5% | 7,3% | 5,2% |

Tabel 63. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

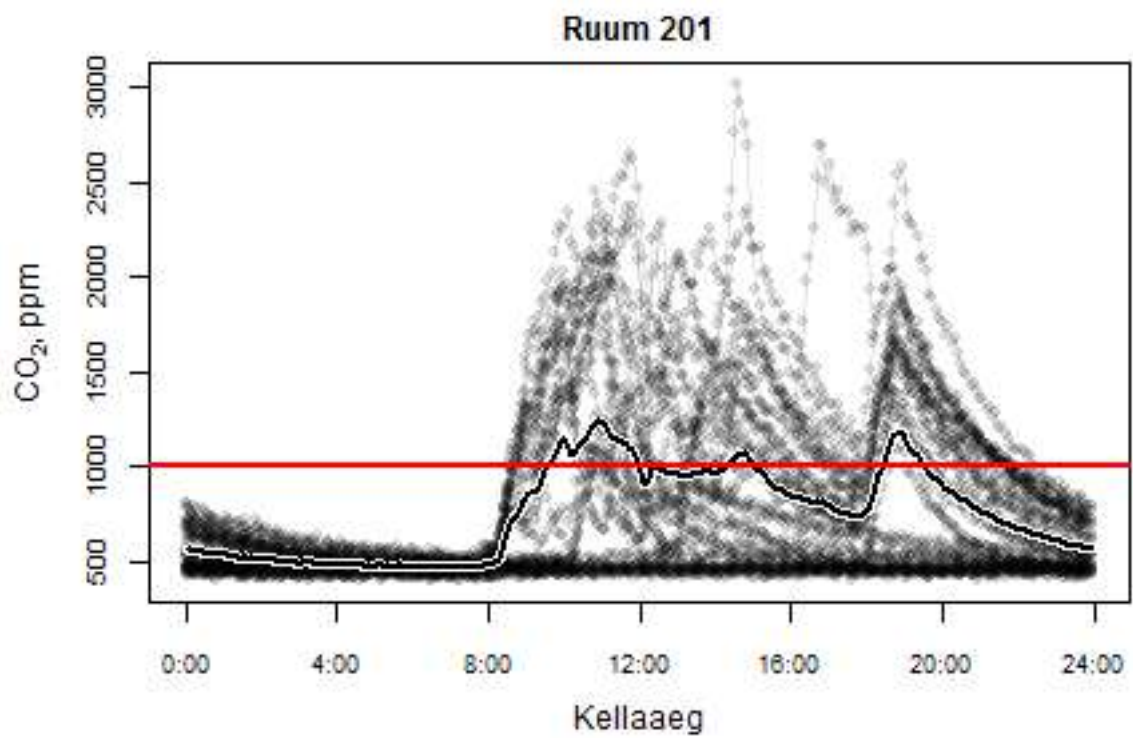
Graafikult 162 ja tabelist 63 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Lubatud normi ületamise protsent on vahemikus 0,5-22,3% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO₂ sisaldus lubatust kõrgem. Tabelist 64 näeme, et tundide ajal tõuseb keskmine CO₂ tase kahes klassiruumis üle lubatud piiri – 201 ja 013. Graafikutelt 163 ja 164 on näha, et nendes ruumides on õppetöö ajal näidud kohati 3000 ppm lähedal, mis on väga problemaatiline. Graafik 165 näitab, et koridoris on CO₂ sisaldus aeg-ajalt kõrge ööpäevaringselt.

| Ruum | Keskmine | Standardh | Mediaan | Miinum | Maksimu | Muutus |
|--------------------|---------------|---------------|------------|------------|-------------|--------------|
| | | hälve | | m | m | minutis |
| Ruum 004 Keraamika | 671,13 | 141,60 | 664 | 446 | 1918 | 0,952 |
| Ruum 201 | 1176,24 | 480,90 | 1106 | 414 | 3018 | 2,665 |
| Ruum 013 | 1135,58 | 722,89 | 830 | 418 | 3522 | 2,496 |
| Ruum 002 puutöö | 751,85 | 227,36 | 748 | 416 | 2046 | 1,946 |
| Ruum 017 Käsitöö | 594,60 | 134,10 | 568 | 425 | 2419 | 0,360 |
| Kokku | 865,87 | 476,80 | 693 | 414 | 3522 | 1,684 |

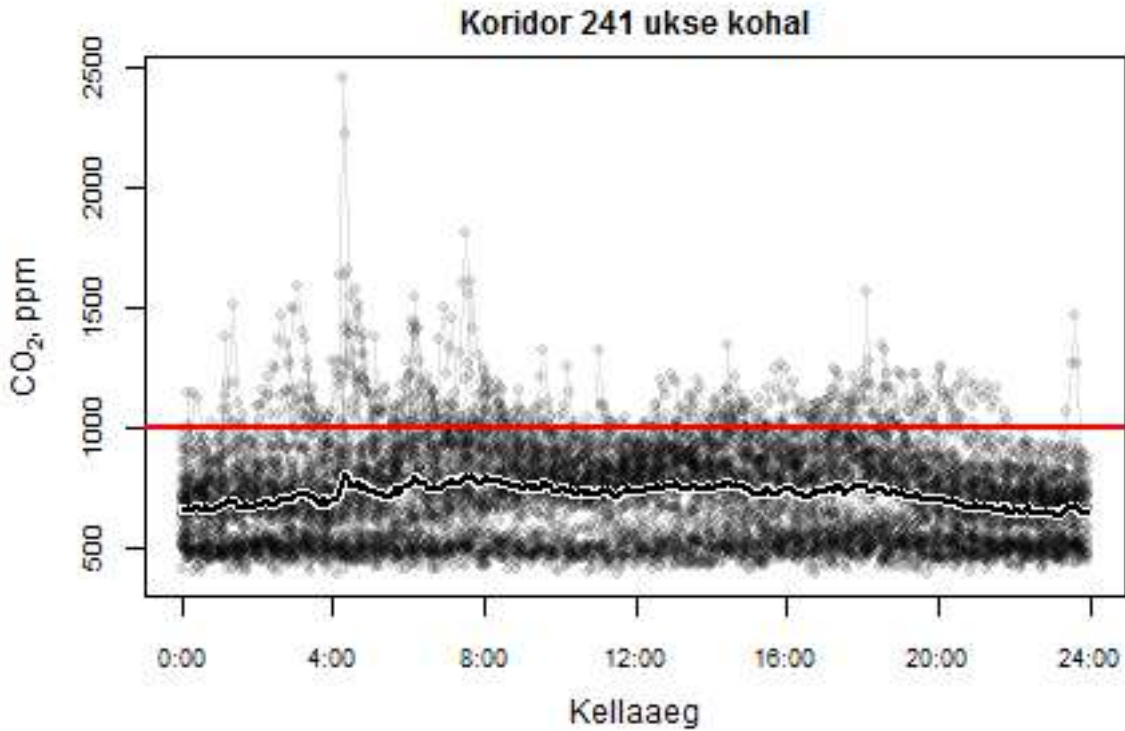
Tabel 64. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 163. CO₂ taseme muutus ruumis 013 ööpäeva lõikes



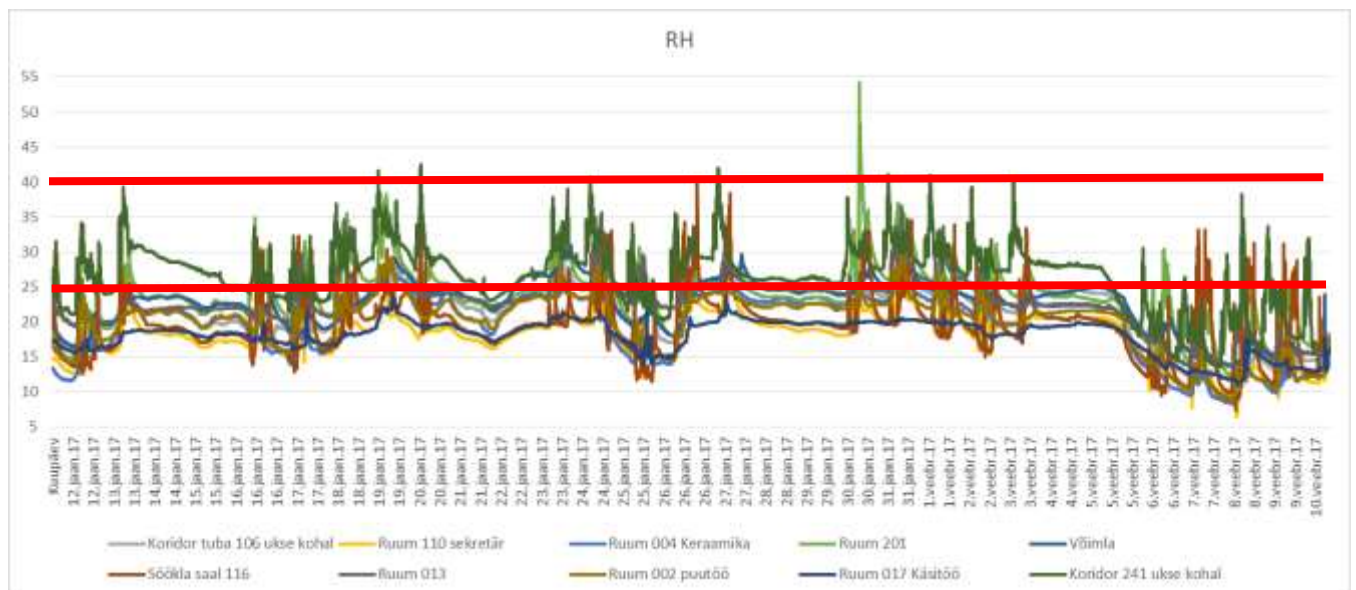
Graafik 164. CO₂ taseme muutus ruumis 201 ööpäeva lõikes



Graafik 165. CO₂ taseme muutus koridoris ruumi 241 ukse kohal ööpäeva lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Kiigemetsa Koolis probleeme. Mõnedel juhtudel (ruumides 201 ja 013) tõusevad tasemed õppetöö tundide ajal kuni 3000 ppm-ni. Kriitilise taseme alandamiseks tuleb leida võimalus ruumide välisõhuga tuulutamiseks kas läbi akende või siis intensiivistada sundventilatsiooniga õhuvahetust nimetatud ruumides. Soovitav on välistada õpilaste viibimine klassiruumides vahetundidel ning võimalusel tuulutada vahetundide ajal klassiruumi välisõhuga läbi akende.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 166. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| . | Koridor tu | Ruum 110 | Ruum 004 | Ruum 201 | Võimla | Söökla saal | Ruum 013 | Ruum 002 | Ruum 017 | Koridor 24 | KOKKU |
|------------------|------------|----------|----------|----------|--------|-------------|----------|----------|----------|------------|---------------|
| KOKKU | 8592 | 8592 | 8593 | 8592 | 8592 | 8592 | 8593 | 8593 | 8592 | 8495 | 77234 |
| alla 40 % | 8592 | 8592 | 8593 | 8579 | 8592 | 8591 | 8593 | 8593 | 8592 | 8475 | 77200 |
| alla 25 % | 7559 | 8455 | 7955 | 5566 | 6654 | 7878 | 6947 | 8185 | 8592 | 2433 | 62665 |
| alla 40 % | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 99,8% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 99,8% | 100,0% |
| alla 25 % | 88,0% | 98,4% | 92,6% | 64,8% | 77,4% | 91,7% | 80,8% | 95,3% | 100,0% | 28,6% | 81,1% |

Tabel 65. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 166 ja tabelist 65 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb oluliselt allapoole lubatud piirmäärasid. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid jaanuaris-veebruaris ning keskmine välistemperatuur oli $-3,31^{\circ}\text{C}$, siis tuleks arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Nagu on toodud tabelis 66, jäävad keskmised ruumiõhu suhtelised niiskused kõikides mõõdistatud ruumides alla lubatud näitaja. Tabel 67 näitab, et suhtelised õhuniiskused jäävad ka tundide ajal allapoole lubatud.

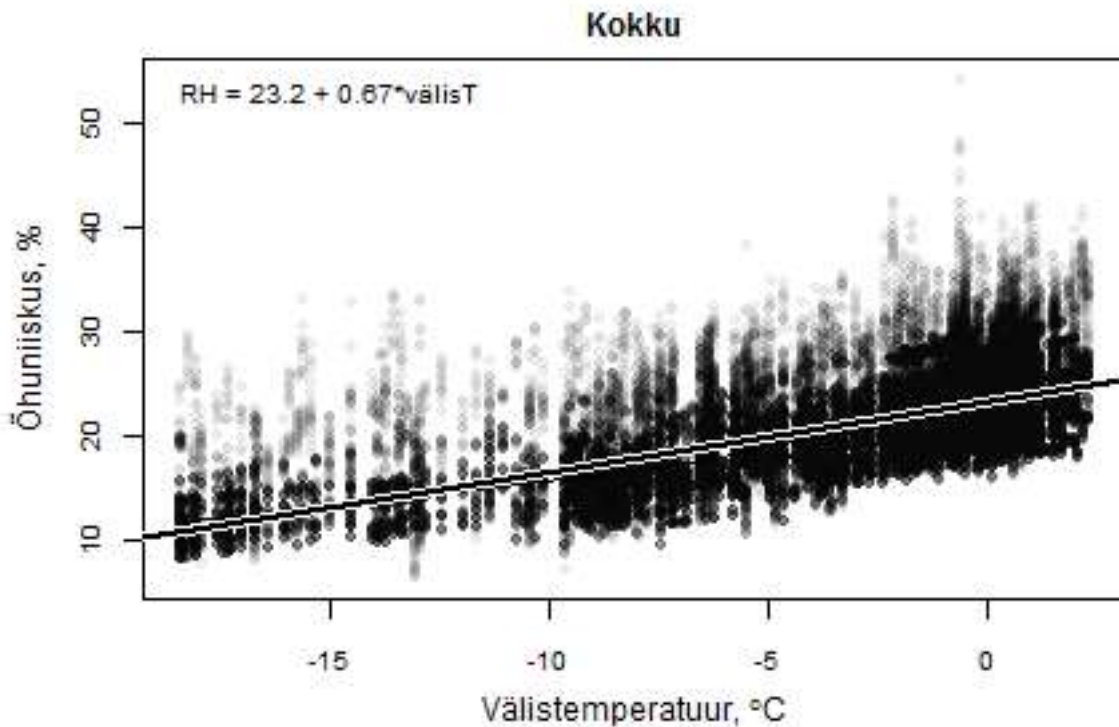
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|--------------------------------|--------------|--------------------|-------------|------------|--------------|------------------------------------|
| Koridor tuba 106 ukse kohal | 21,09 | 3,801 | 22 | 11,1 | 31 | 0,90 |
| Ruum 110 sekretär | 17,96 | 3,436 | 18,5 | 6,4 | 31,2 | 0,83 |
| Ruum 004 Keraamika | 19,80 | 4,682 | 21,7 | 8,2 | 30,1 | 0,92 |
| Ruum 201 | 23,80 | 4,310 | 23,6 | 11,9 | 54,2 | 0,66 |
| Võimla | 22,36 | 3,672 | 23,4 | 13,5 | 30,9 | 0,86 |
| Söökla saal 116 | 19,36 | 4,189 | 19,5 | 7,3 | 42,4 | 0,56 |
| Ruum 013 | 22,59 | 3,553 | 22,8 | 13,3 | 36,6 | 0,77 |
| Ruum 002 puutöö | 19,88 | 4,092 | 21,2 | 8,7 | 30,7 | 0,90 |
| Ruum 017 Käsitöö | 18,01 | 2,360 | 18,6 | 11,1 | 23,8 | 0,88 |
| Koridor 241 ukse kohal | 26,55 | 4,491 | 27,1 | 13,6 | 42,5 | 0,74 |
| Kokku | 21,13 | 4,679 | 21,3 | 6,4 | 54,2 | 0,66 |

Tabel 66. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

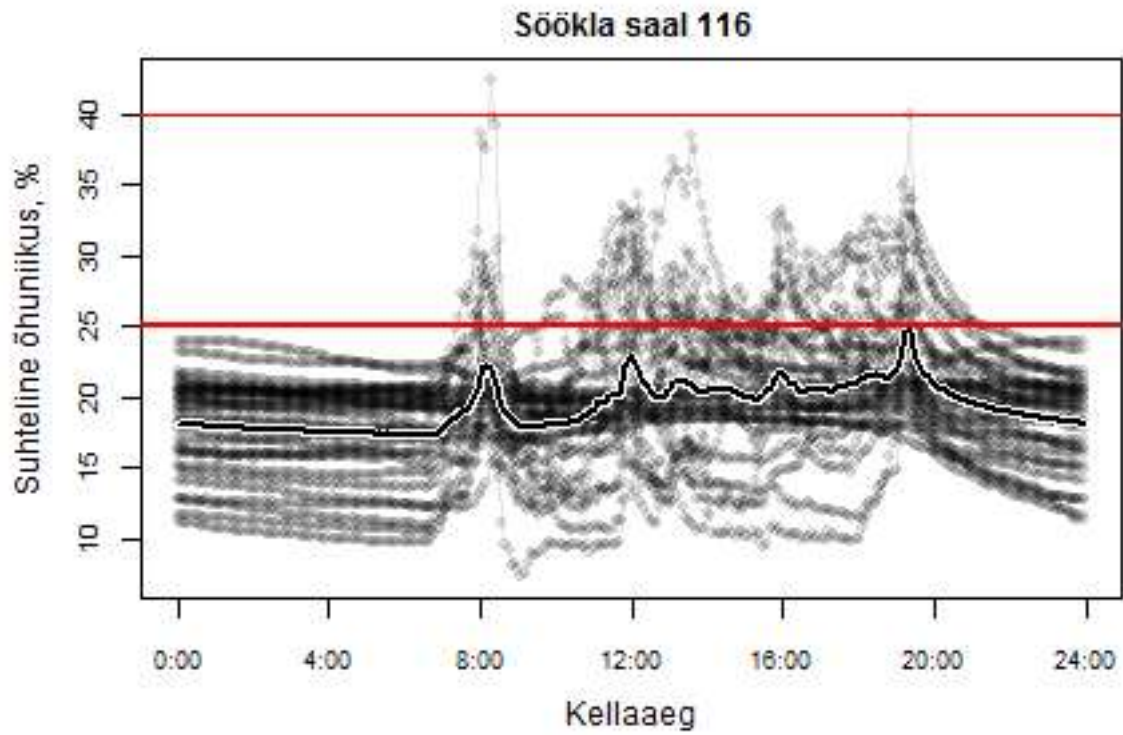
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|-----------------------|--------------|--------------------|-------------|------------|--------------|-------------------|
| Ruum 004 Keraamika | 20,16 | 5,03 | 22,1 | 9,5 | 30,1 | 0,009 |
| Ruum 201 | 25,67 | 5,12 | 25,8 | 13,1 | 54,2 | 0,025 |
| Ruum 013 | 23,67 | 4,54 | 23,8 | 13,3 | 36,6 | 0,014 |
| Ruum 002 puutöö | 20,66 | 4,58 | 21,2 | 9,0 | 30,7 | 0,018 |
| Ruum 017 Käsitöö | 17,68 | 2,78 | 18,2 | 11,1 | 23,8 | 0,002 |
| Kokku | 21,57 | 5,29 | 21,5 | 9,0 | 54,2 | 0,014 |

Tabel 67. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvkarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

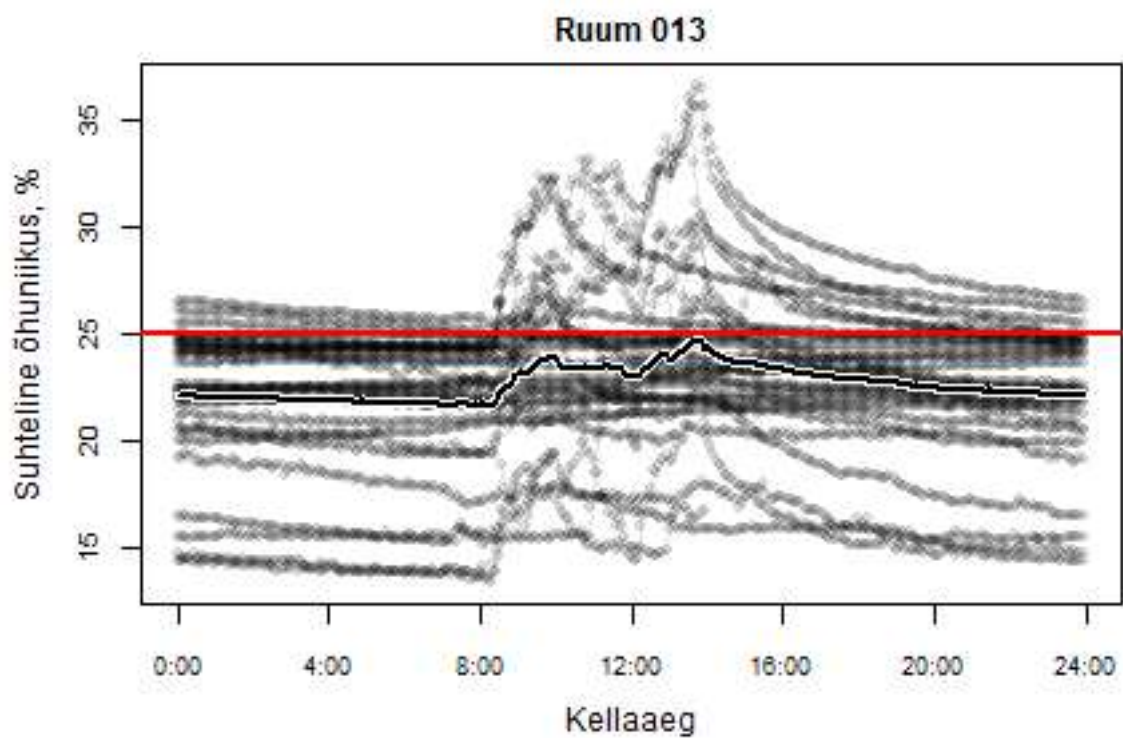
Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (tabel 66) on vahemikus 0,66-0,92 mis on tugeva seose näitaja. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $\text{siseRH} = 23,2 + 0,67 \cdot \text{välisT}$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,67% siseõhu suhtelise niiskuse muutust. Graafikutelt 168-171 on näha, et tundide ajal suhteline õhuniiskus tõuseb, kuid jääb enamasti siiski alla lubatud taset. Koridoris (graafik 172) suhtelise õhuniiskusega probleeme pole.



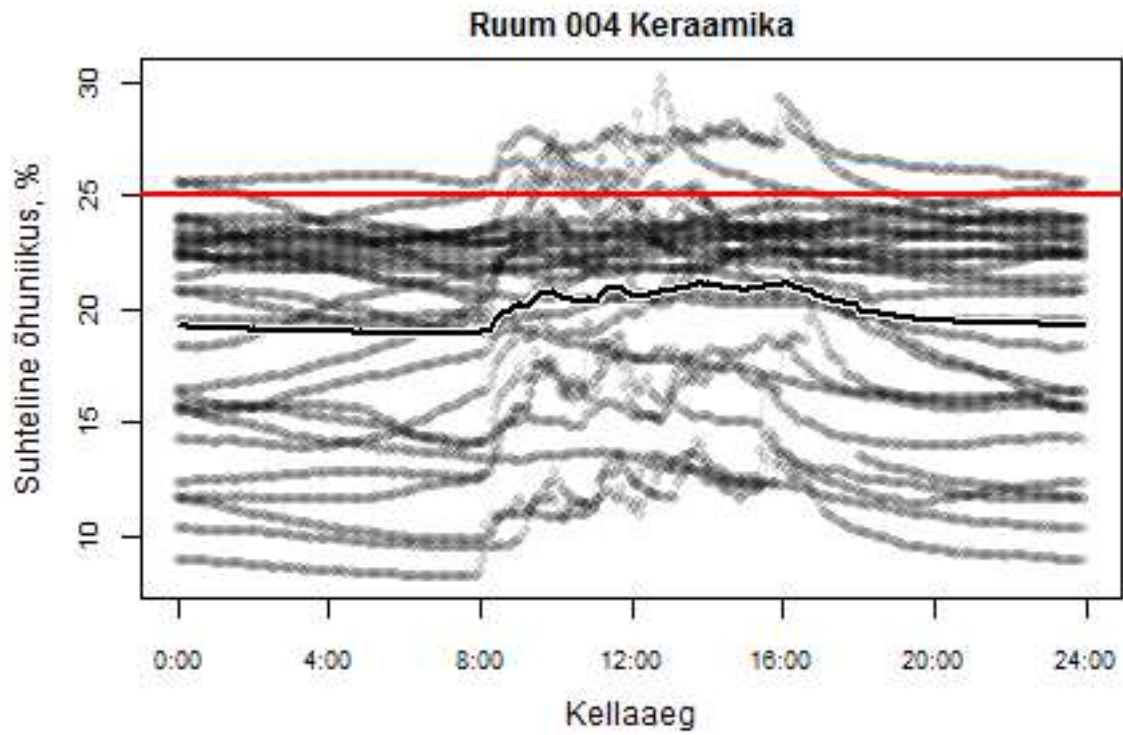
Graafik 167. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos



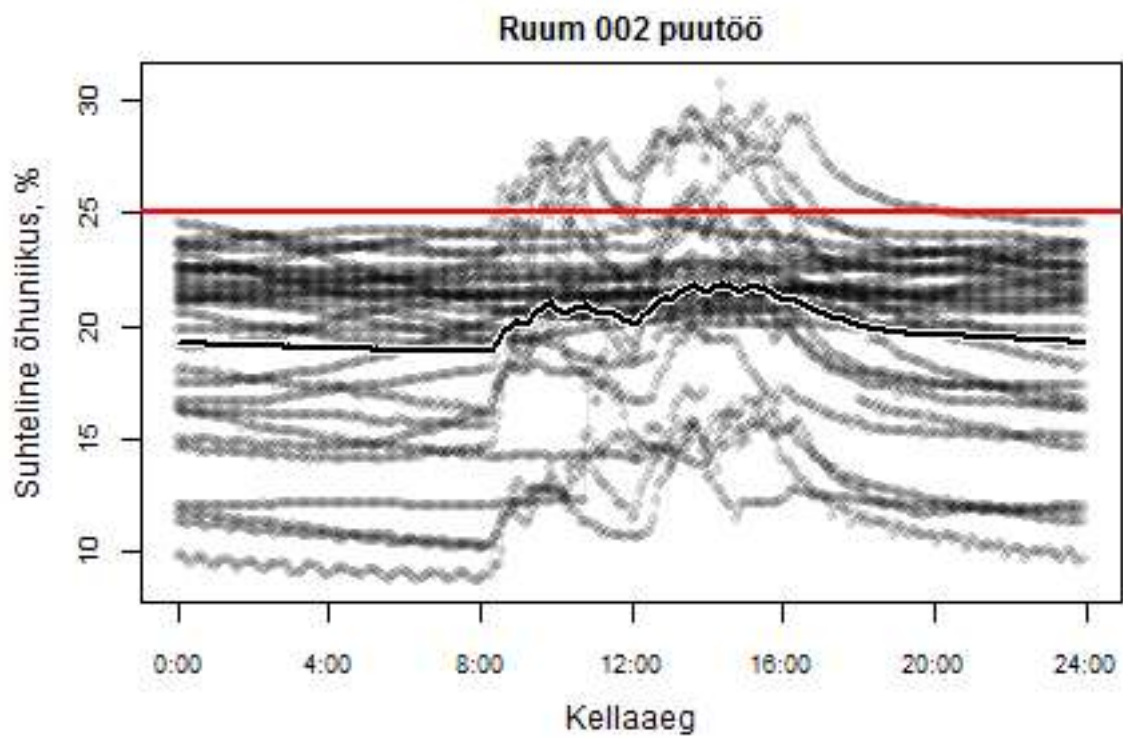
Graafik 168. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus söökla saalis 116 ööpäeva lõikes



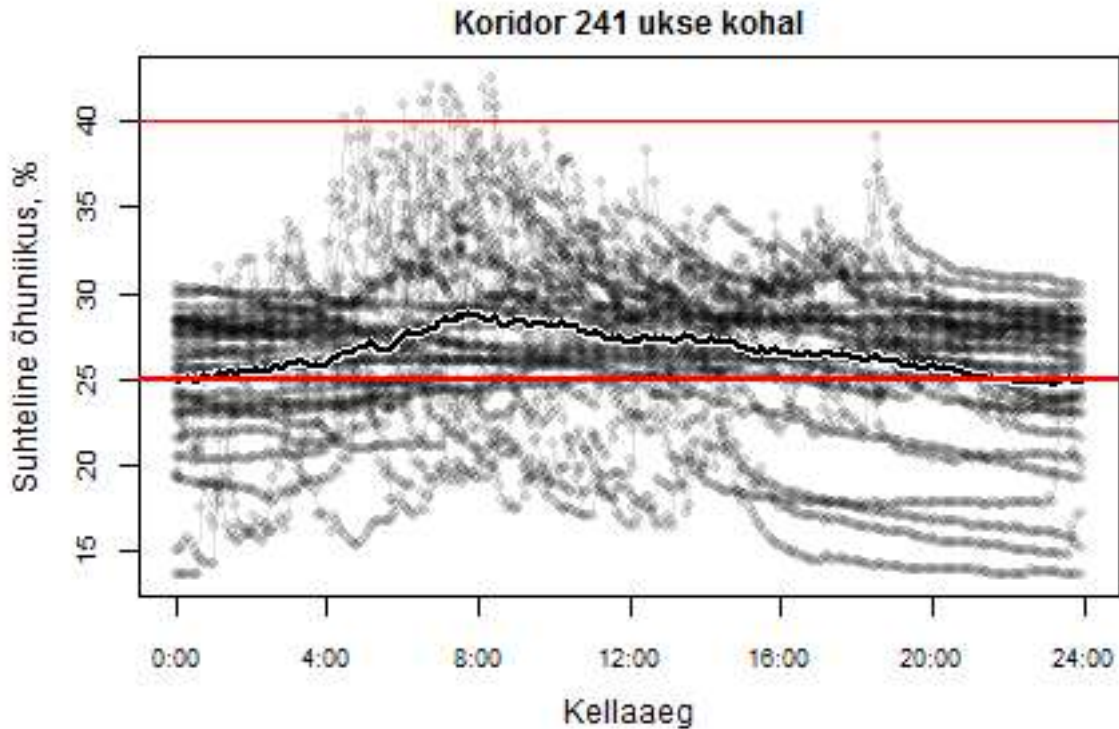
Graafik 169. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus ruumis 013 ööpäeva lõikes



Graafik 170. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus ruumis 004 keraamika ööpäeva lõikes



Graafik 171. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus ruumis 002 puutöö ööpäeva lõikes



Graafik 172. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus koridoris ruumi 241 ukse kohal ööpäeva lõikes

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Kiigemetsa Koolis keskmiselt tasemele 9,8%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitusseente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Valga Jaanikese Kool

Mõõdistuste aeg: 13.veebruar 2017 – 15.märts 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Õpetajate tuba
- Ruum 44
- Ruum 45
- Ruum 63 arvutiklass
- Saal
- Ruum 4 tööõpetus
- Söögisaal
- Tuba 7 õpilaskodu
- Ruum 88
- Ruum 92

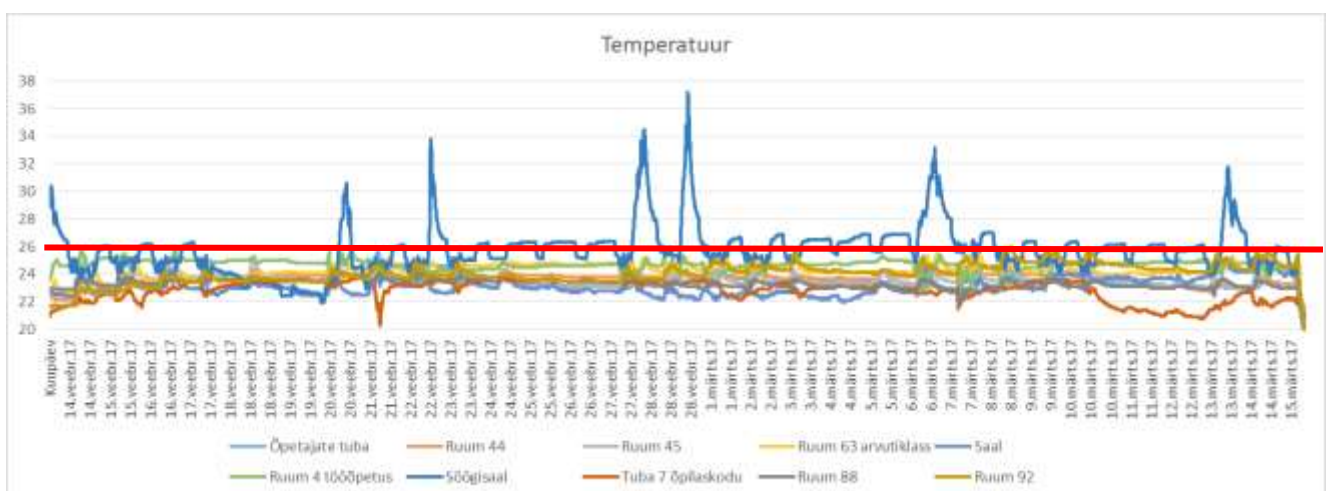
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamust ajast miinusgraadides. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli -8,3 kuni +7,2°C keskmine temperatuur +0,50°C
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,65 – 2,70 m põrandapinnast.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



Graafik 173. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

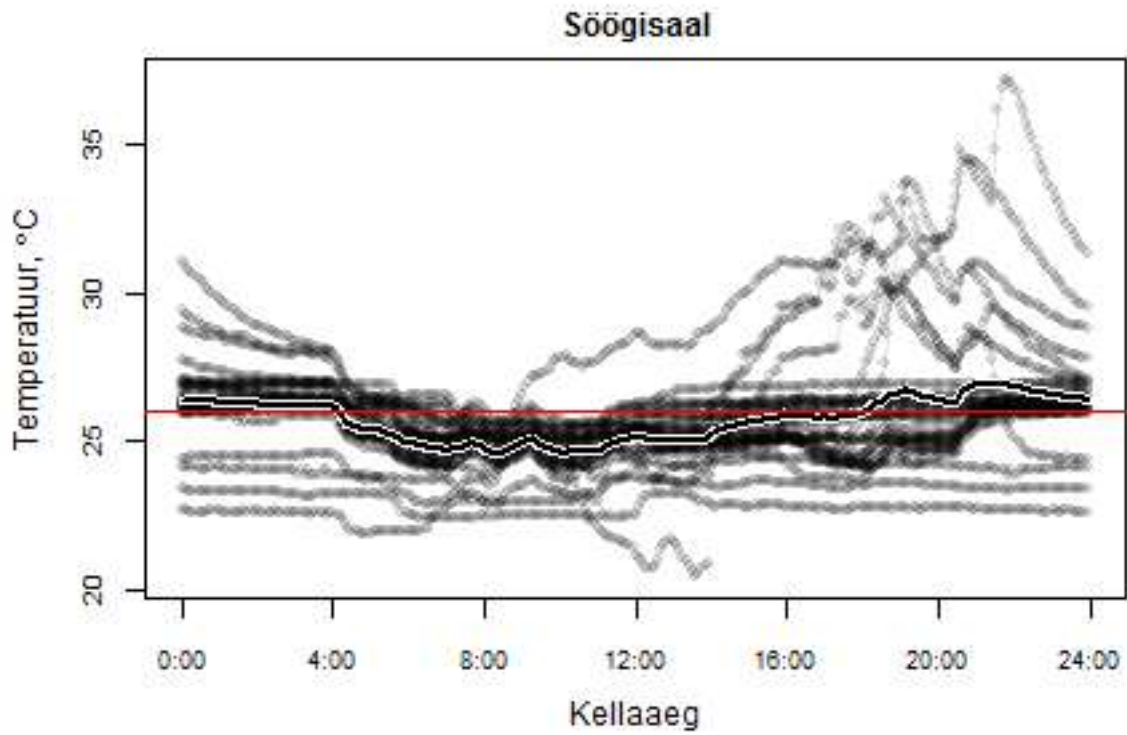
| . | Õpetajate | Ruum 44 | Ruum 45 | Ruum 63 | Saal | Ruum 4 tö | Söögisaal | Tuba 7 õp | Ruum 88 | Ruum 92 | KOKKU |
|-------------------|-----------|---------|---------|---------|------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|--------------|
| KOKKU | 8592 | 8593 | 8592 | 8593 | 8592 | 8593 | 8592 | 8545 | 8592 | 8592 | 85876 |
| Üle 26 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3257 | 0 | 0 | 0 | 3257 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 37,9% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 3,8% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |

Tabel 68. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

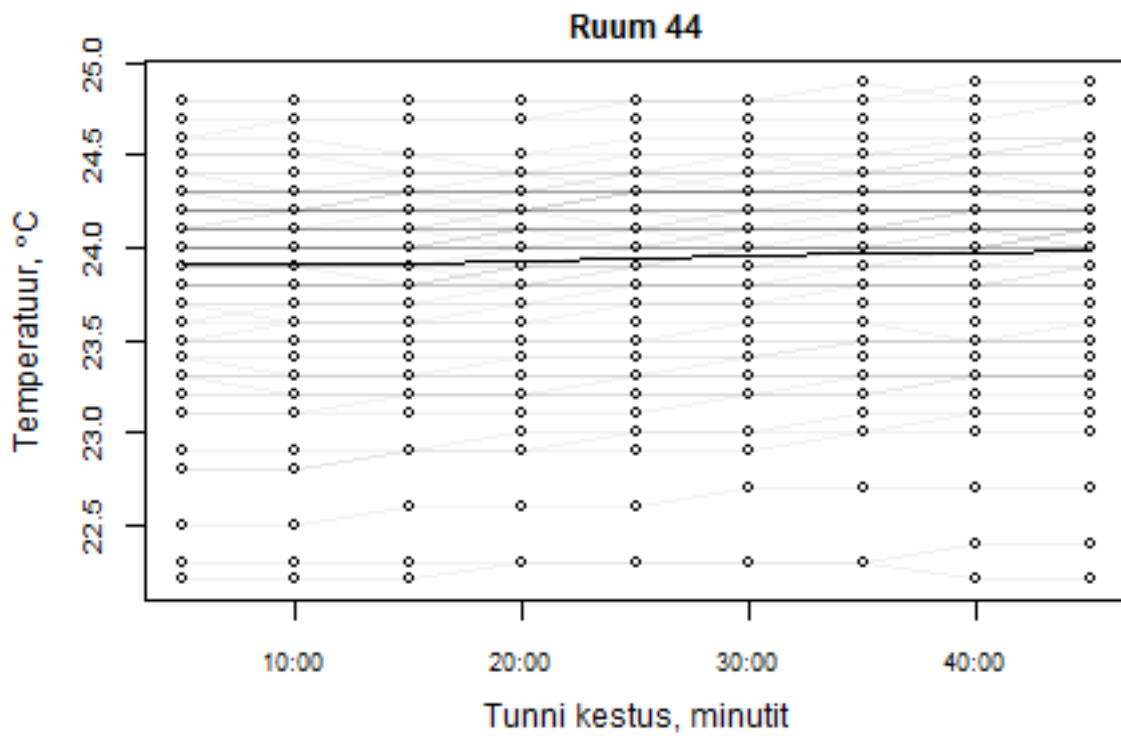
Graafikult 173 ja tabelist 68 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C ületatud vaid söögisaalis, kuid seal koguni 37,9% kogu mõõdistusperioodi jooksul. Graafikult 174 on näha, et temperatuur ületas lubatud piiri põhiliselt õhtu ja öötundidel. Vajalik on kontrollida nii suure ületamise põhjust. Tabelist 69 on näha, et korrelatsiooni sise- ja välisõhu temperatuuri vahel pole. Seega on välispiire soojapidav. Graafikutelt 175 ja 174 on näha, et õppetöö tundide ajal muutus temperatuur minimaalselt.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|---------------------|----------|--------------------|---------|----------|--------------|------------------------------------|
| Ruum 4 tööõpetus | 24,60 | 0,53 | 24,7 | 19,6 | 26,0 | -0,01 |
| Ruum 44 | 23,76 | 0,45 | 23,8 | 20,6 | 25,0 | 0,00 |
| Ruum 45 | 23,61 | 0,50 | 23,6 | 19,8 | 25,5 | 0,20 |
| Ruum 63 arvutiklass | 24,28 | 0,50 | 24,3 | 19,9 | 25,5 | -0,13 |
| Ruum 88 | 23,33 | 0,37 | 23,4 | 19,4 | 24,4 | 0,00 |
| Ruum 92 | 24,06 | 0,74 | 24,1 | 20,1 | 26,0 | 0,14 |
| Saal | 23,14 | 0,61 | 23,0 | 20,4 | 25,4 | -0,14 |
| Söögisaal | 25,72 | 1,77 | 25,6 | 20,4 | 37,2 | -0,18 |
| Tuba 7 õpilaskodu | 22,86 | 0,73 | 23,1 | 20,3 | 23,8 | -0,09 |
| Õpetajate tuba | 23,58 | 0,58 | 23,5 | 20,7 | 25,7 | 0,16 |
| Kokku | 23,90 | 1,11 | 23,7 | 19,4 | 37,2 | -0,02 |

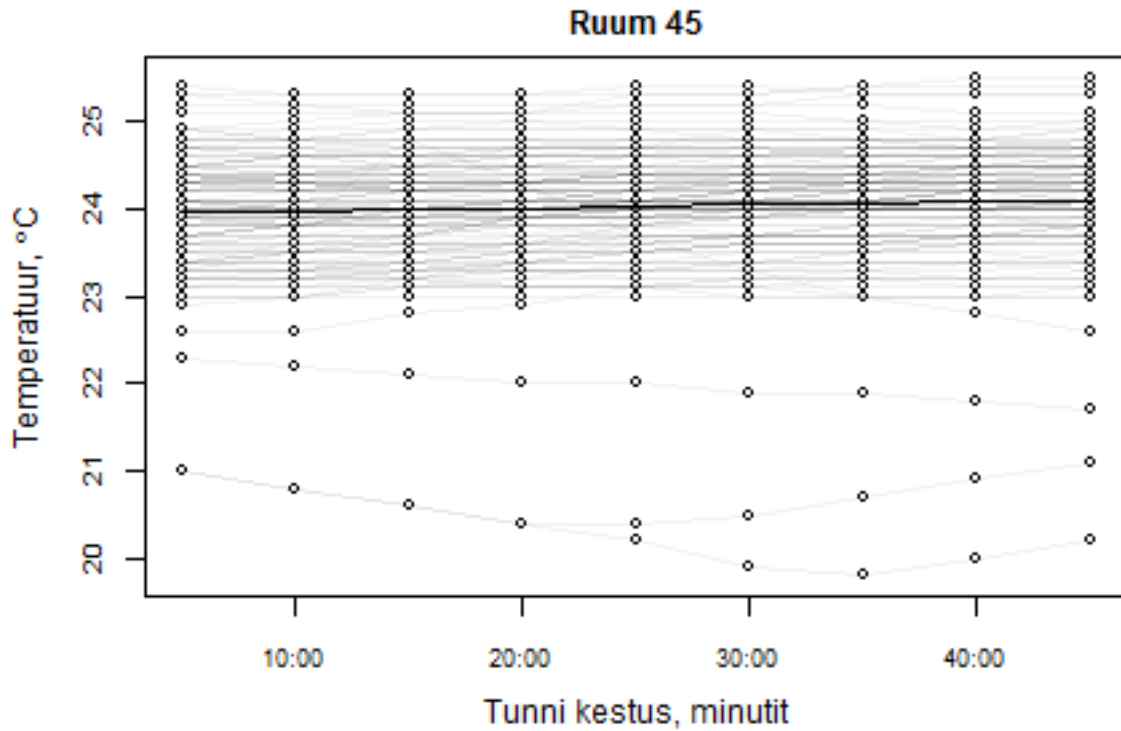
Tabel 69. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga



Graafik 174. Söögisaali temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



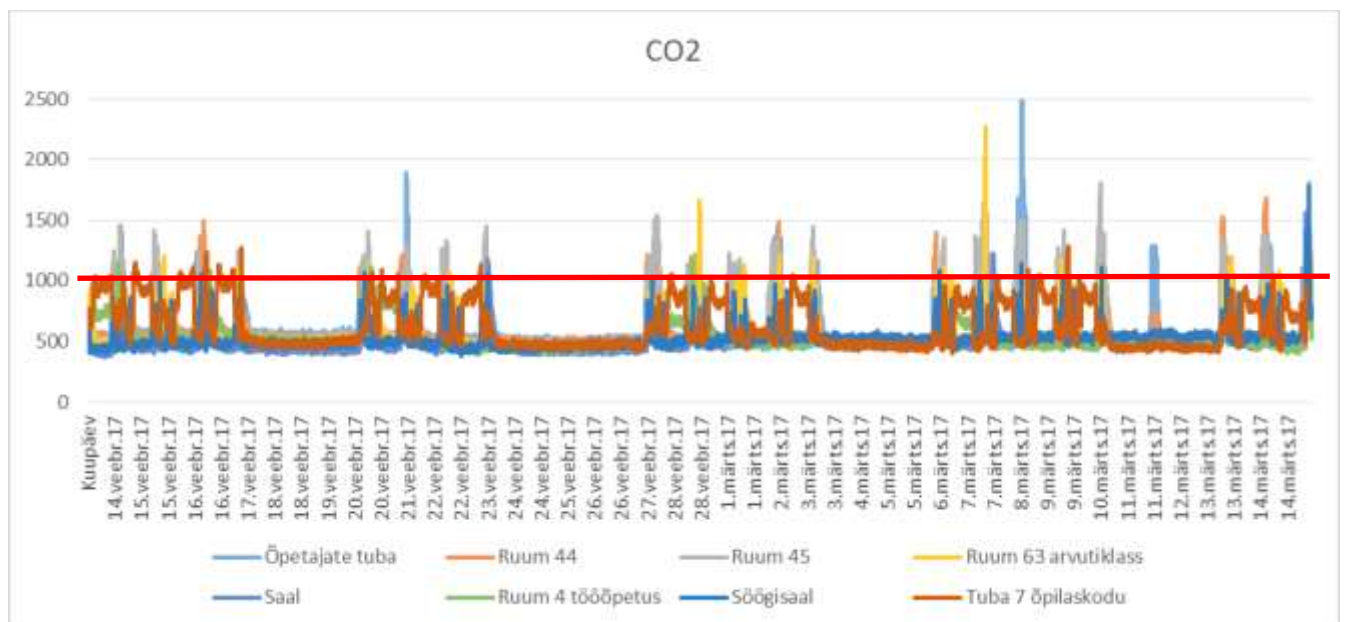
Graafik 175. Ruumi 44 temperatuuri muutus õppetöö tundide lõikes



Graafik 176. Ruumi 45 temperatuuri muutus õppetöö tundide lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et Valga Jaanikese koolis on temperatuur normaalne. Ainult söögisaalis tõuseb temperatuur kohati kuni 10°C üle lubatud temperatuuri.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.

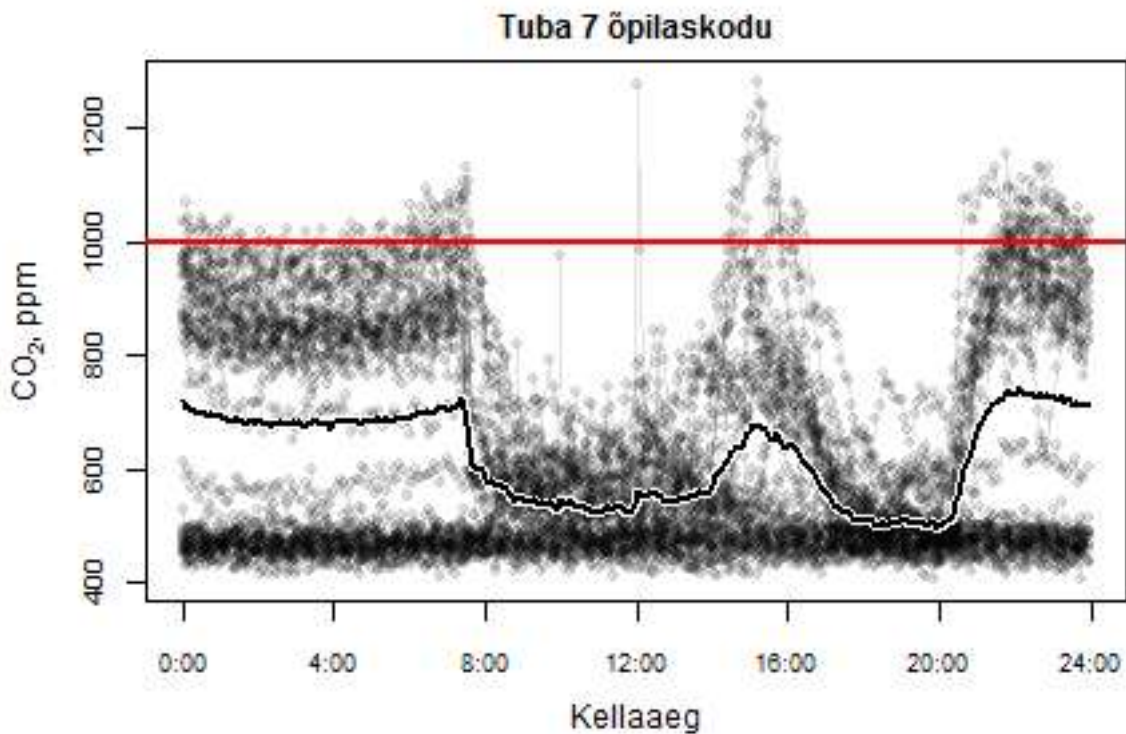


Graafik 177. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

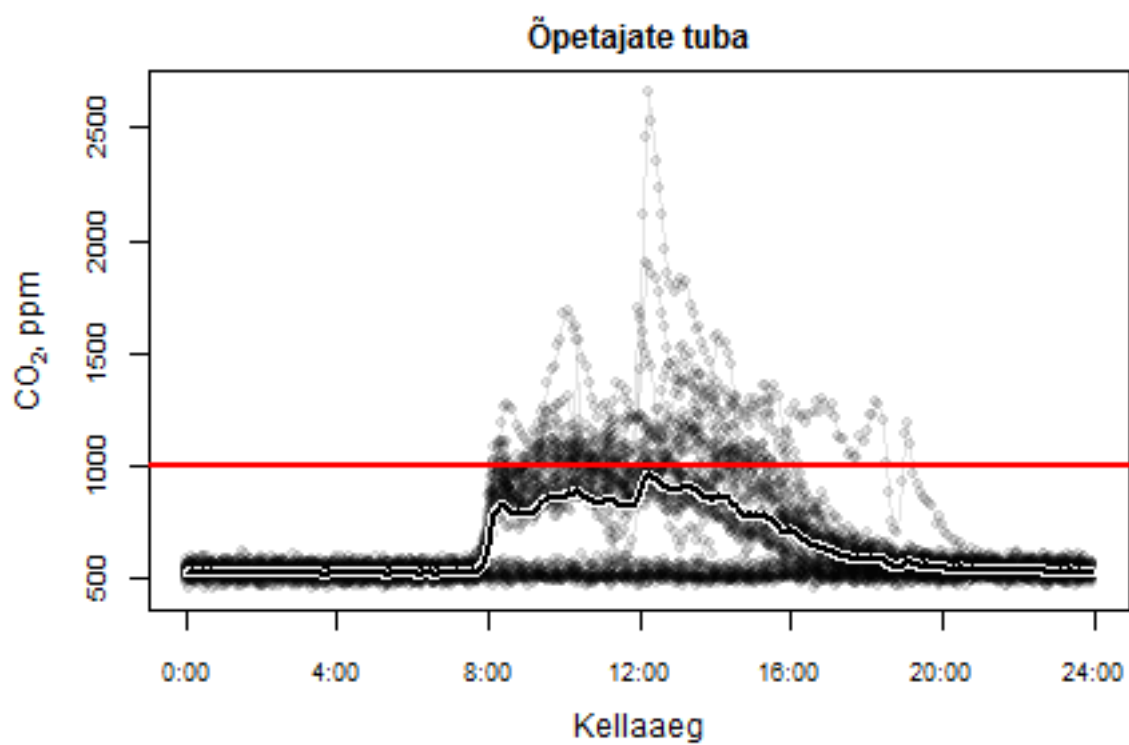
| | Õpetajate | Ruum 44 | Ruum 45 | Ruum 63 | Saal | Ruum 4 t | Söögisaal | Tuba 7 õpi | Ruum 88 | Ruum 92 | KOKKU |
|---------------------|-----------|---------|---------|---------|------|----------|-----------|------------|---------|---------|--------------|
| KOKKU | 8592 | 8593 | 8592 | 8593 | 8592 | 8593 | 8592 | 8545 | 8592 | 8592 | 85876 |
| Üle 1000 ppm | 783 | 529 | 782 | 162 | 44 | 50 | 33 | 280 | 14 | 191 | 2085 |
| Üle 1000 ppm | 9,1% | 6,2% | 9,1% | 1,9% | 0,5% | 0,6% | 0,4% | 3,3% | 0,2% | 2,2% | 2,4% |

Tabel 70. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

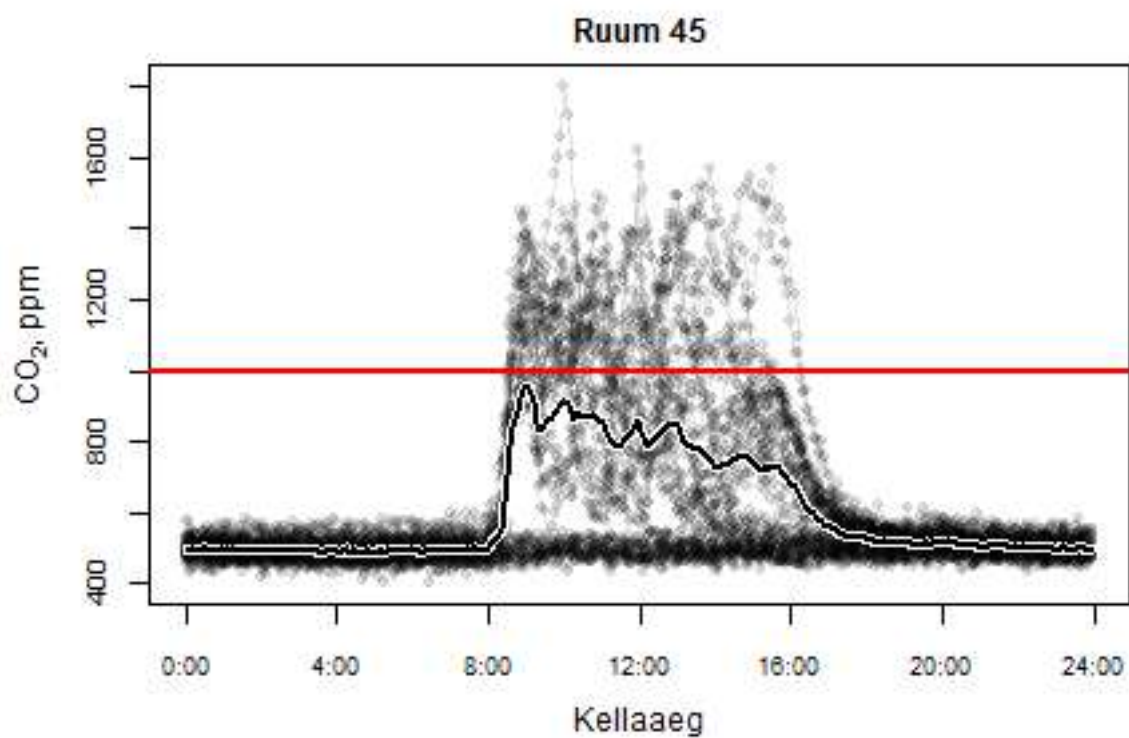
Graafikult 177 ja tabelist 70 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Lubatud normi ületamise protsent on vahemikus 0,5-9,1% kogu mõõtmisperioodi ajast. Kõige problemaatilisemad ruumid on õpetajate tuba, ruumid 44, 45 ja õpilaskodu tuba 7. Ülejäänud ruumides jäi ületamise kordade arv alla 2% kogu mõõtmiste ajast. Õpilaskodu toas on ületamiste aeg öötundidel ja kella 16 paiku pärastlõunal (graafik 178). Õpetajate toas ja ruumides 44 ning 45 ületati lubatud CO₂ tase vahemikus 8.00 – 16.30 (graafikud 179, 180 ja 182). Ruumides 44 ja 45 oli tundide ajal oluline CO₂ taseme tõus (graafikud 181 ja 183).



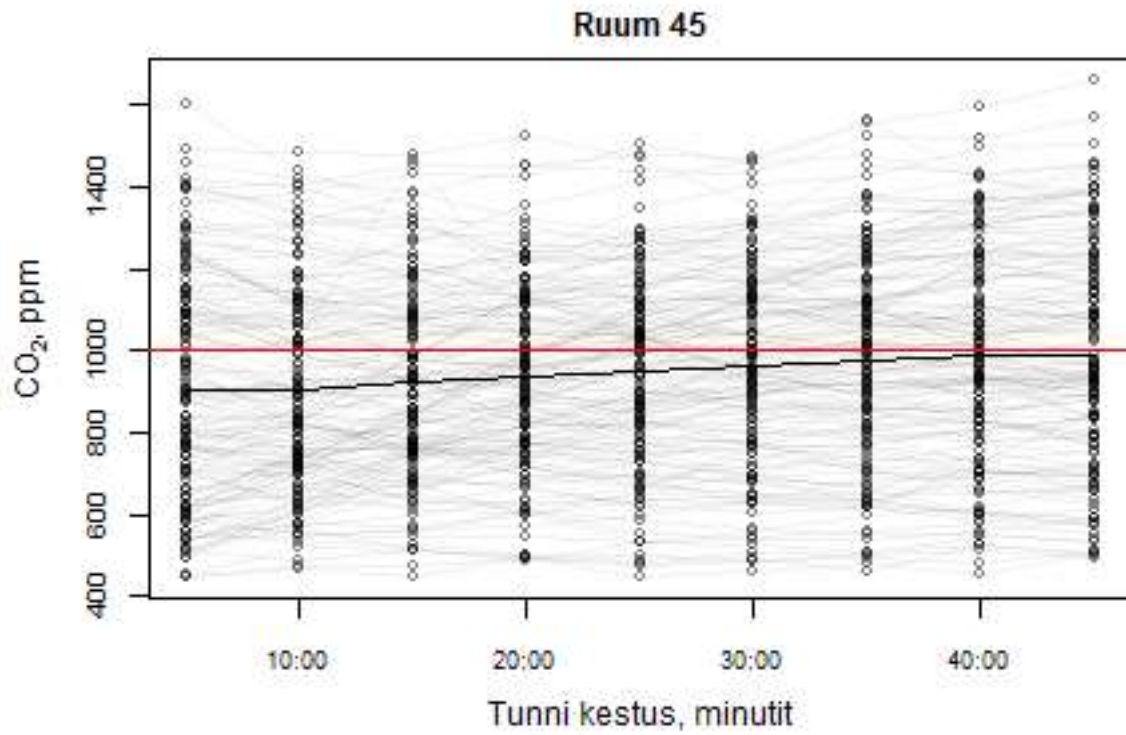
Graafik 178. CO₂ taseme muutus õpilaskodu toas 7 ööpäeva lõikes



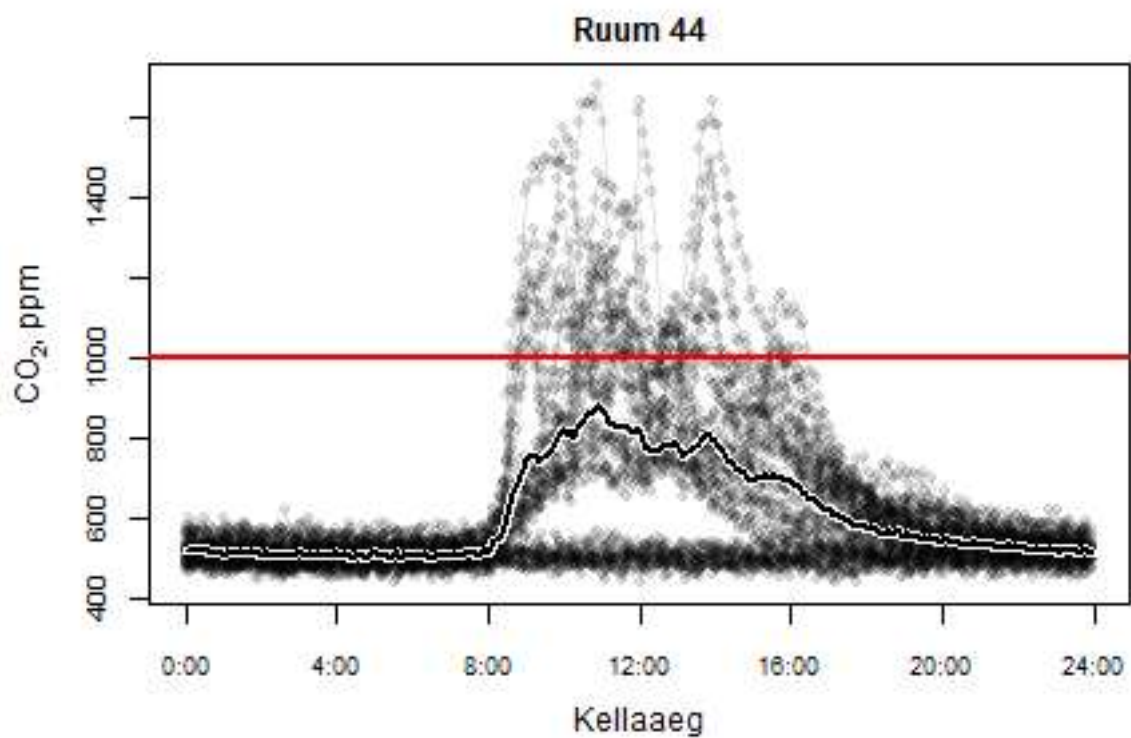
Graafik 179. CO₂ taseme muutus õpetajate toas ööpäeva lõikes



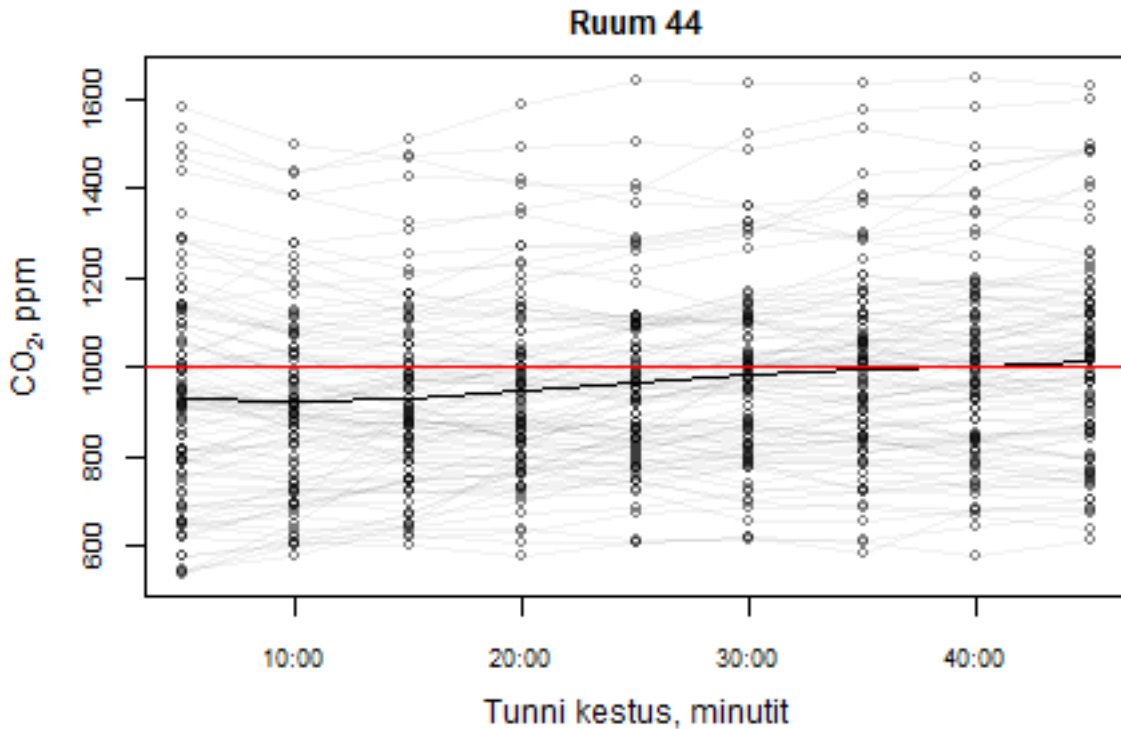
Graafik 180. CO₂ taseme muutus ruumis 45 ööpäeva lõikes



Graafik 181. CO₂ taseme muutus ruumis 45 õppetöö tunni lõikes



Graafik 182. CO₂ taseme muutus ruumis 44 ööpäeva lõikes



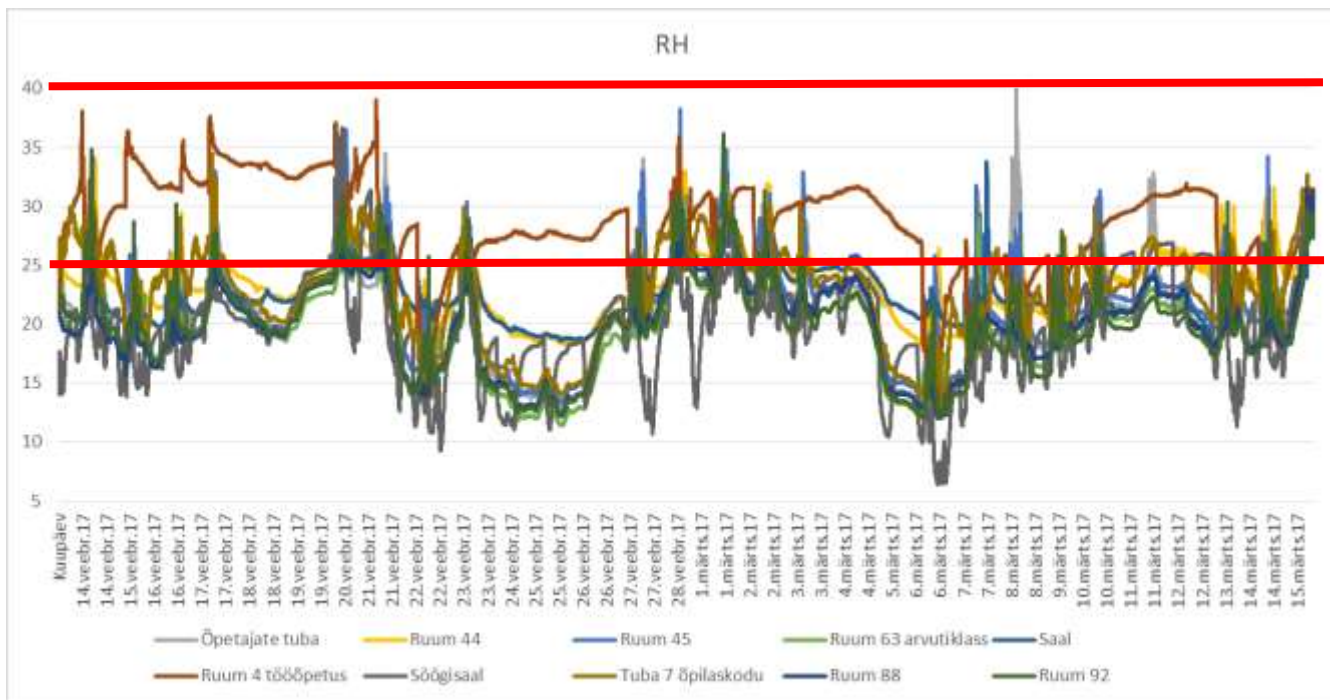
Graafik 183. CO₂ taseme muutus ruumis 44 õppetöö tunni lõikes

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|---------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-------------------|
| Ruum 4 tööõpetus | 639,9 | 131,7 | 607,5 | 451 | 1184 | 1,168 |
| Ruum 44 | 965,1 | 212,8 | 951 | 532 | 1648 | 2,480 |
| Ruum 45 | 949,4 | 247,5 | 940 | 445 | 1662 | 2,488 |
| Ruum 63 arvutiklass | 749,7 | 190,7 | 715 | 427 | 2056 | 1,855 |
| Ruum 88 | 695,6 | 121,1 | 686 | 450 | 1489 | 2,142 |
| Ruum 92 | 812,2 | 172,5 | 824 | 404 | 1526 | 1,245 |
| Kokku | 811,9 | 222,7 | 776 | 404 | 2056 | 1,963 |

Tabel 71. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvukarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Valga Jaanikese koolis väheseid probleeme. Ruumides 44 ja 45 on CO₂ keskmine tase väga lähedal lubatud maksimaalsele tasemele, õppetöö tundide lõpus ületatakse lubatud tase sageli (tabel 71). Samas ületatakse 2000 ppm tase tundide ajal väga harva. Kriitilise taseme alandamiseks tuleb leida võimalus ruumide välisõhuga tuulutamiseks kas läbi akende või siis intensiivistada sundventilatsiooniga õhuvahetust nimetatud ruumides. Soovitav on välistada õpilaste viibimine klassiruumides vahetundidel ning võimalusel tuulutada vahetundide ajal klassiruumi välisõhuga läbi akende.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 184. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperiodi ulatuses.

| | Õpetajate | Ruum 44 | Ruum 45 | Ruum 63 a | Saal | Ruum 4 tö | Söögisaal | Tuba 7 õpi | Ruum 88 | Ruum 92 | KOKKU |
|------------------|-----------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-----------|------------|---------|---------|---------------|
| KOKKU | 8592 | 8593 | 8592 | 8593 | 8592 | 8593 | 8592 | 8545 | 8592 | 8592 | 77284 |
| alla 40 % | 8591 | 8593 | 8592 | 8593 | 8592 | 8593 | 8592 | 8545 | 8592 | 8592 | 77284 |
| alla 25 % | 7157 | 5913 | 7101 | 8149 | 7278 | 1977 | 7590 | 5969 | 7953 | 7720 | 59650 |
| alla 40 % | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| alla 25 % | 83,3% | 68,8% | 82,6% | 94,8% | 84,7% | 23,0% | 88,3% | 69,9% | 92,6% | 89,9% | 77,2% |

Tabel 72. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 184 ja tabelist 72 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb oluliselt allapoole lubatud piirmäärasid. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid veebruaris-märts ning keskmine välistemperatuur oli +0,50°C, siis tuleks arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Nagu on toodud tabelis 73, on korrelatsioon välistemperatuuri ja siseõhu suhtelise õhuniiskuse vahel tugev. Ainult tööõpetuse ruumis 4 on korrelatsioon nõrk.

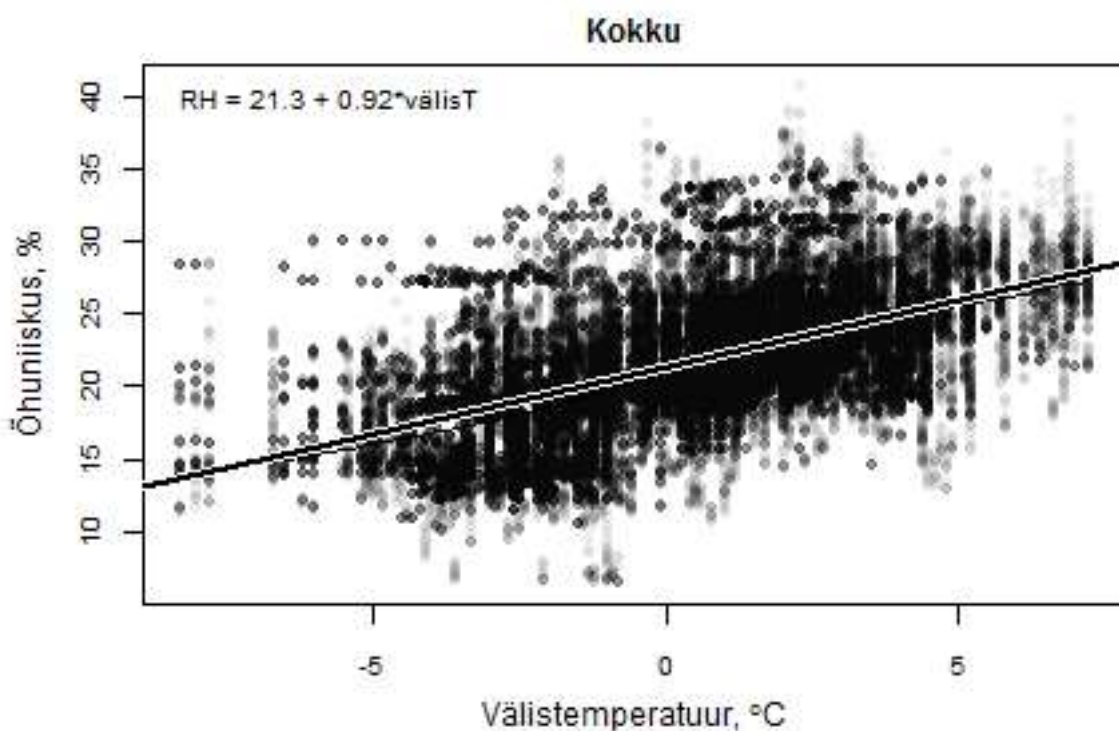
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|---------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| Ruum 4 tööõpetus | 27,88 | 4,55 | 28,5 | 12,9 | 39,0 | 0,31 |
| Ruum 44 | 23,57 | 2,75 | 23,8 | 15,3 | 34,1 | 0,70 |
| Ruum 45 | 21,51 | 4,04 | 21,6 | 13,3 | 38,2 | 0,72 |
| Ruum 63 arvutiklass | 19,57 | 3,70 | 19,8 | 11,4 | 31,8 | 0,77 |
| Ruum 88 | 19,98 | 3,69 | 20 | 12,0 | 32,5 | 0,79 |
| Ruum 92 | 19,97 | 3,93 | 20 | 12,0 | 36,1 | 0,76 |
| Saal | 22,34 | 2,35 | 22 | 17,8 | 33,8 | 0,56 |
| Söögisaal | 19,70 | 4,51 | 19,7 | 6,4 | 36,7 | 0,58 |
| Tuba 7 õpilaskodu | 22,54 | 3,99 | 23,3 | 12,9 | 34,5 | 0,68 |
| Õpetajate tuba | 21,21 | 4,25 | 21,3 | 12,9 | 40,7 | 0,75 |

| | | | | | | |
|-------|-------|------|------|-----|------|------|
| Kokku | 21,83 | 4,52 | 21,7 | 6,4 | 40,7 | 0,55 |
|-------|-------|------|------|-----|------|------|

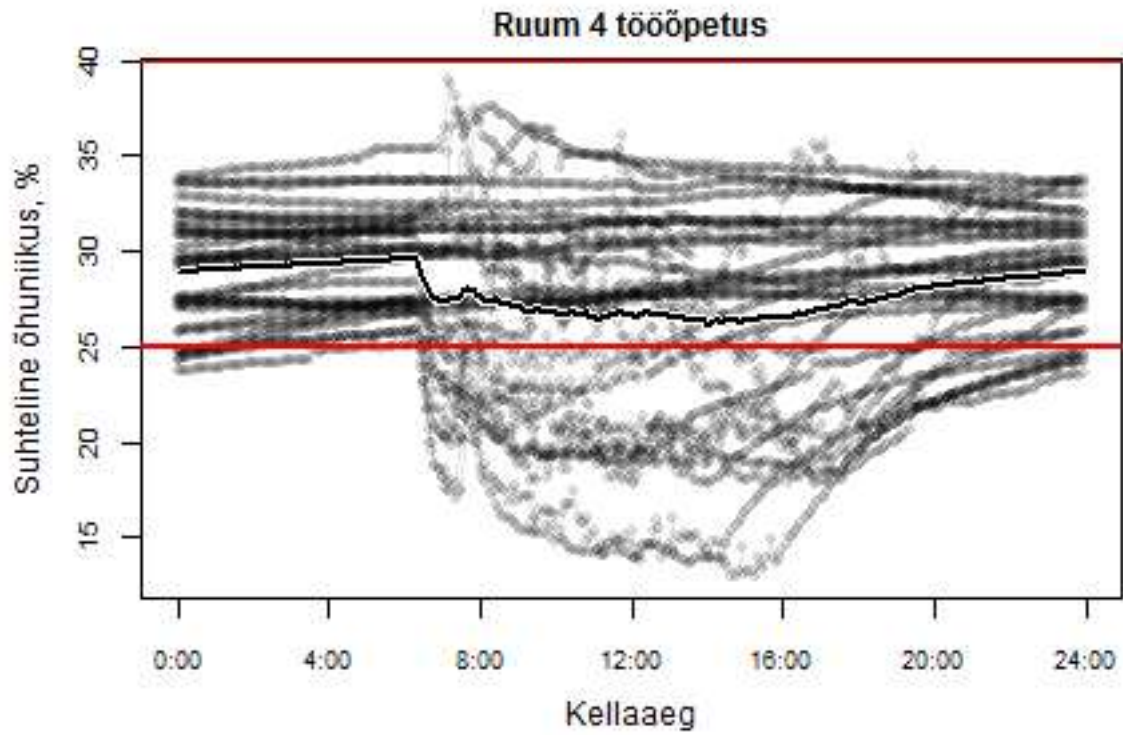
Tabel 73. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (tabel 73) on vahemikus 0,31-0,79 mis on tugeva seose näitaja. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=21,3+0,92*\text{välis}T$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,92% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.

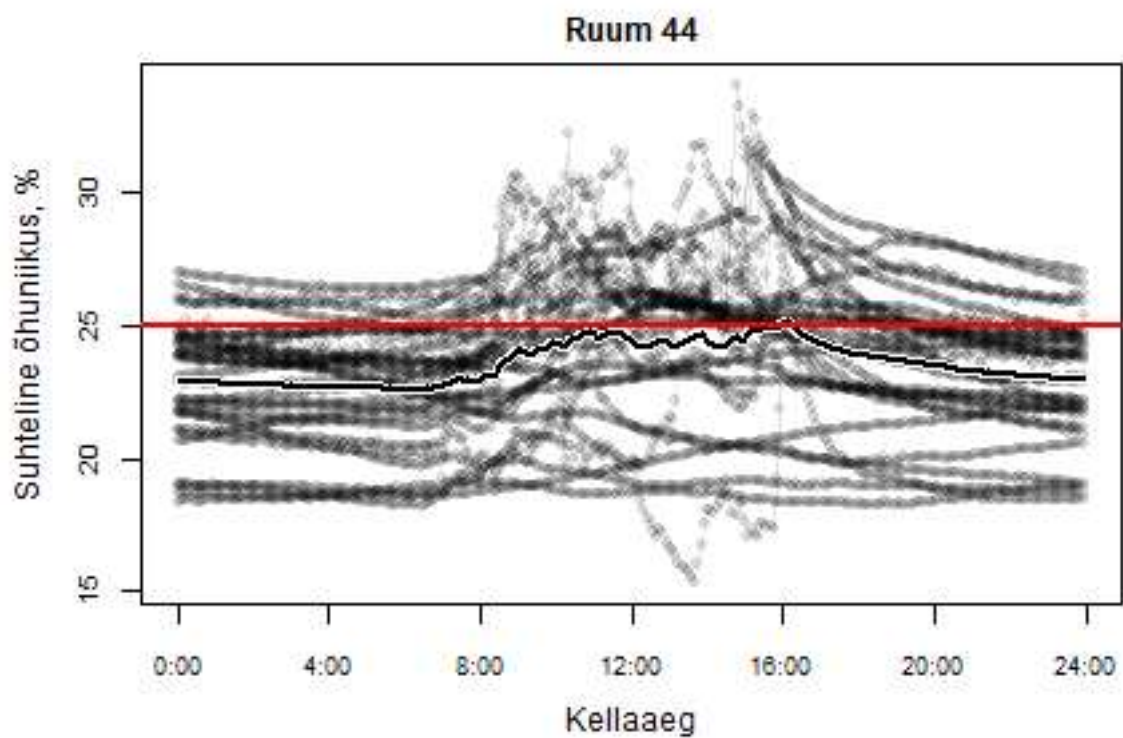
Graafikutelt 186-190 on näha, et tavaliselt tundide ajal suhteline õhuniiskus tõuseb kuid tööpäetuse ruumis langeb. Suure tõenäosusega lülitatakse puutöö klassis tunni alguses sisse



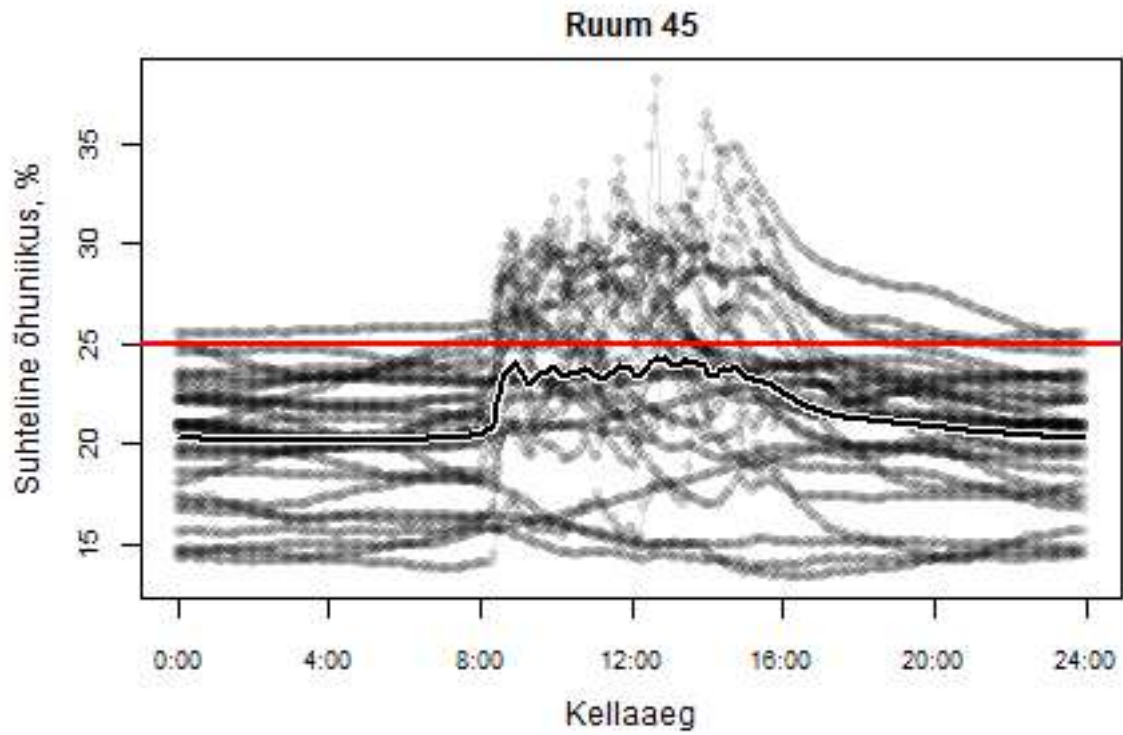
Graafik 185. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos



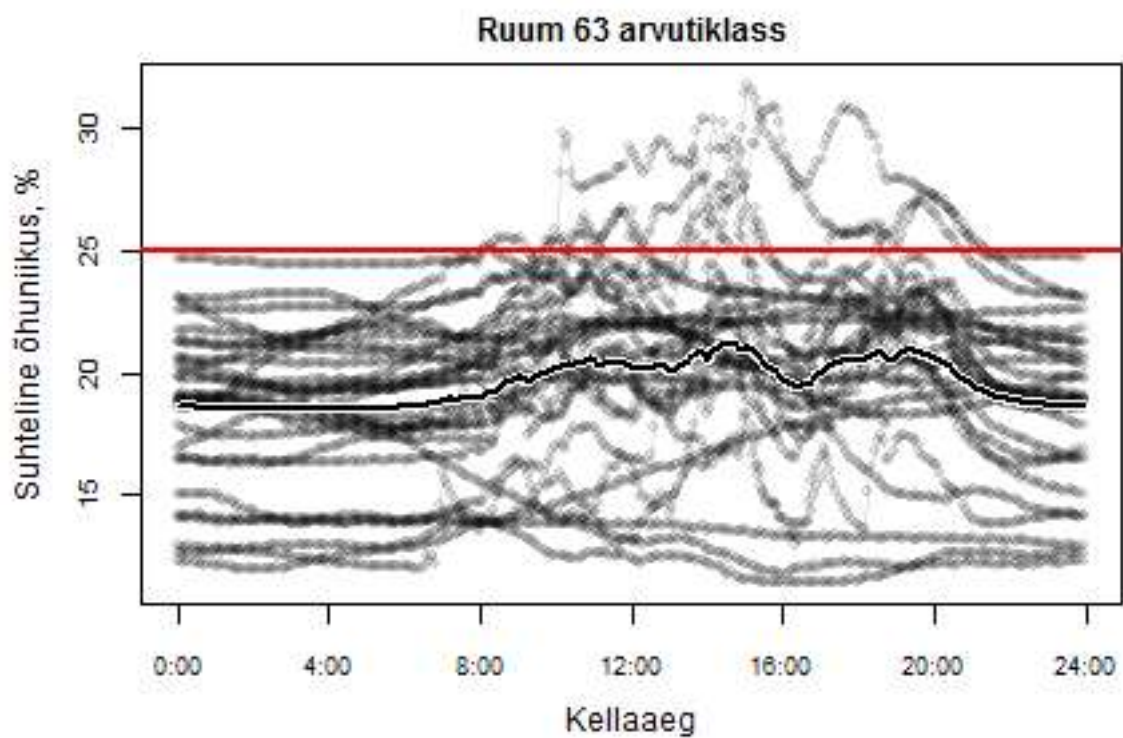
Graafik 186. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus tööõpetuse ruumis 4 ööpäeva lõikes



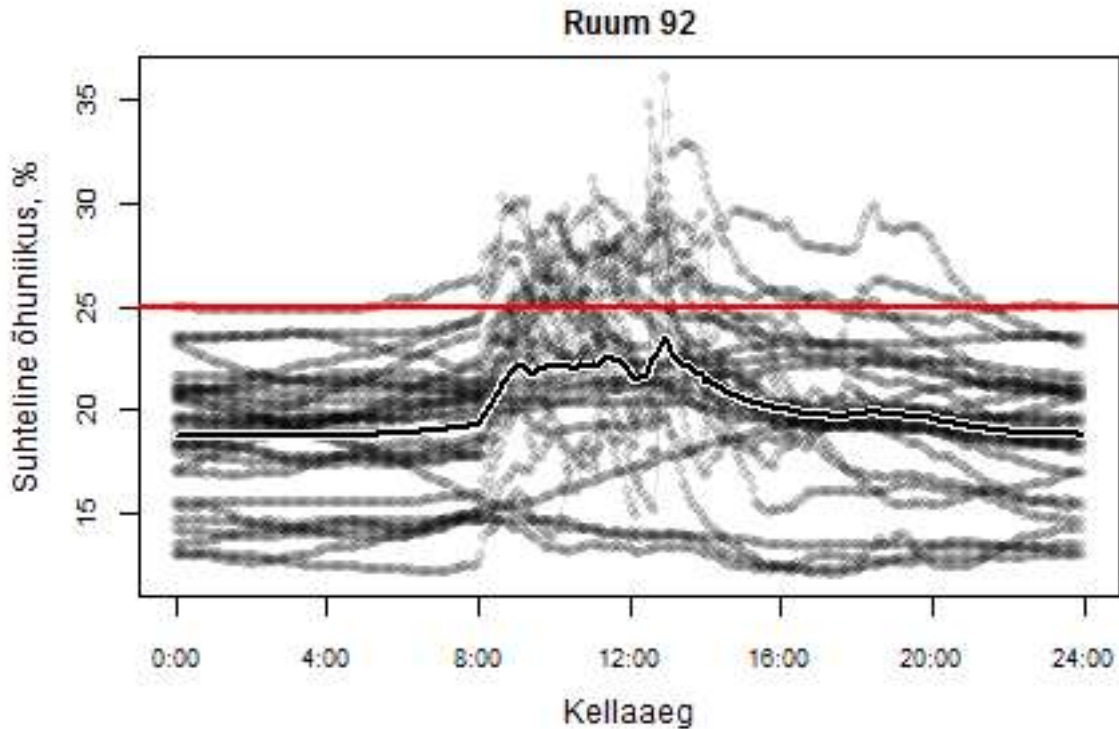
Graafik 187. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus ruumis 44 ööpäeva lõikes



Graafik 188. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus ruumis 45 ööpäeva lõikes



Graafik 189. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus ruumis 63 ööpäeva lõikes



Graafik 190. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus ruumis 44 ööpäeva lõikes

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Valga Jaanikese Koolis keskmiselt tasemele 2,9%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitusspore arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Kammeri Kool

Mõõdistuste aeg: 13.veebruar 2017 – 15.märts 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Ruum 154
- Ruum 157 söökla
- Ruum 173 raamatukogu
- Ruum 260
- Ruum 264
- Ruum 258
- Ruum 238 õpilaskodu puhkeruum
- Ruum 114
- Võimla treenerite ruum
- Tööõpetuse ruum

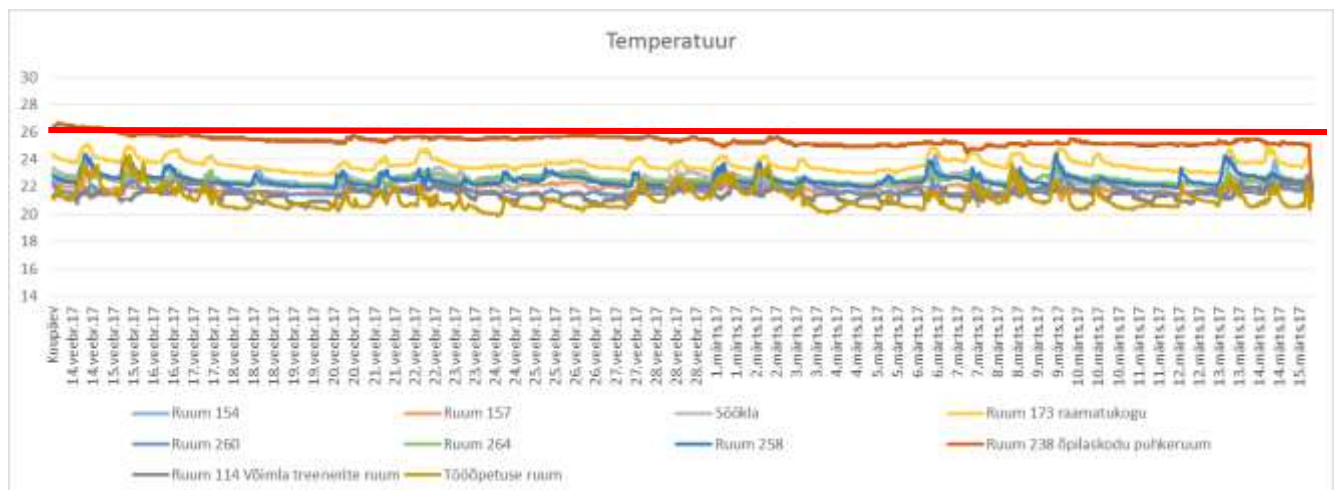
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamust ajast miinusgraadides. Välistõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli -7,6 kuni +7,4°C keskmine temperatuur +0,42°C
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,77 – 2,70 m põrandapinnast.
- Mõõdistused toimusid kolmes eraldi paiknevas hoones – peahoone, spordihoone ja tööõpetuse maja.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



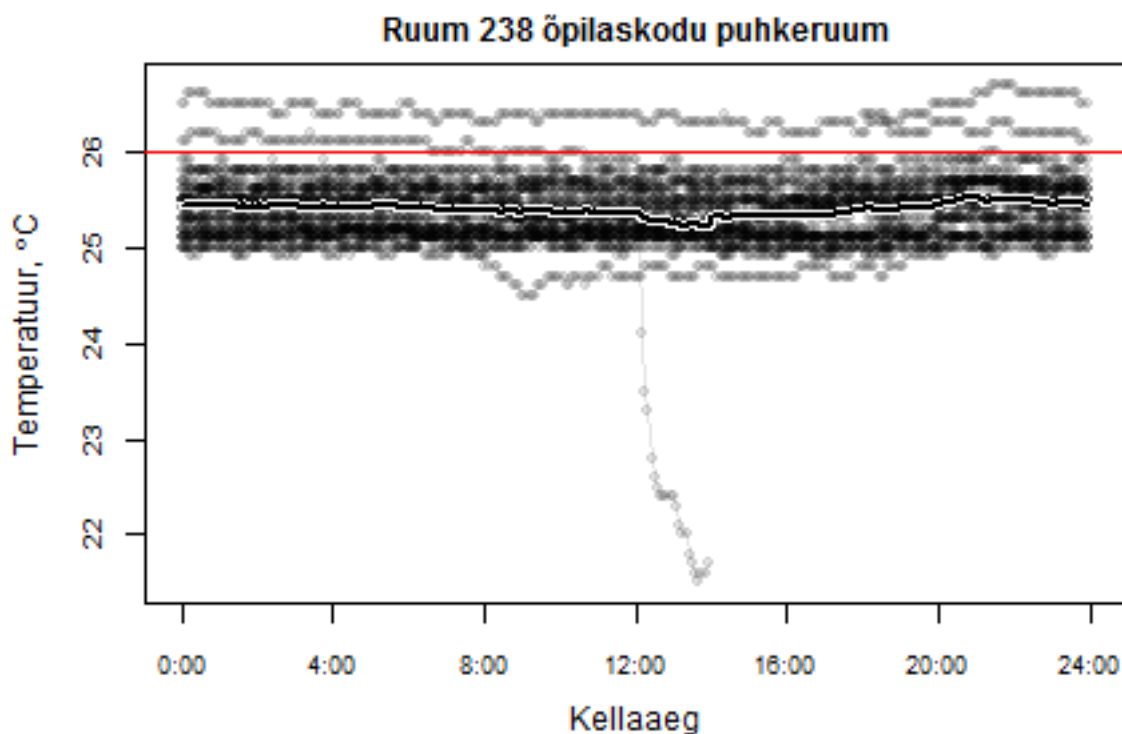
Graafik 191. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Ruum 154 | Ruum 157 | Söökla | Ruum 173 | Ruum 260 | Ruum 264 | Ruum 258 | Ruum 238 | Ruum 114 | Tööõpetu | KOKKU |
|--------------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8592 | 8592 | 8593 | 8592 | 8592 | 8592 | 8592 | 8593 | 8593 | 8592 | 85923 |
| Üle 26 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 442 | 0 | 0 | 442 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 5,1% | 0,0% | 0,0% | 0,5% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |

Tabel 74. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 191 ja tabelist 74 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C ületatud vaid õpilaskodu puhkeruumis 238 kokku 5,1% kogu mõõdistusperioodi jooksul. Graafikult 191 on näha, et temperatuur ületas lubatud piiri mõõdistusperioodi alguses ning selles ruumis oli temperatuur ühtlaselt kõrge kogu mõõdistusperioodi jooksul. Vajalik on kontrollida ületamise põhjust. Graafikult 192 on näha, et õpilaskodu puhkeruumis on ööpäeva ringsest ühtlaselt kõrge temperatuur. Vajalik on reguleerida küttekehasid, et ruumitemperatuur langeks 3-4°C.

Tabelist 75 on näha, et õhutemperatuuri seos välistemperatuuriga on kõigis kolmes kontrollitud hoones nõrk. Seega välispiirdes olulisi soojalekkeid ei esine.



Graafik 192. Õpilaskodu puhkeruumi 238 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes.

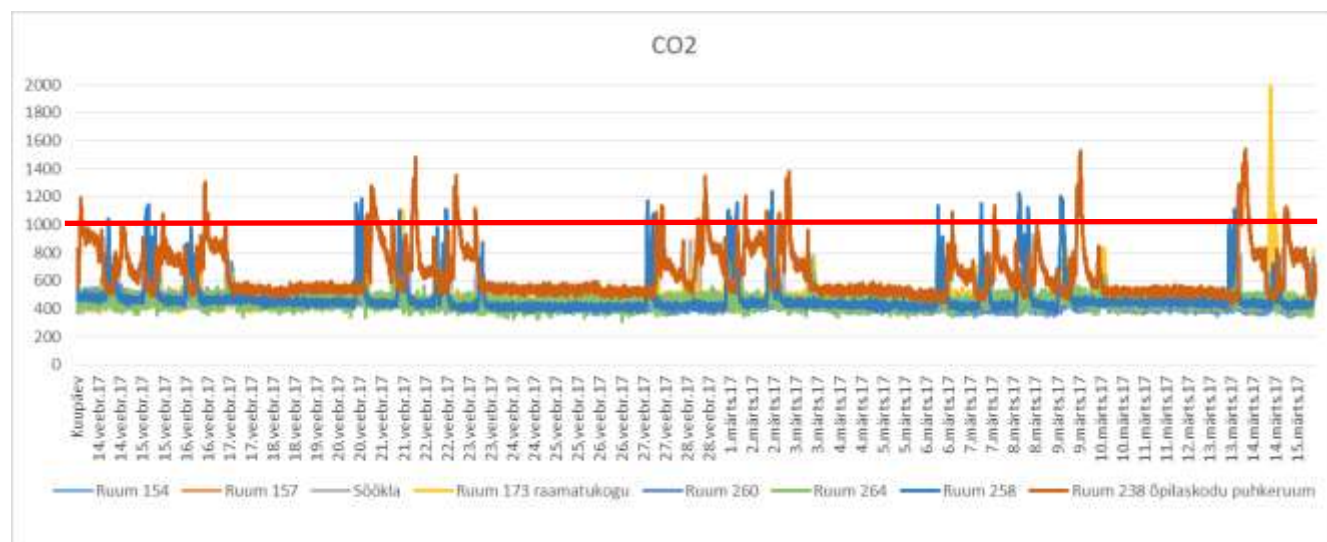
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|----------|----------|--------------------|---------|----------|--------------|------------------------------------|
| Ruum 154 | 22,45 | 0,334 | 22,4 | 21,5 | 24,4 | -0,13 |
| Ruum 157 | 21,79 | 0,234 | 21,8 | 20,6 | 22,9 | -0,27 |
| Söökla | 22,45 | 0,367 | 22,4 | 21,2 | 23,4 | -0,11 |

| | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ruum 173 raamatukogu | 23,63 | 0,444 | 23,6 | 21,9 | 25,1 | -0,04 |
| Ruum 260 | 21,74 | 0,347 | 21,6 | 21,3 | 23,3 | 0,31 |
| Ruum 264 | 22,51 | 0,243 | 22,5 | 21,8 | 23,4 | -0,26 |
| Ruum 258 | 22,49 | 0,437 | 22,4 | 21,4 | 24,4 | -0,07 |
| Ruum 238 õpilaskodu puhkeruum | 25,40 | 0,375 | 25,4 | 21,5 | 26,7 | -0,14 |
| Ruum 114 Võimla treenerite ruum | 21,49 | 0,393 | 21,5 | 20,4 | 22,5 | 0,03 |
| Tööõpetuse ruum | 21,15 | 0,767 | 20,9 | 19,9 | 24,3 | 0,36 |
| Kokku | 22,51 | 1,238 | 22,3 | 19,9 | 26,7 | 0,01 |

Tabel 75. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Kokkuvõtteks võib väita, et Kammeri Koolis on temperatuur normaalne. Ainult õpilaskodu puhkeruumis vajab küttesüsteem reguleerimist.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 193. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

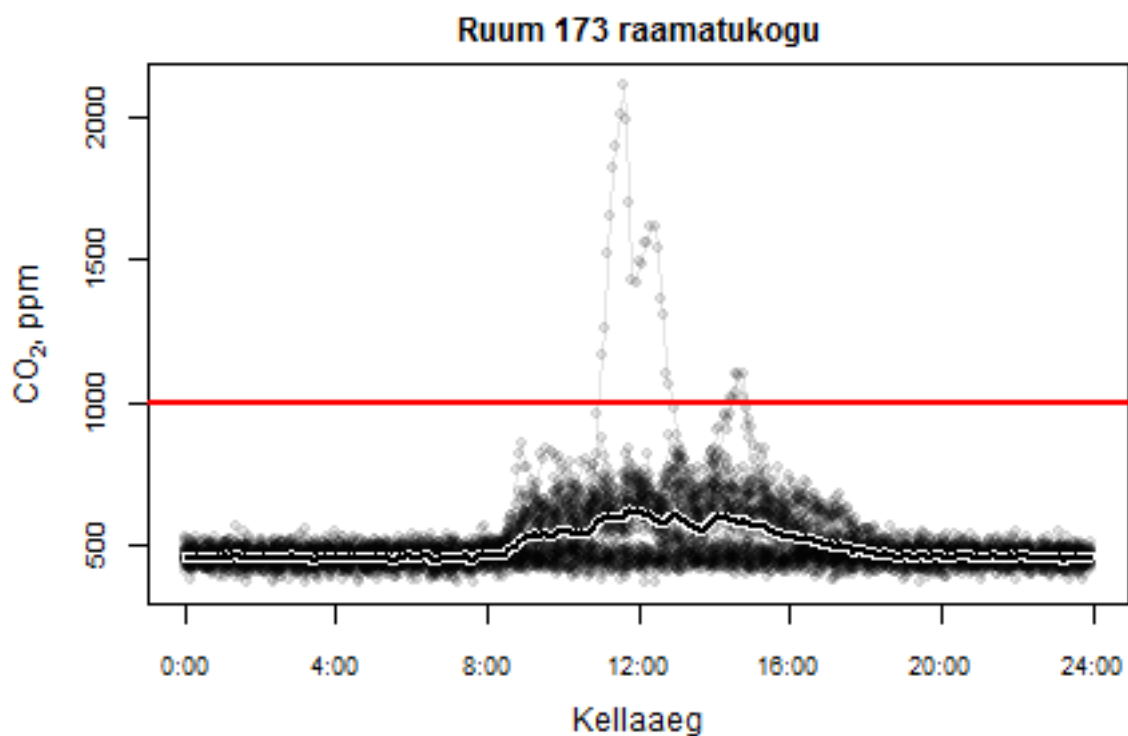
| | Ruum 154 | Ruum 157 | Söökla | Ruum 173 | Ruum 260 | Ruum 264 | Ruum 258 | Ruum 238 | Ruum 114 | Tööõpetu | KOKKU |
|---------------------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8592 | 8592 | 8593 | 8592 | 8592 | 8592 | 8592 | 8593 | 8593 | 8592 | 68739 |
| Üle 1000 ppm | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 118 | 407 | 0 | 0 | 557 |
| Üle 1000 ppm | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,4% | 0,0% | 0,0% | 1,4% | 4,7% | 0,0% | 0,0% | 0,8% |

Tabel 76. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

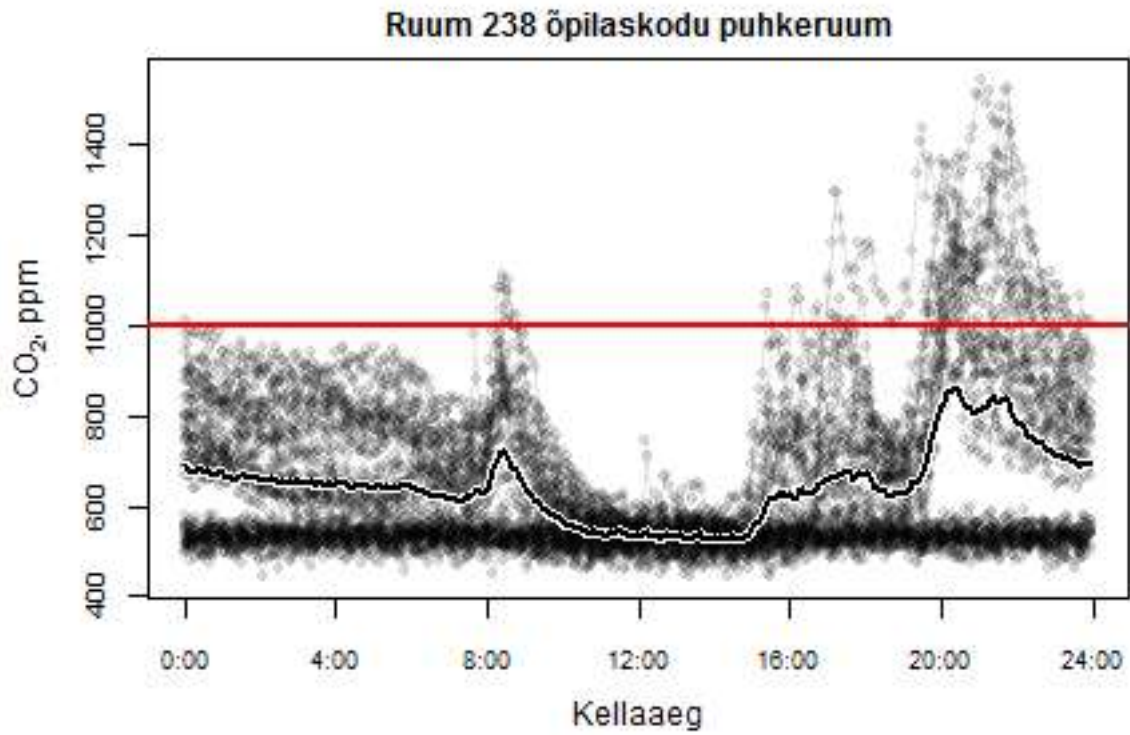
Graafikult 193 ja tabelist 76 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kolmes ruumis mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Õpilaskodu puhkeruumis on ületamise periood pigem puhkeajal kui õppetöö perioodil (graafikud 195). Raamatukogus ruum 173 on ületatud CO₂ ühekordselt (graafik 194), arvatavasti on seal toimunud mingi suurem üritus (14.märts emakeele päev). Vaid ruumis 258 on ületamine õppetöö ajal ning tunni lõpuperioodil sage (graafik 197). Siiski pole ületamise suurus väga oluline (tabel 77).

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimum | Muutus minutis |
|-----------------|----------|--------------------|---------|--------|----------|-------------------|
| Ruum 154 | 467,64 | 44,73 | 458 | 383 | 759 | 0,011 |
| Ruum 157 | 507,88 | 66,58 | 489 | 389 | 732 | 0,384 |
| Ruum 260 | 481,82 | 82,46 | 460 | 364 | 773 | 0,394 |
| Ruum 264 | 497,23 | 72,59 | 484 | 340 | 952 | 0,355 |
| Ruum 258 | 652,13 | 201,57 | 632 | 388 | 1238 | 1,994 |
| Tööõpetuse ruum | 536,29 | 53,92 | 531 | 408 | 769 | 0,233 |
| Kokku | 523,84 | 118,69 | 491 | 340 | 1238 | 0,561 |

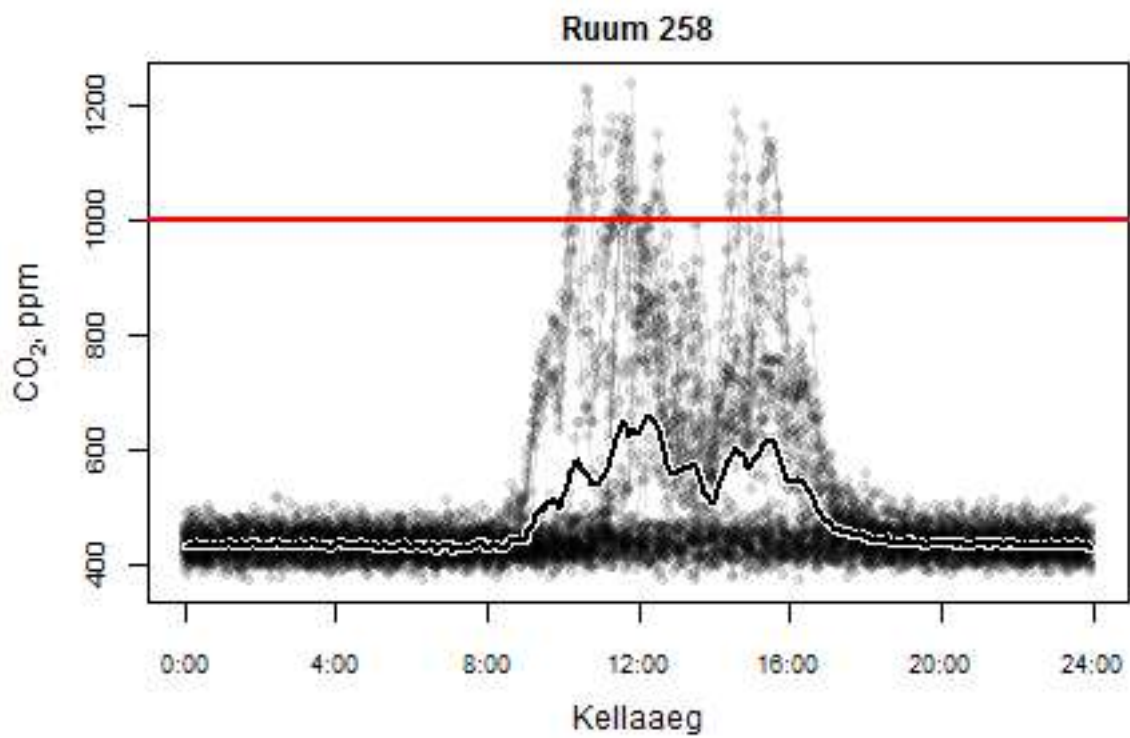
Tabel 77. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvkarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi möötmete tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



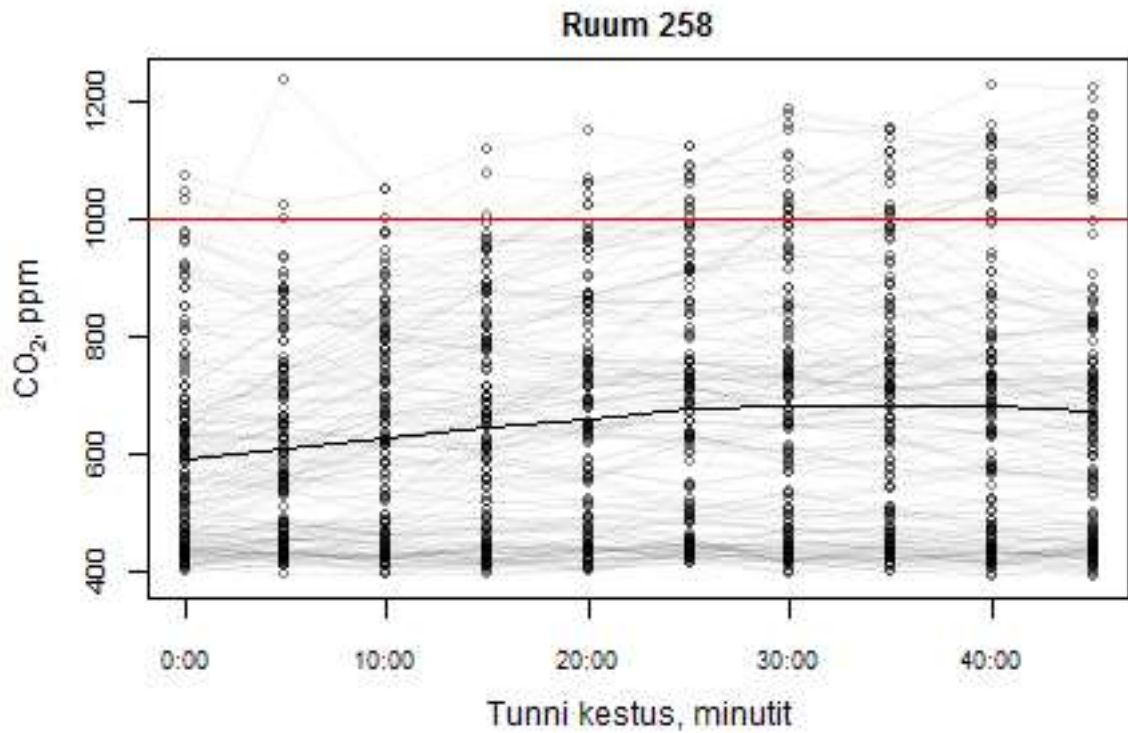
Graafik 194. Raamatukogu (ruum 173) CO₂ taseme muutus ööpäeva lõikes



Graafik 195. Õpilaskodu puhkeruumi (ruum 238) CO₂ taseme muutus ööpäeva lõikes



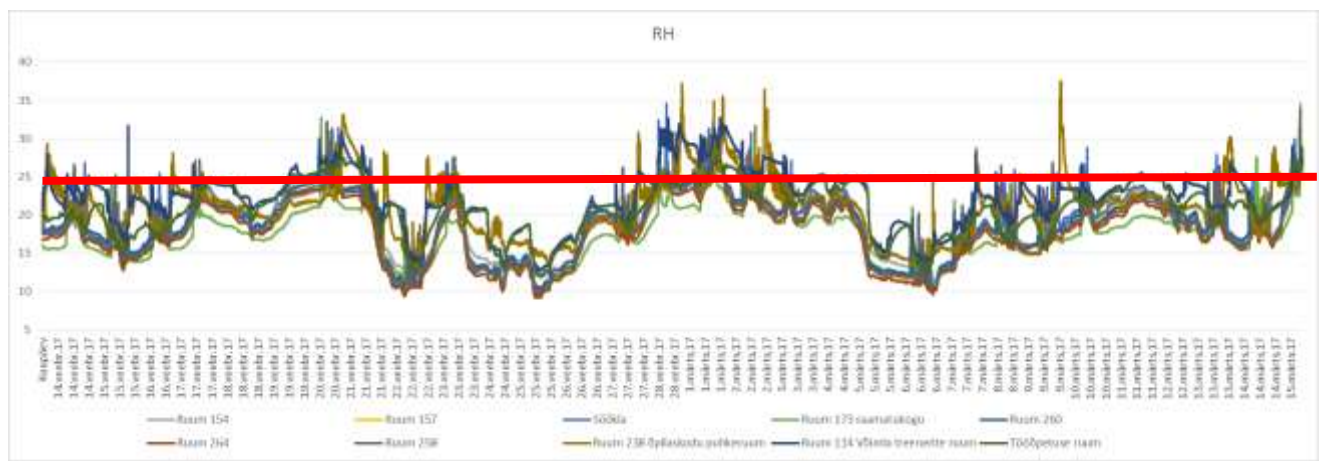
Graafik 196. Ruum 258 CO₂ taseme muutus ööpäeva lõikes



Graafik 197. Ruum 258 CO₂ taseme muutus õppetöö tunni lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Kammeri Koolis väheseid probleeme. Vaid õpilaskodu puhkeruumis ja ruumis 258. Ruumis 258 on soovitatav võimalusel tuulutada vahetundide ajal klassiruumi välisõhuga läbi akende. Madalad CO₂ tasemed on osaliselt tingitud ka õpilaste vähesest arvust ruumides.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 198. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

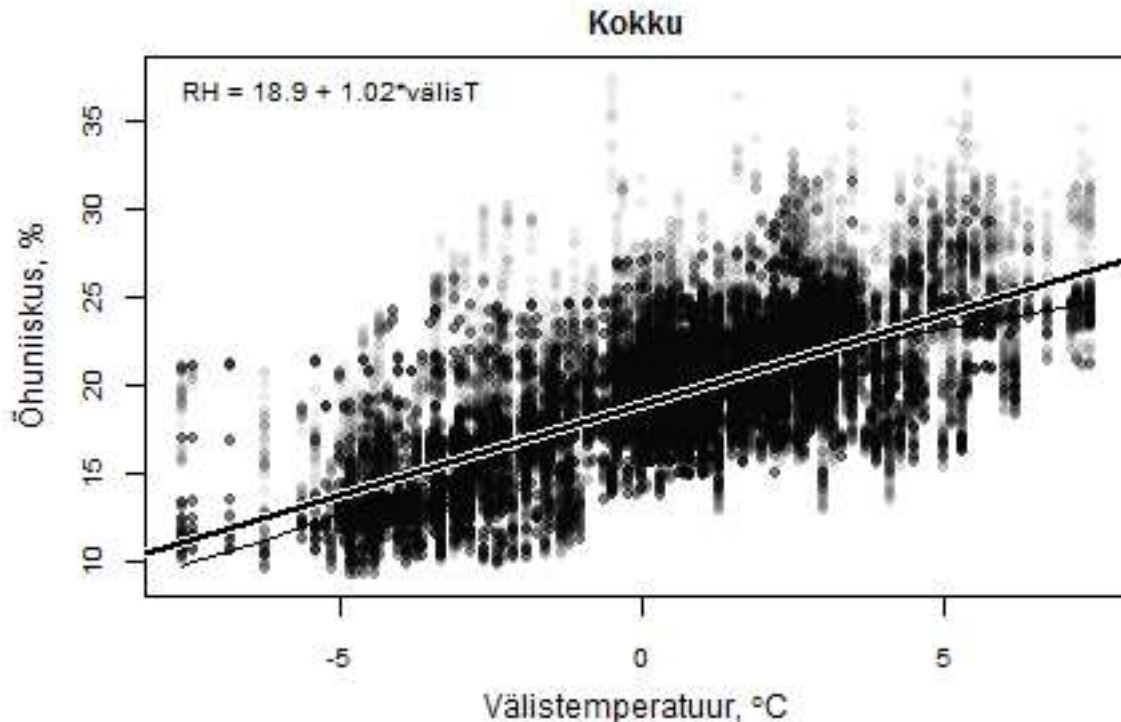
| | Ruum 154 | Ruum 157 | Söökla | Ruum 173 | Ruum 260 | Ruum 264 | Ruum 258 | Ruum 238 | Ruum 114 | Tööõpetu | KOKKU |
|------------------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|
| KOKKU | 8592 | 8592 | 8593 | 8592 | 8592 | 8592 | 8592 | 8593 | 8593 | 8592 | 68739 |
| alla 40 % | 8592 | 8592 | 8593 | 8592 | 8592 | 8592 | 8592 | 8593 | 8593 | 8592 | 68739 |
| alla 25 % | 8436 | 8181 | 8070 | 8500 | 8299 | 8458 | 8253 | 7592 | 6875 | 7650 | 63697 |
| alla 40 % | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| alla 25 % | 98,2% | 95,2% | 93,9% | 98,9% | 96,6% | 98,4% | 96,1% | 88,4% | 80,0% | 89,0% | 92,7% |

Tabel 78. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 198 ja tabelist 78 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb oluliselt allapoole lubatud piirmäärasid. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid veebruaris-märtsis ning keskmine välistemperatuur oli +0,42°C, siis tuleks arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Nagu on toodud tabelis 79, on korrelatsioon välistemperatuuri ja siseõhu suhtelise õhuniiskuse vahel tugev. Samast tabelist on näha, et kõikides ruumides jääb keskmine suhteline õhuniiskus allapoole lubatud piiri kohati kuni 7,7% (raamatukogus). Sellise sisekliimaga ruumis on suur oht töötajate ja õpilaste tervisele.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|-------------------------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| Ruum 154 | 18,49 | 3,332 | 18,4 | 11,4 | 34,6 | 0,79 |
| Ruum 157 | 18,85 | 4,146 | 19,2 | 9,8 | 33,5 | 0,83 |
| Söökla | 19,07 | 4,287 | 19,6 | 9,5 | 34,6 | 0,82 |
| Ruum 173 raamatukogu | 17,31 | 3,269 | 17,4 | 10,4 | 33,8 | 0,78 |
| Ruum 260 | 18,71 | 3,874 | 18,9 | 10,3 | 32,3 | 0,81 |
| Ruum 264 | 17,69 | 3,913 | 17,9 | 9,1 | 30,2 | 0,83 |
| Ruum 258 | 18,63 | 4,017 | 19 | 9,8 | 33,9 | 0,83 |
| Ruum 238 õpilaskodu puhkeruum | 21,01 | 3,788 | 21,4 | 12,6 | 37,5 | 0,62 |
| Ruum 114 Võimla treenerite ruum | 22,32 | 3,767 | 22,6 | 12,6 | 32,7 | 0,66 |
| Tööõpetuse ruum | 20,84 | 3,462 | 21,1 | 11,9 | 31,3 | 0,60 |
| Kokku | 19,29 | 4,086 | 19,5 | 9,1 | 37,5 | 0,70 |

Tabel 79. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga



Graafik 199. Siseõhu suhtelise õhuniiskuse ja välitemperatuuri vaheline seos

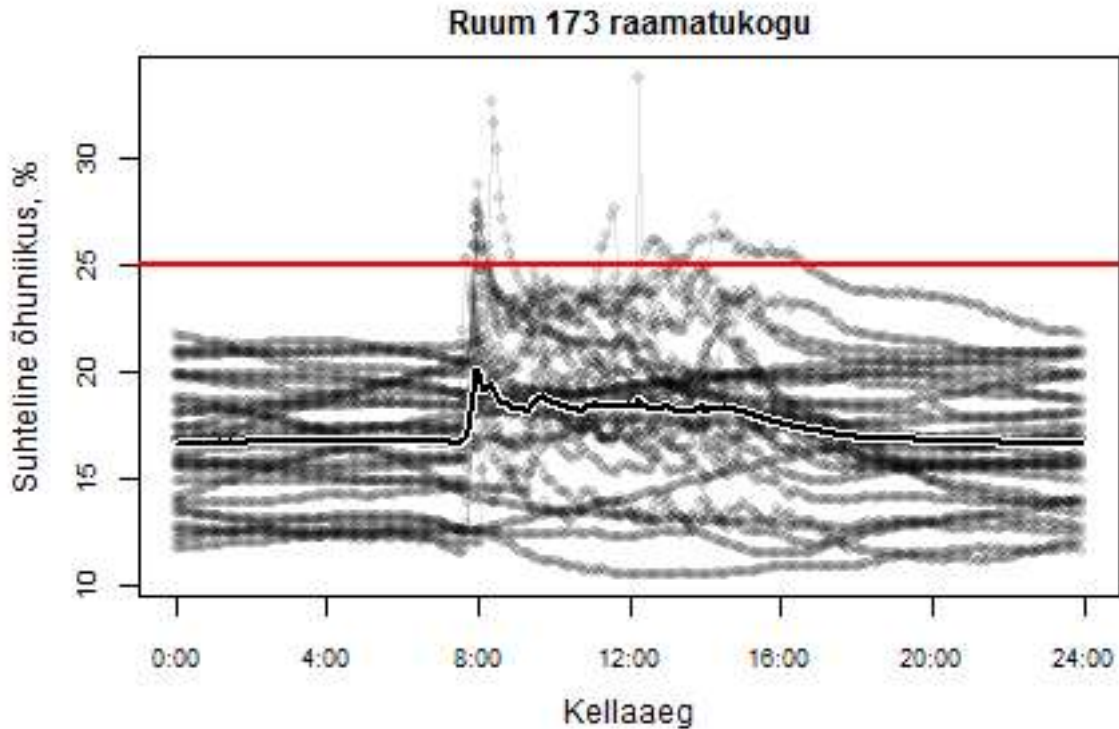
Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (tabel 79) on vahemikus 0,60-0,83 mis on tugeva seose näitaja. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=18,9+1,02 \cdot välisT$ ehk iga $1^{\circ}C$ välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 1,02% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.

Graafikul 200 on näha, et raamatukogus on suhteline õhuniiskus kõrgem kella 8.00 ajal. Põhjuseks võib olla märg koristus sellel ajal või siis mingi lisaniiskuse allika olemasolu (kohvimasin vms). Ülejäänud ajaperioodil on suhteline õhuniiskus raamatukogus väga madal.

Tabelist 80 on näha, et tundide ajal on suhteline õhuniiskus pisut kõrgem kui ööpäevaringselt keskmisena, kuid siiski jääb tase oluliselt alla lubatud piiri.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|-----------------|----------|--------------------|---------|----------|----------|-------------------|
| Ruum 154 | 19,06 | 3,71 | 18,4 | 11,9 | 34,6 | -0,001 |
| Ruum 157 | 20,03 | 4,52 | 19,9 | 10,8 | 33,5 | 0,002 |
| Ruum 260 | 19,57 | 4,21 | 19,4 | 11,0 | 32,3 | 0,001 |
| Ruum 264 | 18,62 | 4,27 | 18,5 | 10,0 | 30,2 | 0,003 |
| Ruum 258 | 20,86 | 4,30 | 20,8 | 11,1 | 33,9 | 0,018 |
| Tööõpetuse ruum | 19,88 | 3,88 | 19,6 | 12,4 | 31,3 | 0,001 |
| Kokku | 19,67 | 4,22 | 19,6 | 10 | 34,6 | 0,004 |

Tabel 80. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 200. Suhtelise õhuniiskuse muutus raamatukogus ööpäeva ringselt

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Kammeri Koolis keskmiselt tasemele 0%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Tallinna Mustamäe Humanitaargümnaasium

Möödistuste aeg: 16.veebruar 2017 – 18.märts 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Ruum 218
- keemia Ruum 224
- Bioloogia Ruum 226

- Ruum 205
- Ruum 308
- Ruum 406
- Ruum 121 tööõpetus
- Tantsuklass
- Ruum 133
- Ruum 020

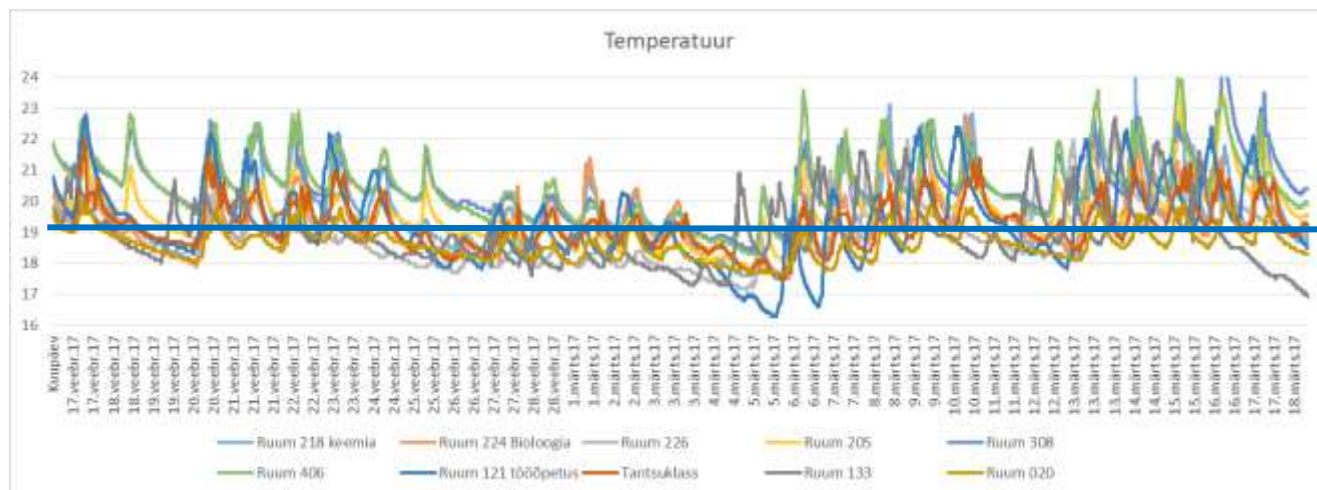
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamust miinus kraadides. Välistõhu temperatuurivahemik mõõtmisperiodil oli -7,5 kuni +9,0°C keskmine temperatuur +0,67°C
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,65 – 2,40 m põrandapinnast.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



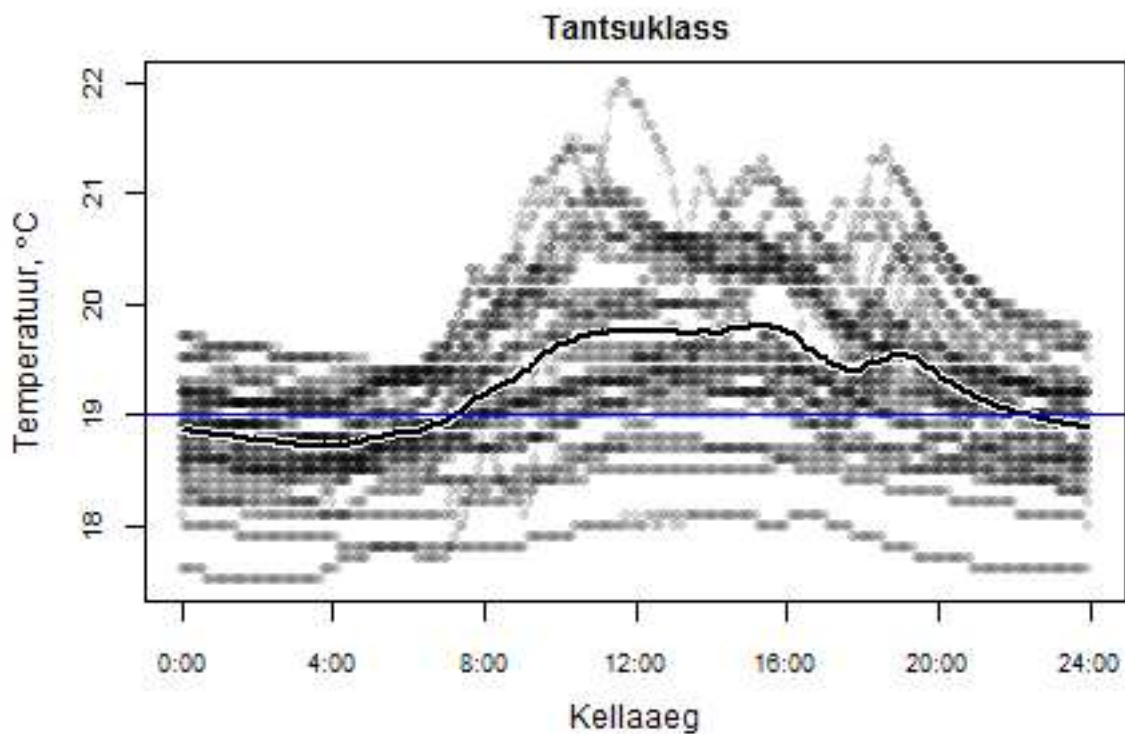
Graafik 201. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperiodi ulatuses.

| . | Ruum 218 | Ruum 224 | Ruum 226 | Ruum 205 | Ruum 308 | Ruum 406 | Ruum 121 | Tantsuklass | Ruum 133 | Ruum 020 | KOKKU |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|---------------|
| KOKKU | 11124 | 11081 | 10344 | 11185 | 11185 | 11185 | 10900 | 11119 | 10672 | 11184 | 109979 |
| Üle 26 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| alla 19 °C | 4571 | 4267 | 4389 | 2274 | 510 | 716 | 5009 | 4787 | 5928 | 8514 | 40965 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| alla 19 °C | 41,1% | 38,5% | 42,4% | 20,3% | 4,6% | 6,4% | 46,0% | 43,1% | 55,5% | 76,1% | 37,2% |

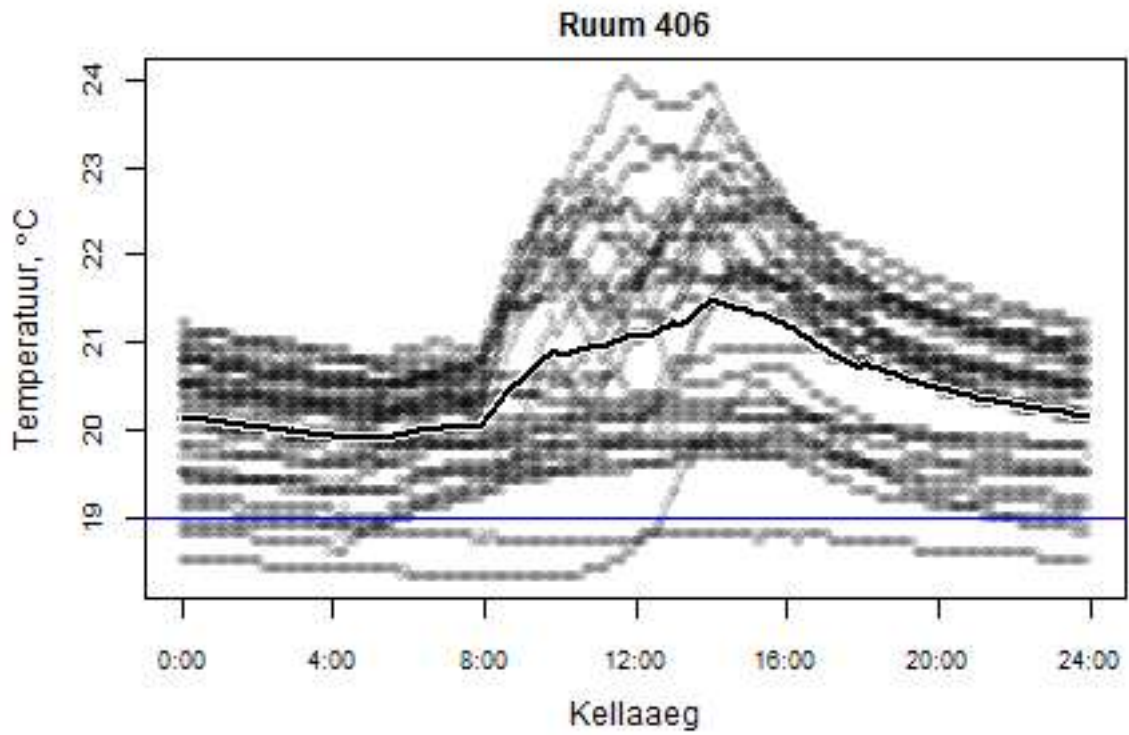
Tabel 81. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperiodi vältel

Graafikult 201 ja tabelist 81 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C pole üheski ruumis ületatud, kuid allapoole minimaalse lubatud temperatuuri 19°C on langenud temperatuur kõikides ruumides. Neist kahes ruumis 308 ja 406 on allapoole lubatud temperatuuri vähesed mõõdistustulemused. Allpool on välja toodud kõikide ruumide temperatuuride muutused ööpäeva lõikes. Graafikutelt on näha, et erinevad ruumid on kütterežiimilt erinevad. Tantsuklassis ja ruumides 406, 308, 224, 218 ja 205 on väljaspool kooliaega temperatuur alla 19°C, kuid õppetöö tundide alguseks tõuseb üle minimaalse lubatud piiri. Ruumis 226 on temperatuur keskmiselt lubatud alampiiri lähedal ning kõigub ööpäeva ringselt vähe (graafik 205). Ruumis 133 aga langeb temperatuur just õppetöö tundide ajaks allapoole lubatud piiri ning tõuseb pärast tunde tagasi (graafik 209). Just selles ruumis on kõige väiksem siseõhu temperatuuri korrelatsioon välistemperatuuriga (tabel 82). Ruumis 121 hakkab temperatuur tõusma varahommikul ning langema lõuna ajal (graafik 210). Ruumis 020 tõuseb temperatuur küll tundide ajal, kuid jääb siiski allapoole lubatud piiri (graafik 211).

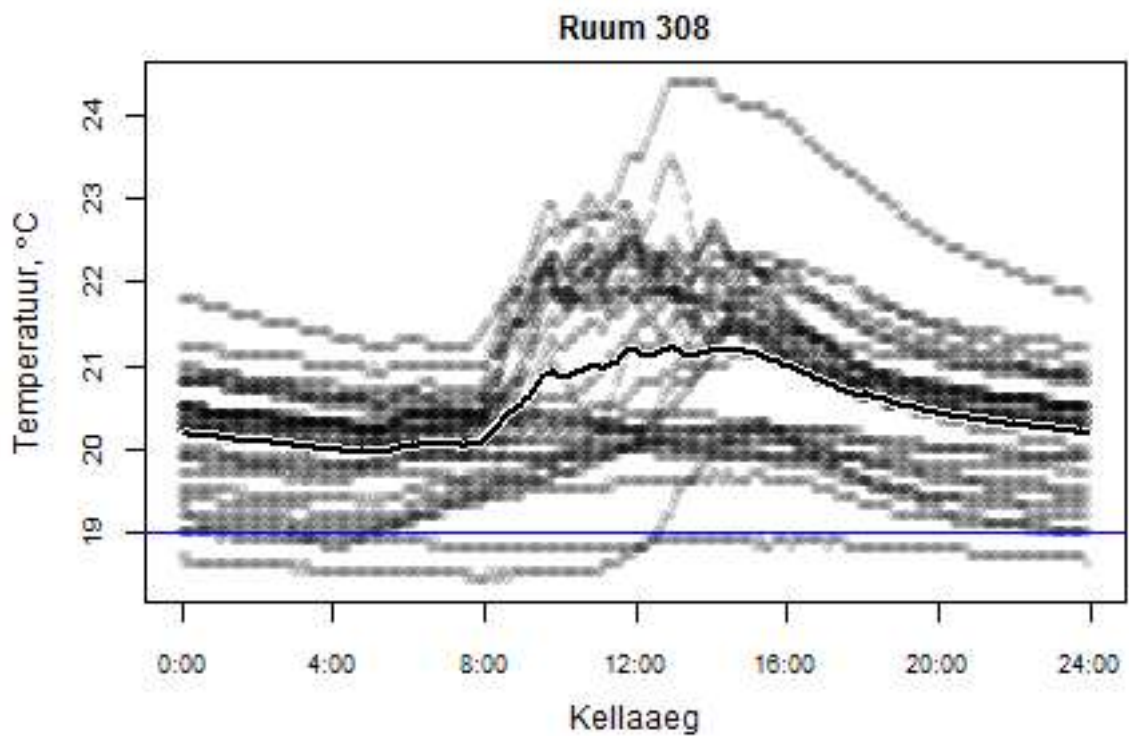
Tabelist 82 on näha, et korrelatsioon välistemperatuuriga on keskmine ehk antud hoonel võib olla probleeme välispiirde soojustusega.



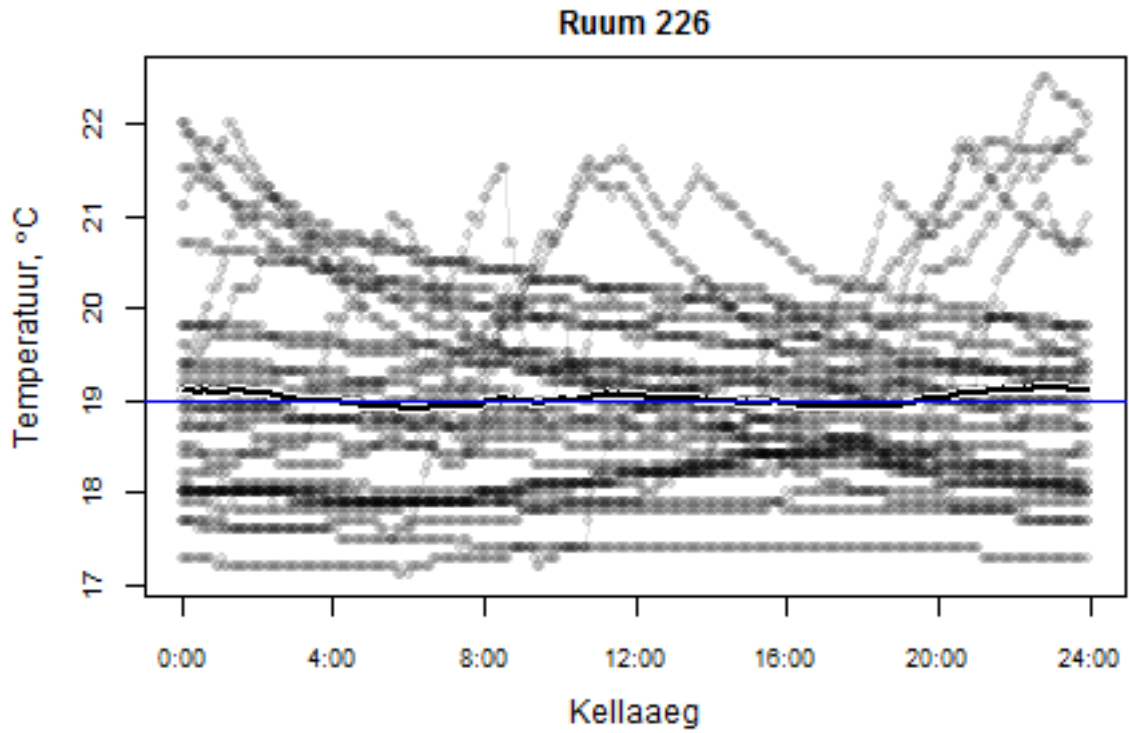
Graafik 202. Tantsuklassi temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



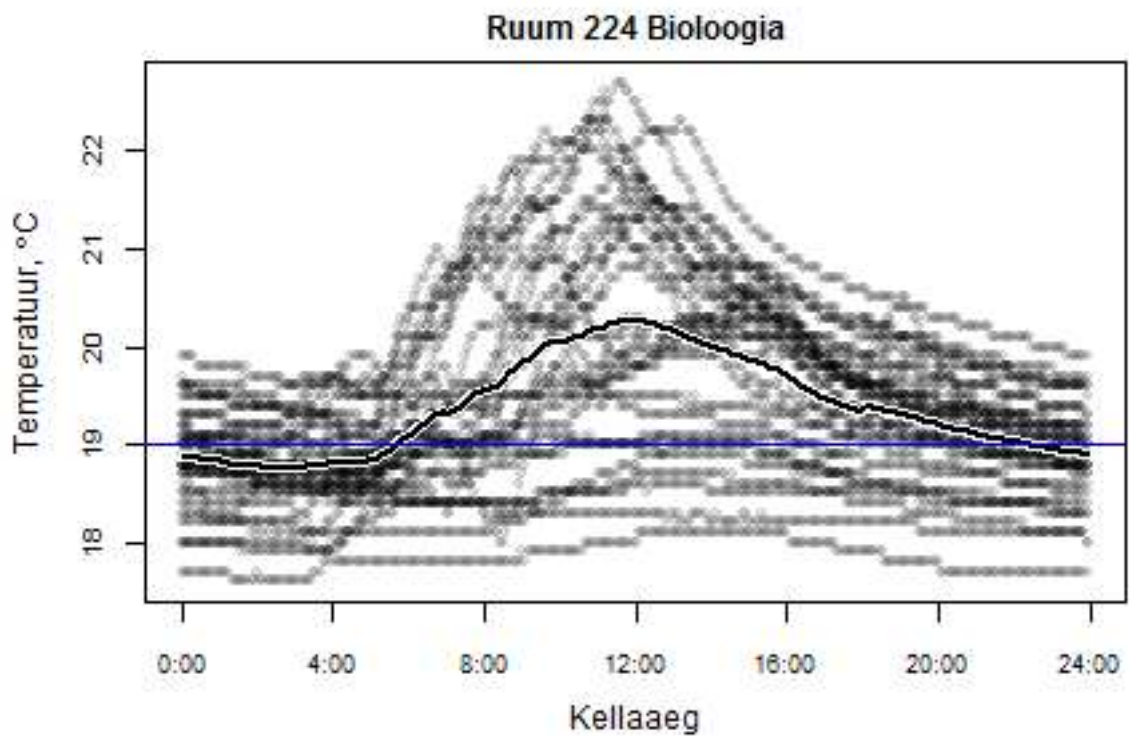
Graafik 203. Ruumi 406 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



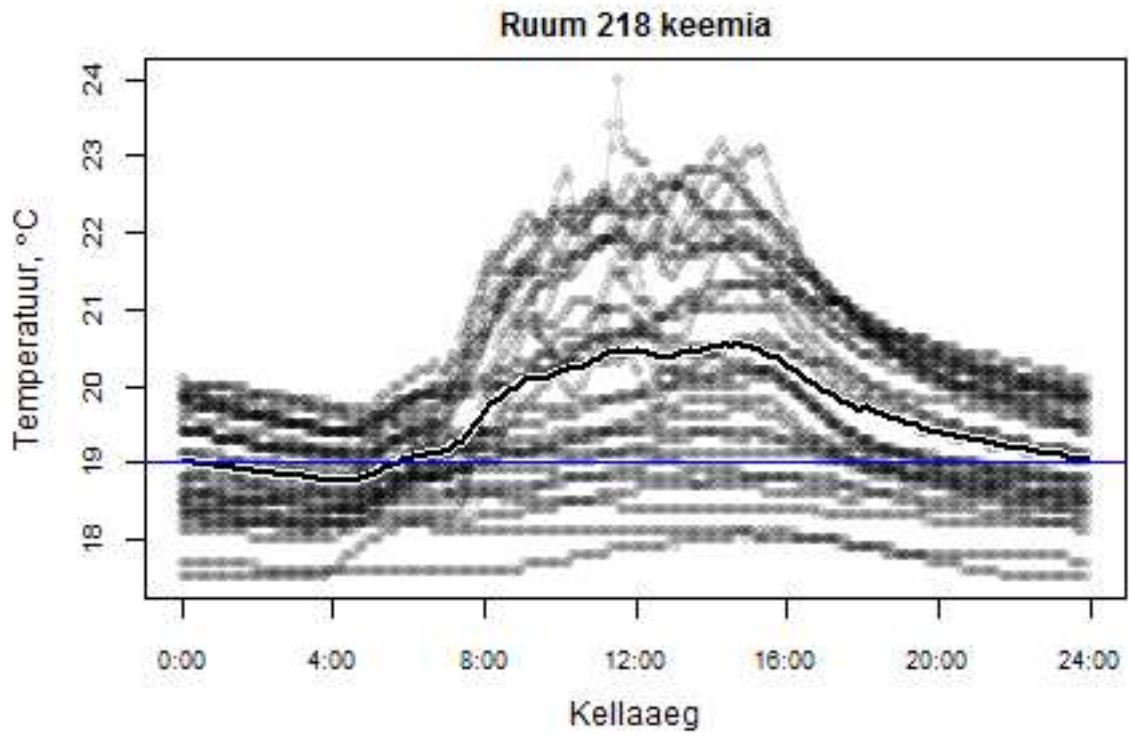
Graafik 204. Ruumi 308 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



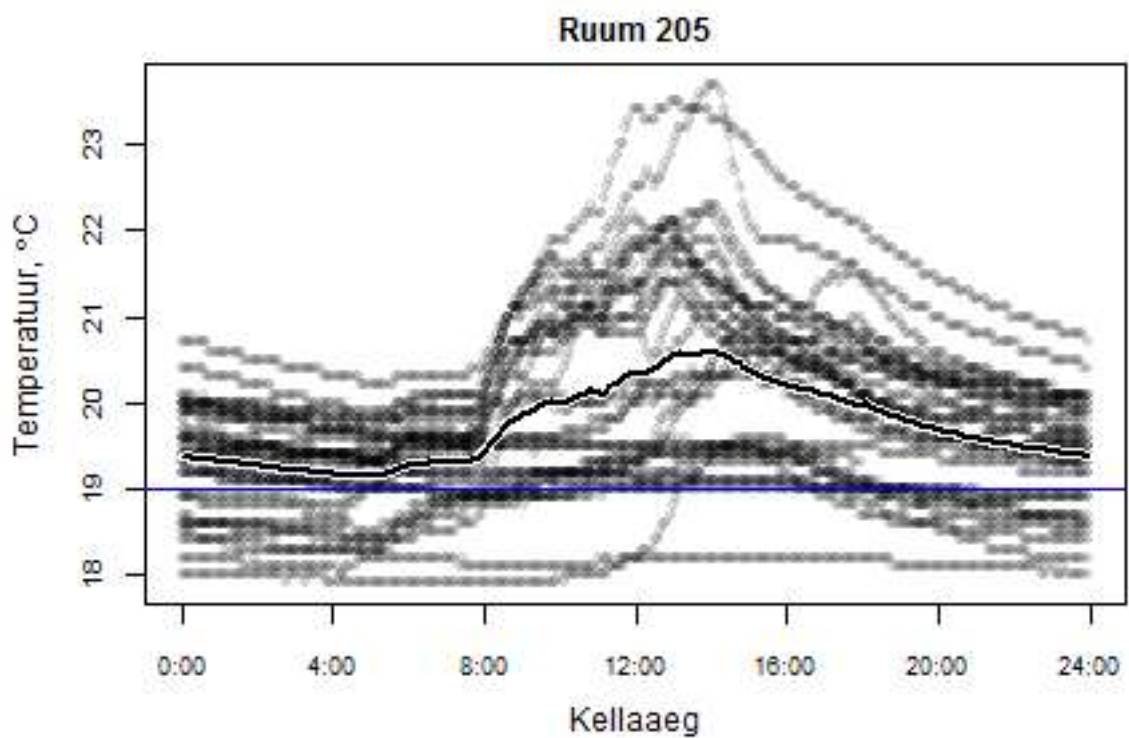
Graafik 205. Ruumi 226 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



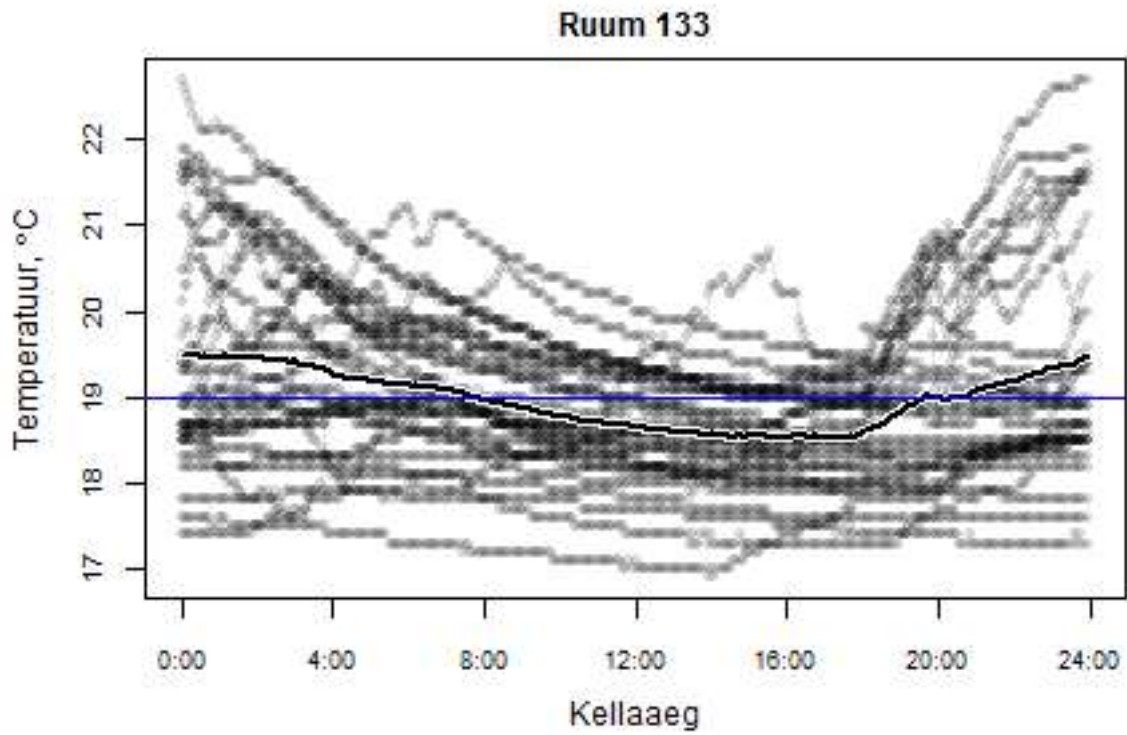
Graafik 206. Ruumi 224 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



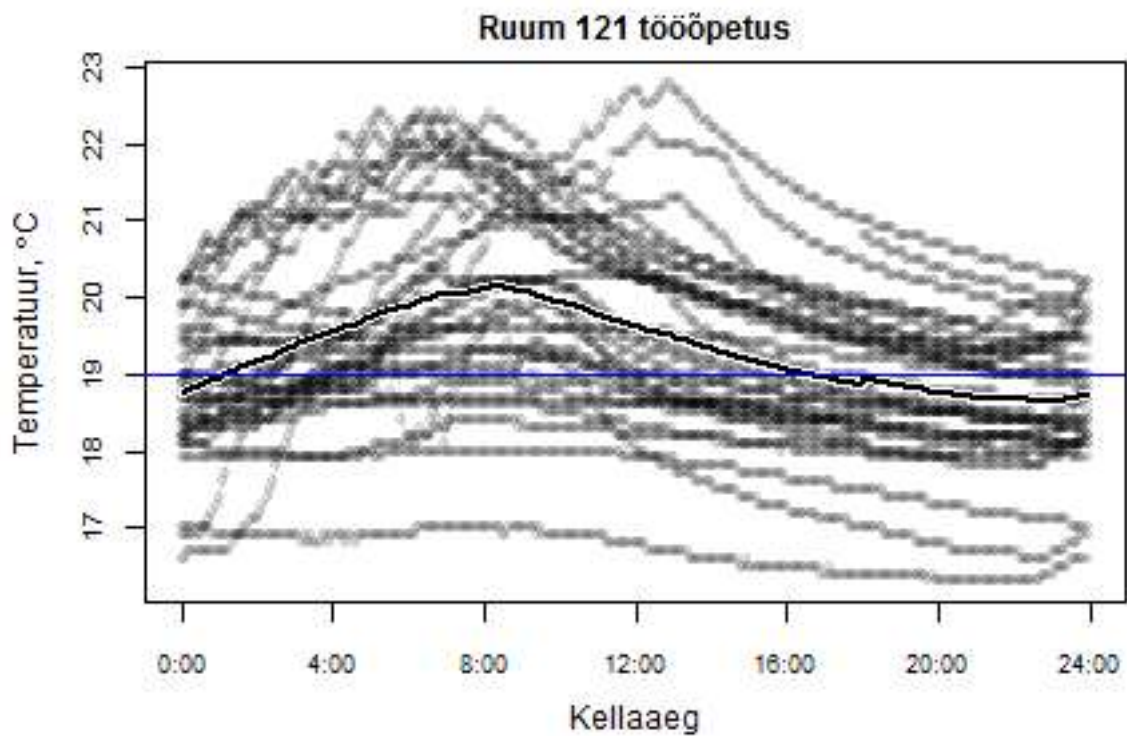
Graafik 207. Ruumi 218 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



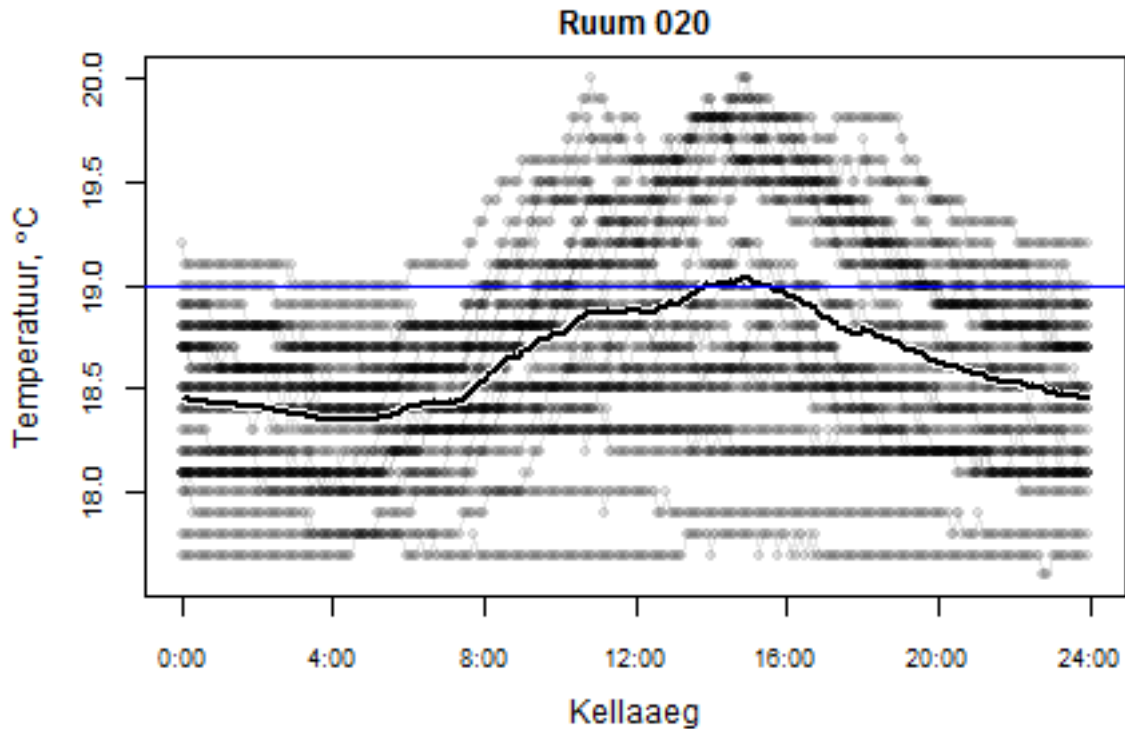
Graafik 208. Ruumi 205 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



Graafik 209. Ruumi 133 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



Graafik 210. Ruumi 121 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



Graafik 211. Ruumi 020 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|--------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| Ruum 020 | 18,64 | 0,50 | 18,6 | 17,6 | 20,0 | 0,31 |
| Ruum 121 | 19,32 | 1,24 | 19,2 | 16,3 | 22,8 | 0,27 |
| Tööõpetus | | | | | | |
| Ruum 133 | 18,97 | 0,99 | 18,8 | 16,9 | 22,7 | -0,19 |
| Ruum 205 | 19,74 | 0,98 | 19,6 | 17,9 | 23,7 | 0,29 |
| Ruum 218 Keemia | 19,58 | 1,18 | 19,4 | 17,5 | 24,0 | 0,28 |
| Ruum 224 Bioloogia | 19,39 | 0,95 | 19,2 | 17,6 | 22,7 | 0,38 |
| Ruum 226 | 19,01 | 1,01 | 18,9 | 17,1 | 22,5 | 0,12 |
| Ruum 308 | 20,50 | 0,98 | 20,4 | 18,4 | 24,4 | 0,25 |
| Ruum 406 | 20,51 | 1,05 | 20,4 | 18,3 | 24,0 | 0,22 |
| Tantsuklass | 19,26 | 0,75 | 19,2 | 17,5 | 22,0 | 0,43 |
| Kokku | 19,49 | 1,15 | 19,3 | 16,3 | 24,4 | 0,19 |

Tabel 82. Öhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

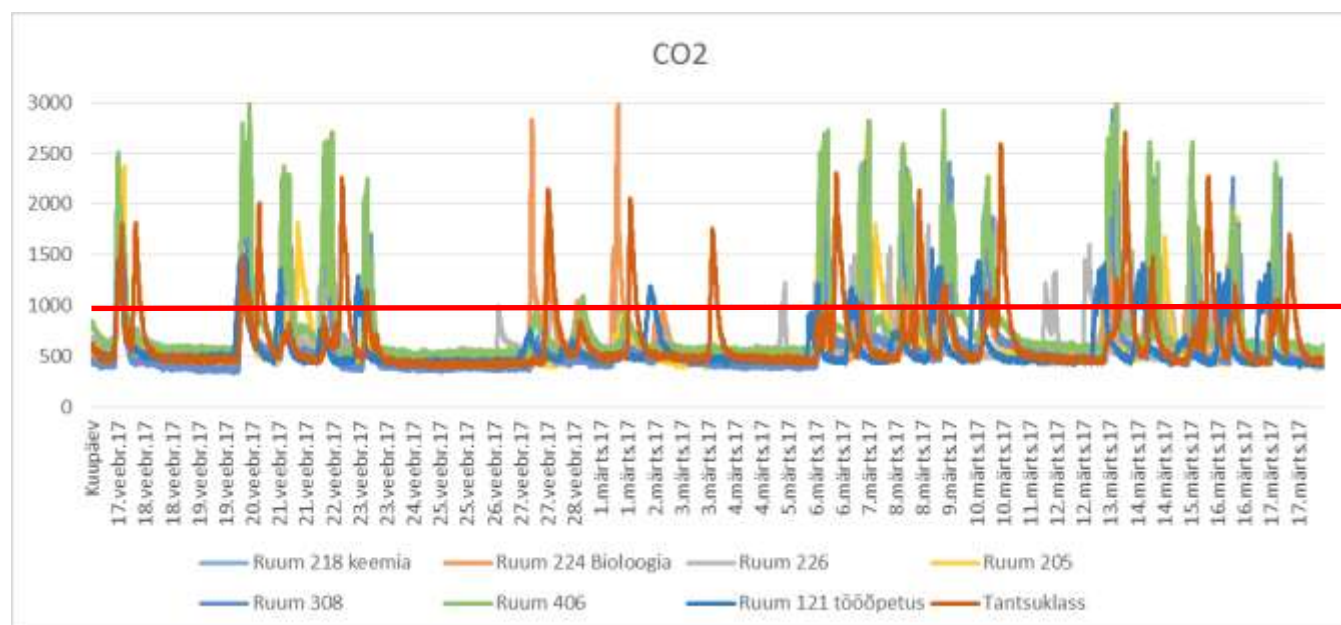
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|-----------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-------------------|
| Ruum 121 | 20,41 | 1,09 | 20,5 | 17,6 | 22,7 | -0,002 |
| Tööõpetus | | | | | | |

| | | | | | | |
|--------------------|-------|------|------|------|------|--------|
| Ruum 133 | 18,97 | 0,71 | 19,0 | 17,7 | 20,8 | -0,002 |
| Ruum 205 | 20,47 | 1,03 | 20,6 | 18,8 | 23,4 | 0,007 |
| Ruum 218 Keemia | 21,04 | 1,05 | 21,0 | 19 | 24 | 0,001 |
| Ruum 224 Bioloogia | 20,60 | 0,90 | 20,6 | 18 | 22,7 | 0,002 |
| Ruum 226 | 19,29 | 0,98 | 19,2 | 17,8 | 21,4 | 0,000 |
| Ruum 308 | 21,29 | 1,05 | 21,6 | 19,4 | 24,4 | 0,006 |
| Ruum 406 | 21,39 | 1,14 | 21,5 | 19,3 | 24 | 0,006 |
| Kokku | 20,64 | 1,27 | 20,6 | 17,6 | 24,4 | 0,003 |

Tabel 83. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Kokkuvõtteks võib väita, et Tallinna Mustamäe Humanitaargümnaasiumis on temperatuur ebaühtlane. Osades ruumides on väljaspool õppetöö tunde temperatuur lubatust madalam, kuid mitmes ruumis on madal temperatuur ka õppetundide ajal. Kõige problemaatilisem on ruum 133, kus on keskmine temperatuur madalam lubatust ka õppetöö tundide ajal (tabel 83)

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 212. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

| | Ruum 218 | Ruum 224 | Ruum 226 | Ruum 205 | Ruum 308 | Ruum 406 | Ruum 121 | Tantsuklass | Ruum 133 | Ruum 020 | KOKKU |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 11124 | 11081 | 10344 | 11185 | 11185 | 11185 | 10900 | 11119 | 10672 | 11184 | 87774 |
| Üle 1000 ppm | 1313 | 1311 | 652 | 1641 | 1328 | 1669 | 834 | 1190 | 1400 | 1190 | 9904 |
| Üle 1000 ppm | 11,8% | 11,8% | 6,3% | 14,7% | 11,9% | 14,9% | 7,7% | 10,7% | 13,1% | 10,6% | 11,3% |

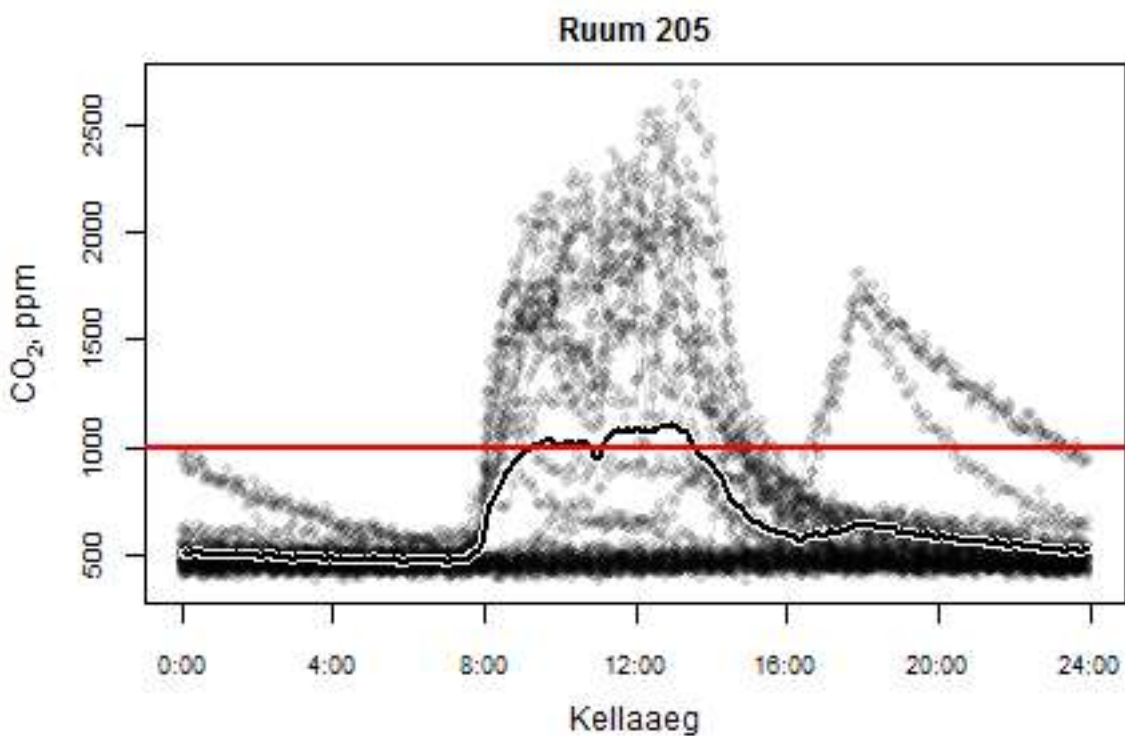
Tabel 84. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 212 ja tabelist 84 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Tabelist 85 on näha, et ka tundide ajal on keskmine CO₂ tase kõrgem lubatud piirmäärast 1000 ppm viies ruumis 205, 218, 224, 308 ja 406. Allpool toodud graafikutel on nende ruumide CO₂ taseme jaotused ööpäeva lõikes. Graafikutelt 213-217 on

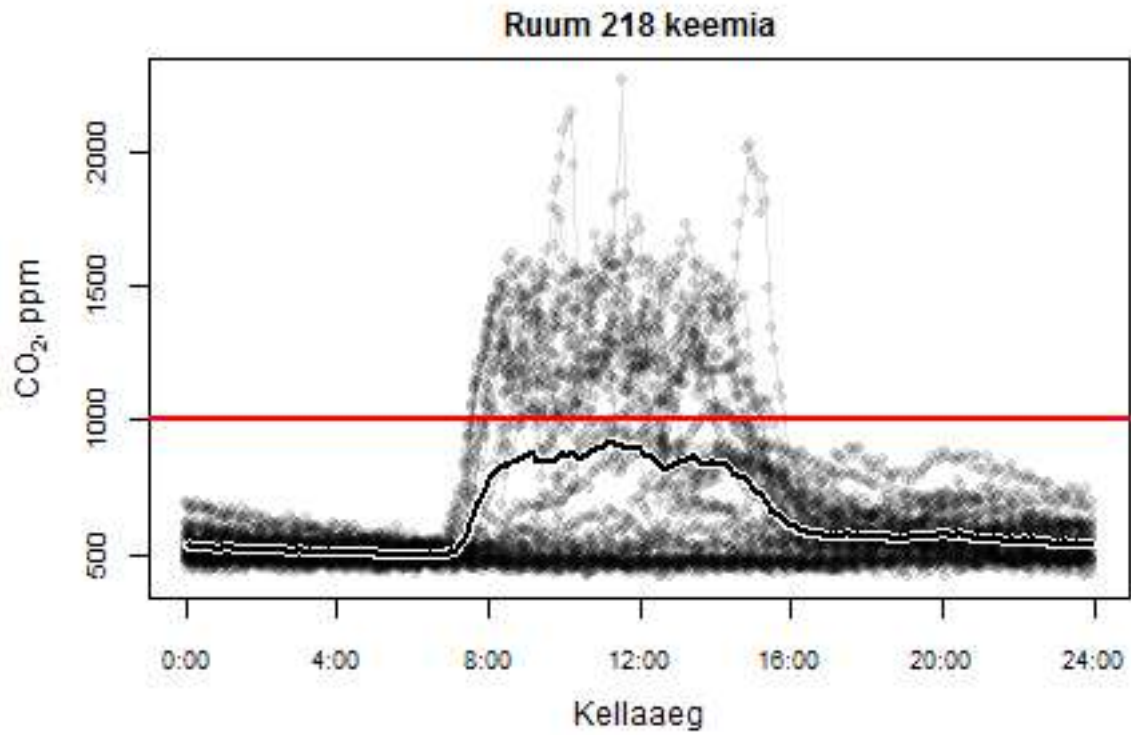
näha, et õppetöö tundide ajal tõuseb CO₂ tase üle lubatud piirmäära ulatudes kohati üle 3000 ppm.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimu m | Muutus minutis |
|--------------------|----------|--------------------|---------|----------|--------------|-------------------|
| Ruum 121 | 672,9 | 252,1 | 577 | 405 | 1531 | -0,620 |
| Tööõpetus | | | | | | |
| Ruum 133 | 531,7 | 200,0 | 476 | 395 | 1754 | -0,146 |
| Ruum 205 | 1213,1 | 603,5 | 1252 | 386 | 2566 | 3,161 |
| Ruum 218 Keemia | 1018,5 | 358,4 | 1052 | 417 | 2266 | -1,126 |
| Ruum 224 Bioloogia | 1013,8 | 393,9 | 993 | 425 | 2834 | -0,149 |
| Ruum 226 | 627,6 | 247,0 | 534 | 468 | 1401 | -0,589 |
| Ruum 308 | 1221,9 | 595,1 | 1317 | 353 | 2905 | 7,309 |
| Ruum 406 | 1475,0 | 713,2 | 1564,5 | 467 | 3031 | 3,396 |
| Kokku | 1046,7 | 571,0 | 902 | 353 | 3031 | 1,751 |

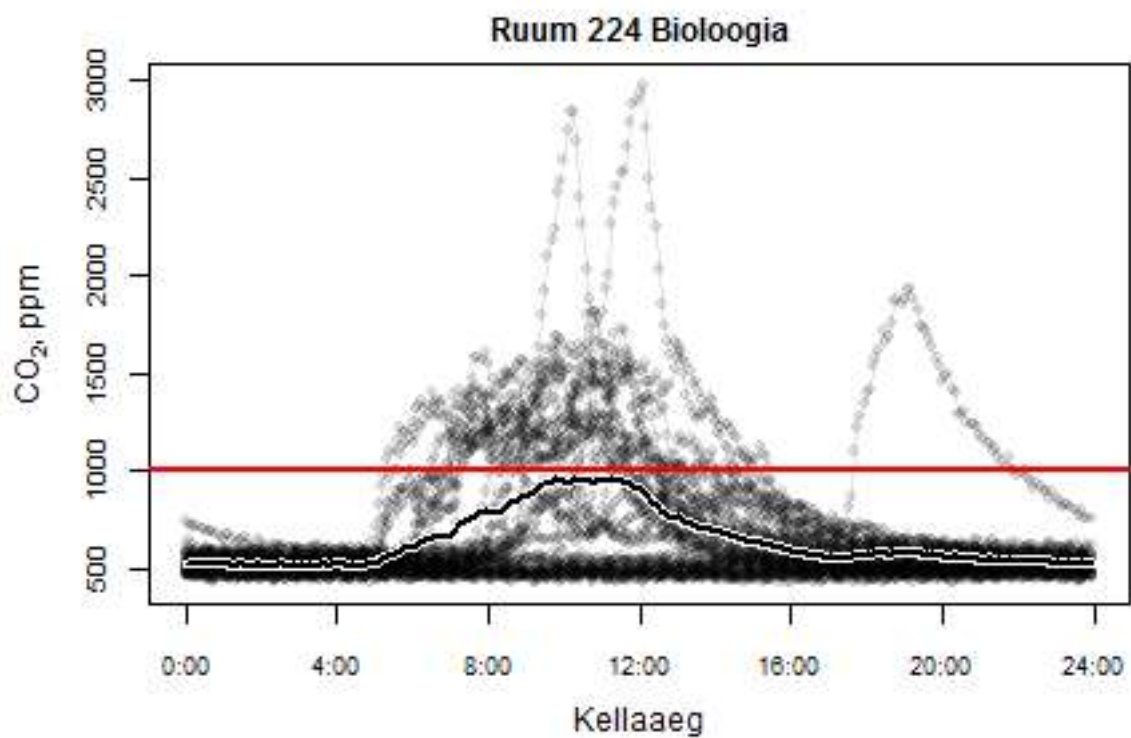
Tabel 85. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



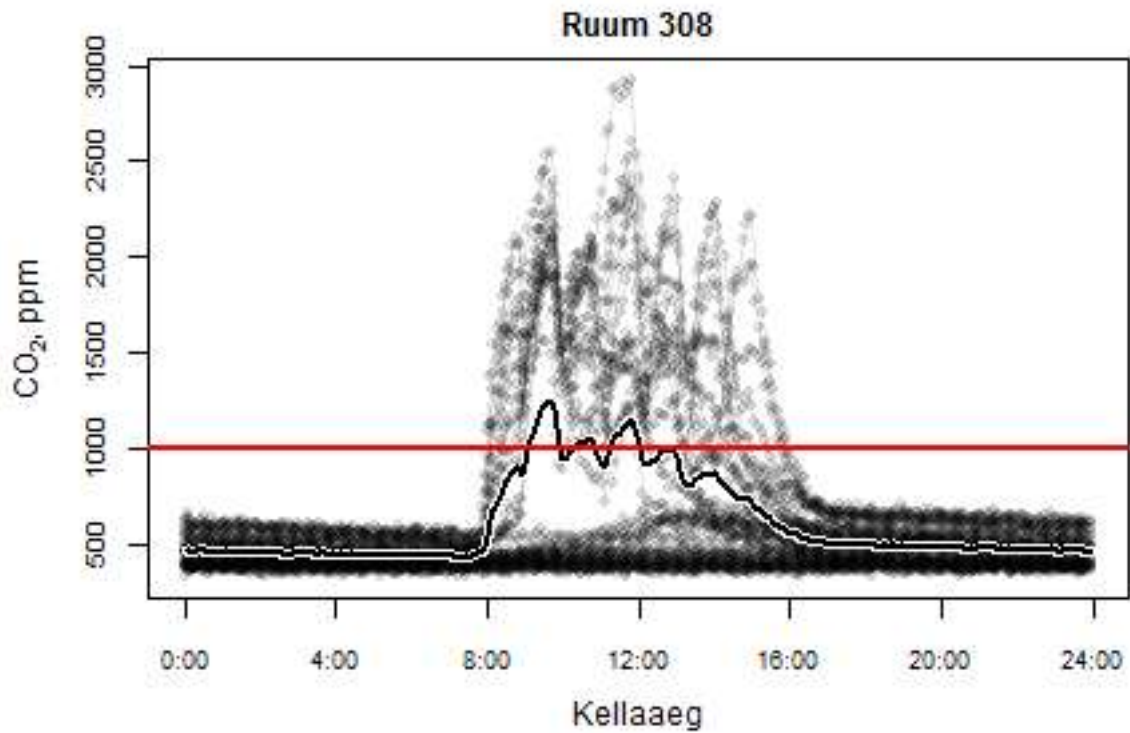
Graafik 213. Ruumi 205 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



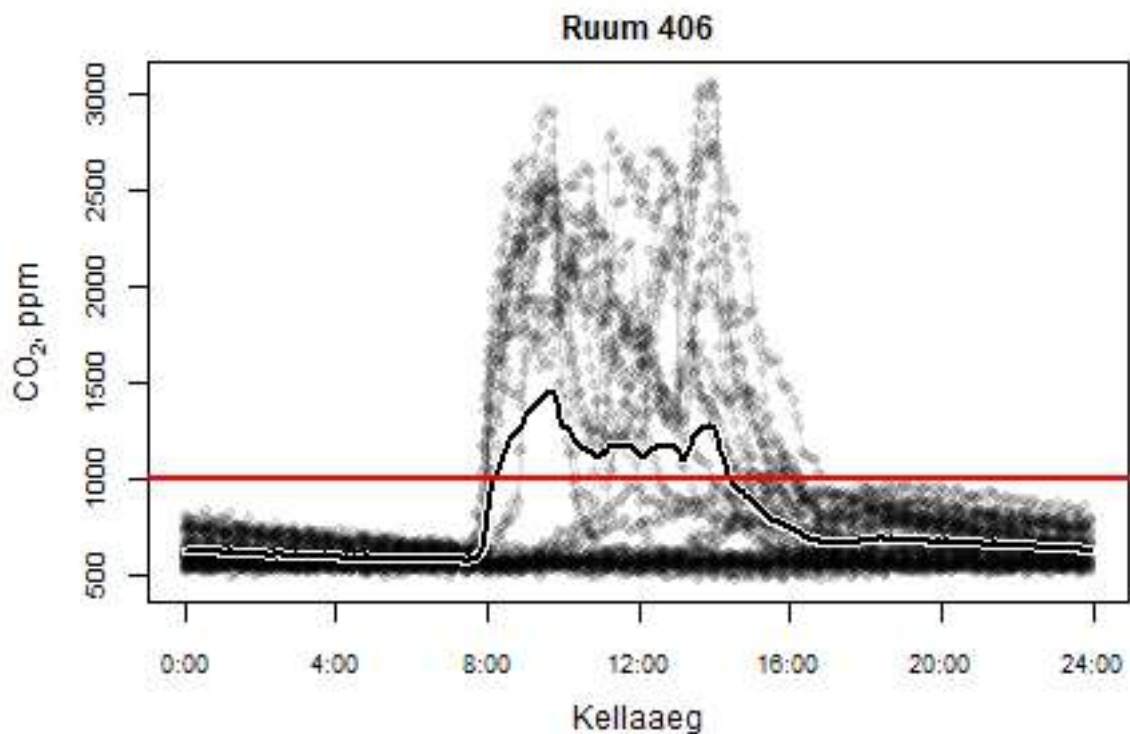
Graafik 214. Ruumi 218 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 215. Ruumi 224 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 216. Ruumi 308 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 217. Ruumi 406 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes

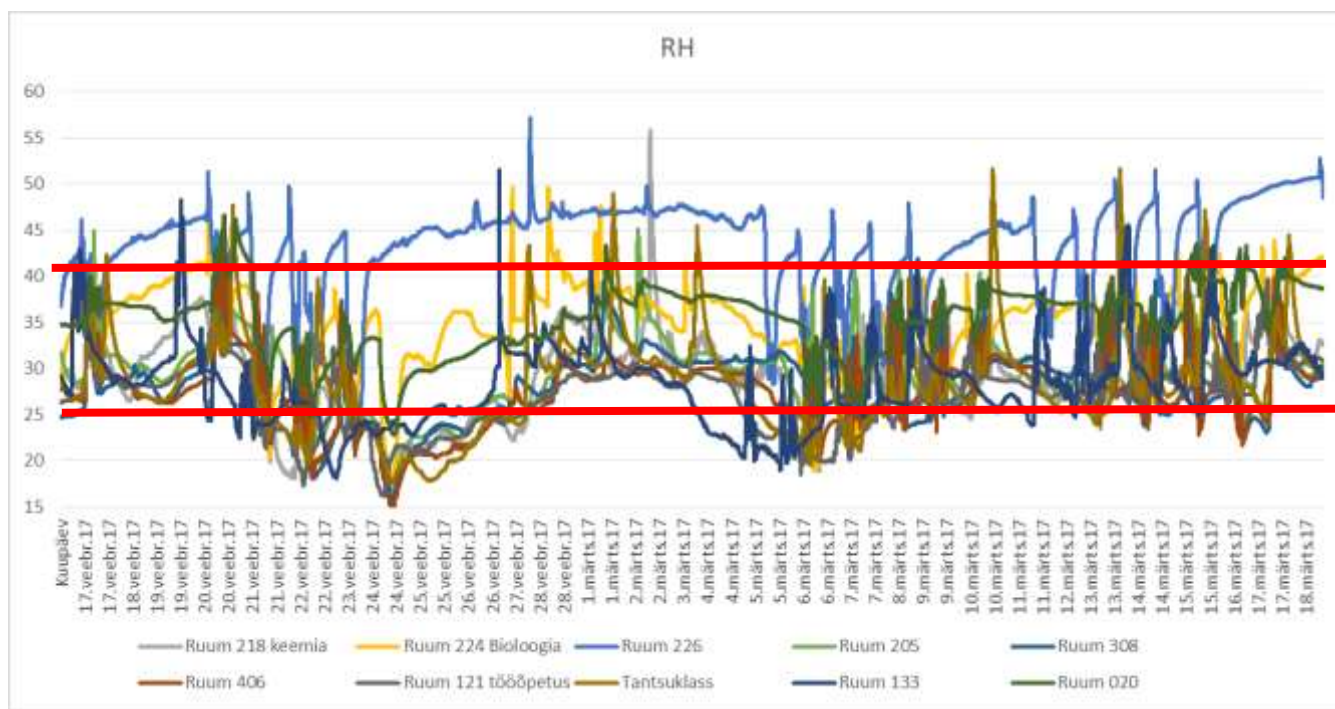
Vahetundide ajal CO₂ tase küll langeb (tabel 86), kuid mitte piisavalt ehk õppetöö tundide ajal klassiruumides CO₂ tase kumuleerub. Klassiruumides 218 ja 226 CO₂ tase vahetunni ajal keskmiselt hoopis tõuseb. See näitab, et õpilased viibivad ka vahetundide ajal klassiruumis.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|--------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-------------------|
| Ruum 121 | 642,7 | 230,9 | 574 | 411 | 1348 | -0,979 |
| Tööõpetus | | | | | | |
| Ruum 133 | 530,6 | 204,0 | 475 | 418 | 1766 | -0,259 |
| Ruum 205 | 1249,1 | 593,5 | 1351 | 384 | 2439 | -1,635 |
| Ruum 218 Keemia | 1043,2 | 360,2 | 1113 | 426 | 2077 | 0,538 |
| Ruum 224 Bioloogia | 1073,6 | 429,8 | 1071 | 430 | 2976 | -0,052 |
| Ruum 226 | 547,0 | 25,8 | 544 | 509 | 610 | 1,775 |
| Ruum 308 | 1282,8 | 610,4 | 1350 | 353 | 2927 | -15,202 |
| Ruum 406 | 1522,7 | 727,8 | 1647 | 489 | 3062 | -5,004 |
| Kokku | 1092,5 | 592,0 | 1013 | 353 | 3062 | -3,415 |

Tabel 86. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste vahetundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul vahetunni esimese 10 minuti kestel

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Tallinna Mustamäe Humanitaargümnaasiumis probleeme. Kriitilise taseme alandamiseks tuleb leida võimalus ruumide välisõhuga tuulutamiseks kas läbi akende või siis intensiivistada sundventilatsiooniga õhuvahetust nimetatud ruumides. Soovitav on välistada õpilaste viibimine klassiruumides vahetundidel ning võimalusel tuulutada vahetundide ajal klassiruumi välisõhuga läbi akende. Soovitame teiste ruumide õpetajatel järgida ruumi 308 kasutaja käitumist, kus CO₂ tase langeb vahetunnil 15,2 ppm/minutis.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 218. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| . | Ruum 218 | Bioloogia | Ruum 226 | Ruum 205 | Ruum 308 | Ruum 406 | Ruum 121 | Tantsuklass | Ruum 133 | Ruum 020 | KOKKU |
|------------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 11124 | 11081 | 10344 | 11185 | 11185 | 11185 | 10900 | 11119 | 10672 | 11184 | 98855 |
| alla 40 % | 10876 | 9380 | 2002 | 11080 | 11154 | 11150 | 10900 | 10682 | 10486 | 10440 | 87274 |
| alla 25 % | 1676 | 513 | 0 | 1206 | 2314 | 2002 | 2702 | 2162 | 1809 | 81 | 12789 |
| alla 40 % | 97,8% | 84,6% | 19,4% | 99,1% | 99,7% | 99,7% | 100,0% | 96,1% | 98,3% | 93,3% | 88,3% |
| alla 25 % | 15,1% | 4,6% | 0,0% | 10,8% | 20,7% | 17,9% | 24,8% | 19,4% | 17,0% | 0,7% | 12,9% |

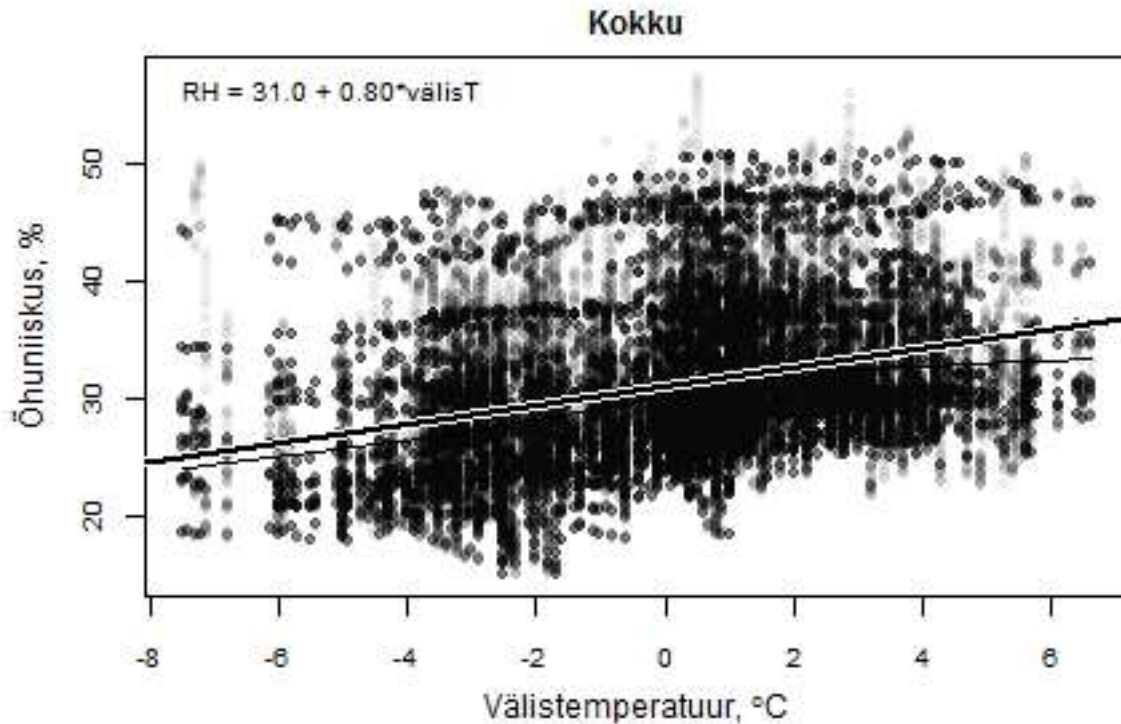
Tabel 87. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 218 ja tabelist 87 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb osaliselt allapoole lubatud piirmäärasid. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid veebruaris-märtsis ning keskmine välistemperatuur oli +0,67°C, siis tuleks arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Nagu on toodud tabelis 88, on korrelatsioon välistemperatuuri ja siseõhu suhtelise õhuniiskuse vahel tugev.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|--------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| Ruum 020 | 35,32 | 3,68 | 36,1 | 22,8 | 46,6 | 0,51 |
| Ruum 121 | 26,77 | 3,50 | 27,5 | 16,1 | 39,6 | 0,69 |
| Tööõpetus | | | | | | |
| Ruum 133 | 28,35 | 4,39 | 28,4 | 18,1 | 51,6 | 0,38 |
| Ruum 205 | 29,49 | 4,04 | 29,9 | 15,4 | 45,1 | 0,47 |
| Ruum 218 Keemia | 29,19 | 4,67 | 29,5 | 16,6 | 55,8 | 0,68 |
| Ruum 224 Bioloogia | 34,44 | 4,97 | 35,4 | 18,2 | 49,6 | 0,45 |
| Ruum 226 | 43,29 | 4,85 | 44,7 | 25,0 | 57,2 | 0,40 |
| Ruum 308 | 28,17 | 3,96 | 28,6 | 15,5 | 43,1 | 0,37 |
| Ruum 406 | 27,54 | 3,95 | 27,7 | 14,9 | 44,2 | 0,46 |
| Tantsuklass | 28,39 | 5,27 | 28,05 | 17,6 | 51,7 | 0,55 |
| Kokku | 31,10 | 6,55 | 30,1 | 14,9 | 57,2 | 0,33 |

Tabel 88. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (tabel 88) on vahemikus 0,37-0,69 mis on keskmise seose näitaja. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=31,0+0,80 \cdot välisT$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,80% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.

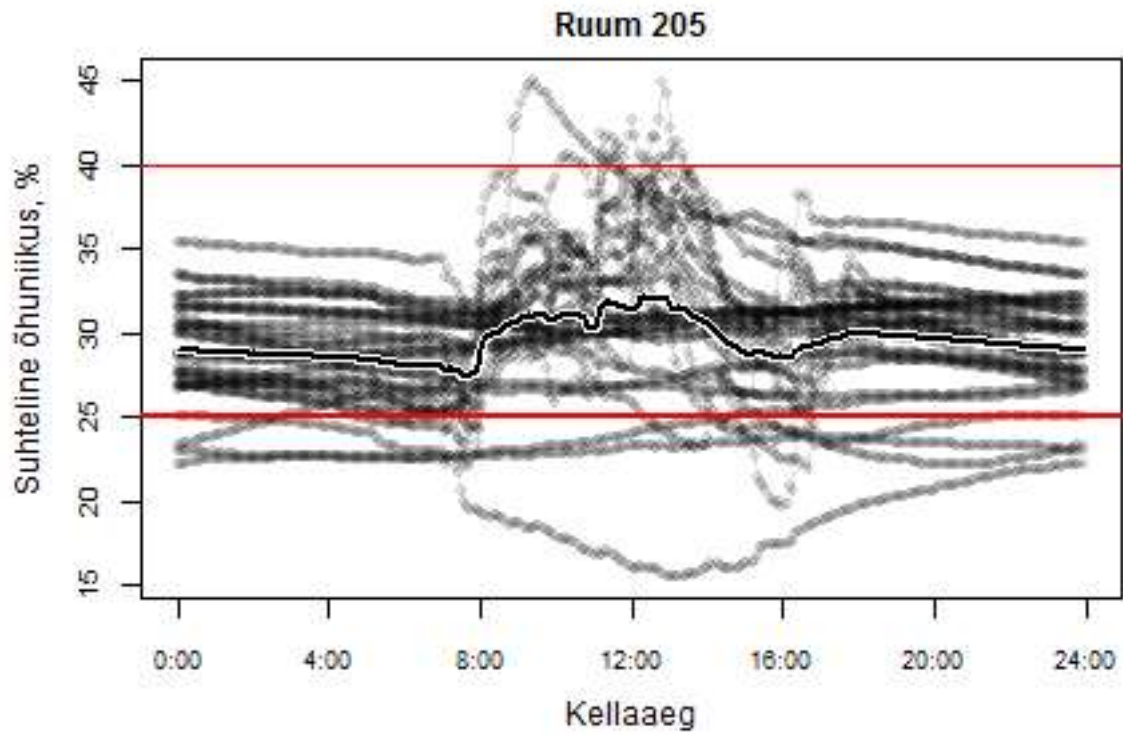


Graafik 219. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos

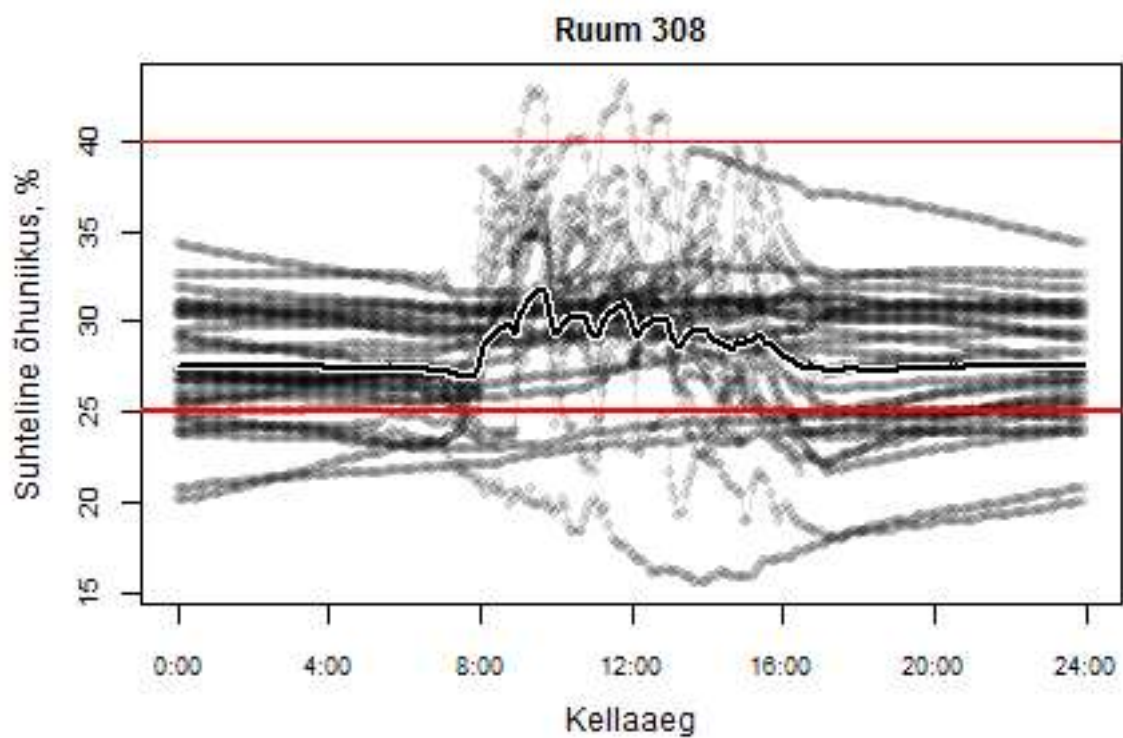
Kui analüüsida suhtelist õhuniiskust õppetöö tundide ajal (tabel 89), siis on näha, et kõikides ruumides on suhtelise õhuniiskuse keskmine tase kõrgem minimaalsest lubatust. Sama näitavad ka graafikud 220-223, kus on näha suhtelise õhuniiskuse tõus tundide ajal.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinimum | Maksimu m | Muutus minutis |
|--------------------|----------|--------------------|---------|----------|--------------|-------------------|
| Ruum 121 | 26,81 | 4,13 | 27,7 | 16,2 | 35,2 | -0,001 |
| Tööõpetus | | | | | | |
| Ruum 133 | 28,26 | 3,60 | 28,6 | 19,8 | 37,6 | -0,001 |
| Ruum 205 | 32,31 | 5,22 | 32,5 | 15,7 | 45,1 | 0,014 |
| Ruum 218 Keemia | 29,20 | 4,89 | 29,7 | 16,6 | 40 | -0,014 |
| Ruum 224 Bioloogia | 31,89 | 6,32 | 31,3 | 18,4 | 49,6 | -0,008 |
| Ruum 226 | 43,56 | 4,46 | 44,6 | 31,7 | 50 | -0,008 |
| Ruum 308 | 30,92 | 4,46 | 30,9 | 15,5 | 42,8 | 0,052 |
| Ruum 406 | 30,58 | 5,05 | 30,5 | 14,9 | 44 | 0,018 |
| Kokku | 30,55 | 5,62 | 30,4 | 14,9 | 50,0 | 0,008 |

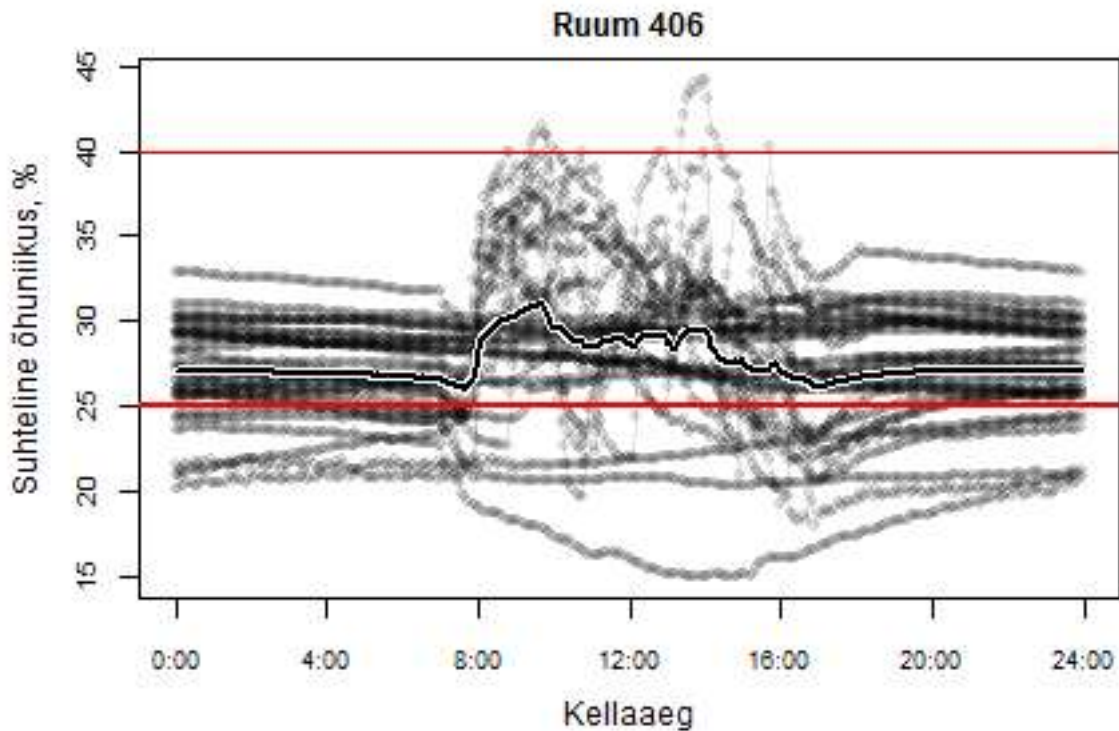
Tabel 89. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 220. Ruumi 205 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 221. Ruumi 308 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 222. Ruumi 406 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on antud hoones vähesel määral ning väljaspool õppetöö tunde. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Tallinna Mustamäe Humanitaargümnaasiumis keskmiselt tasemele 15,0%. Seega on talveperioodil ruumide õhk kuiv, kuid mitte väga kriitiline. Õhu suhteline niiskus antud hoones on võrreldes teiste hoonetega kõrgem ka sellepärast, et väljaspool õppetööd hoitakse temperatuur madalal ja sellega koos tõuseb õhu suhteline niiskus.

Georg Otsa nimeline Tallinna Muusikakool

Möödistuste aeg: 18.veebruar 2017 – 20.märts 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- A-06
- A-01
- A-17
- A-16
- A-18
- Saal
- A-23
- B-15

- B-35
- B-01

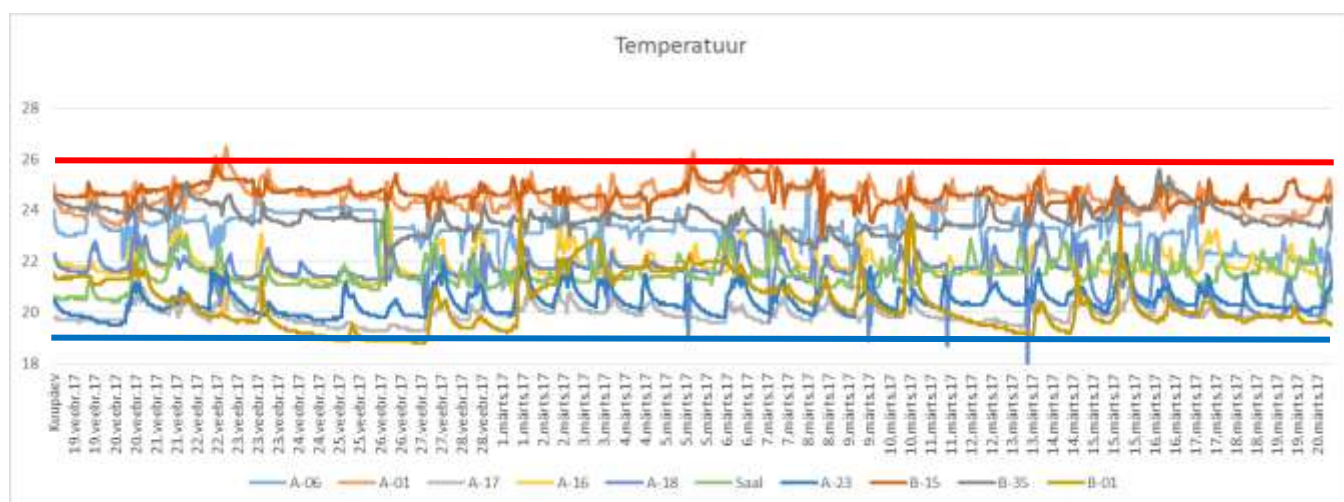
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamus ajast miinuskraadides. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperiodil oli -7,5 kuni +9,0°C keskmine temperatuur +0,67°C
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,00 – 2,96 m põrandapinnast.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



Graafik 223. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperiodi ulatuses.

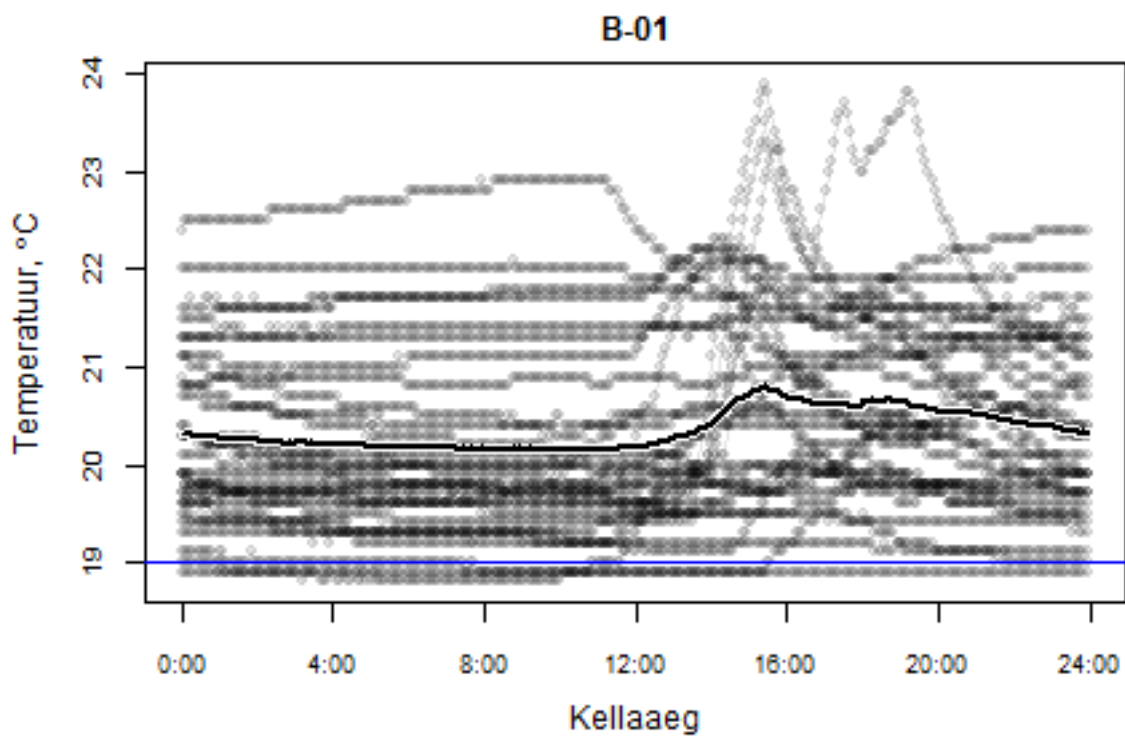
| | A-06 | A-01 | A-17 | A-16 | A-18 | Saal | A-23 | B-15 | B-35 | B-01 | KOKKU |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| KOKKU | 10527 | 10609 | 10608 | 10608 | 10608 | 10083 | 10608 | 10609 | 10609 | 10608 | 105477 |
| Üle 26 °C | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 499 | 511 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,5% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 4,7% | 0,5% |

Tabel 90. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperiodi vältel

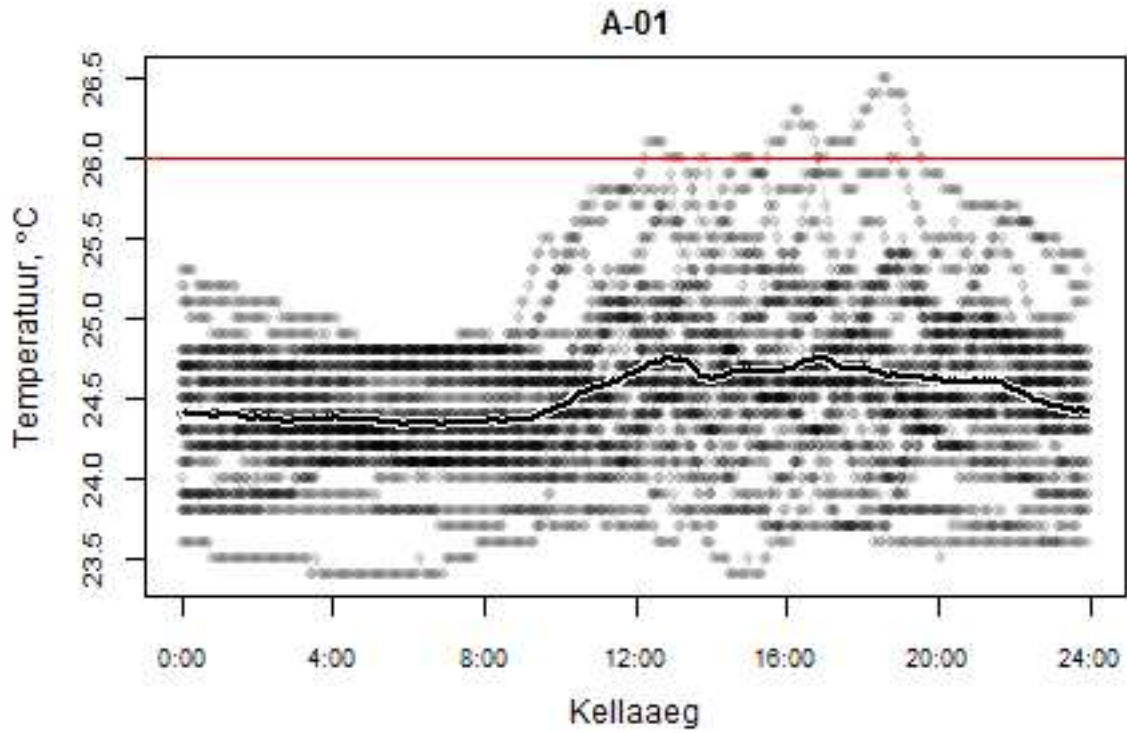
Graafikult 223 ja tabelist 90 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C on ületatud ühes ruumis lühiajaliselt ning allapoole minimaalse lubatud temperatuuri 19°C on langenud temperatuur kahes ruumis. Neist ruumis B-01 on allapoole lubatud temperatuuri 4,7% kogu mõõdistusperiodi ajast. Nagu näha graafikult 224, on antud ruumis aktiivne tegevus alates kella 12-st. Samas kui temperatuur on allapoole lubatud piiri varajastel hommikutundidel. Tabelis 91 on näha, et siseõhu temperatuur ja välisõhu temperatuuri korrelatsioon on nõrk.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimum | Korrelatsioon välistemp,- ga |
|-------|----------|--------------------|---------|--------|----------|------------------------------------|
| A-06 | 23,20 | 0,60 | 23,3 | 20,9 | 25,2 | -0,16 |
| A-01 | 24,52 | 0,49 | 24,5 | 23,4 | 26,5 | -0,40 |
| A-17 | 19,96 | 0,34 | 19,9 | 19,3 | 21,0 | 0,35 |
| A-16 | 21,86 | 0,49 | 21,7 | 19,8 | 24,0 | 0,22 |
| A-18 | 21,50 | 0,71 | 21,6 | 18,0 | 23,9 | -0,03 |
| Saal | 21,49 | 0,52 | 21,4 | 20,2 | 24,2 | -0,20 |
| A-23 | 20,44 | 0,49 | 20,3 | 19,5 | 22,3 | 0,23 |
| B-15 | 24,63 | 0,38 | 24,6 | 22,9 | 25,8 | -0,37 |
| B-35 | 23,66 | 0,48 | 23,6 | 21,1 | 25,6 | 0,06 |
| B-01 | 20,36 | 1,00 | 20,1 | 18,8 | 23,9 | 0,11 |
| Kokku | 22,16 | 1,74 | 21,8 | 18,0 | 26,5 | 0,00 |

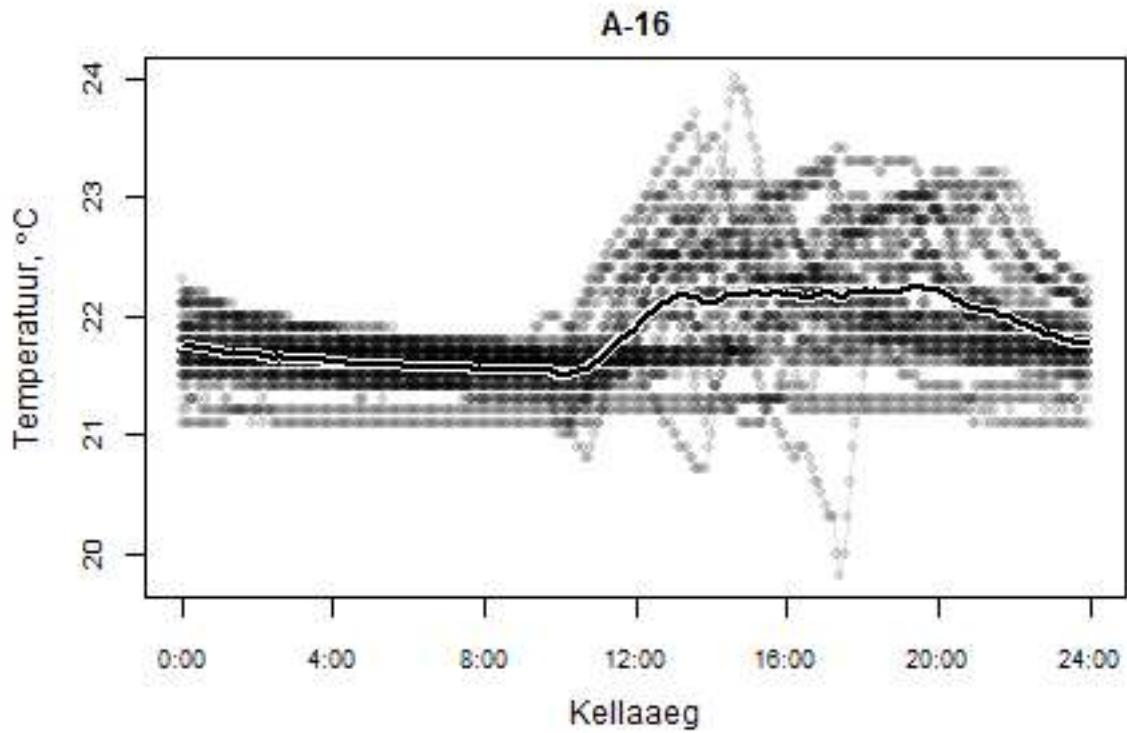
Tabel 91. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga



Graafik 224. Temperatuuri muutus ruumis B-01 ööpäeva lõikes.

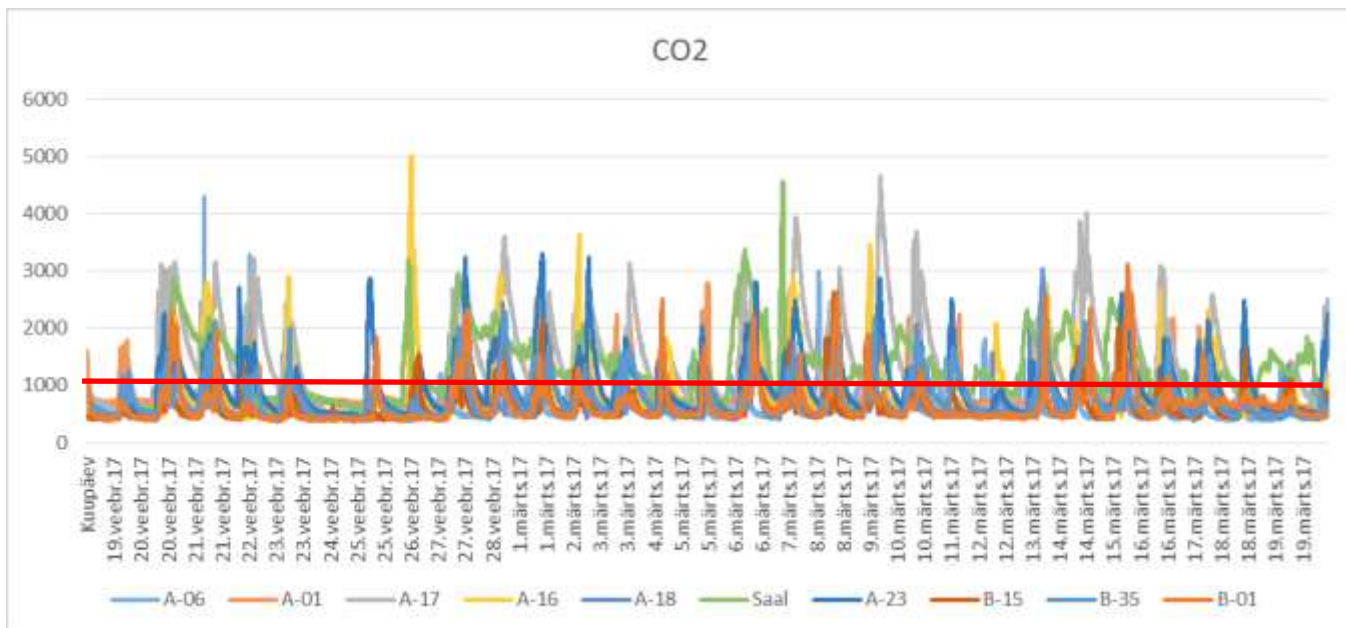


Graafik 225. Temperatuuri muutus ruumis A-01 ööpäeva lõikes.



Graafik 226. Temperatuuri muutus ruumis A-16 ööpäeva lõikes.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.

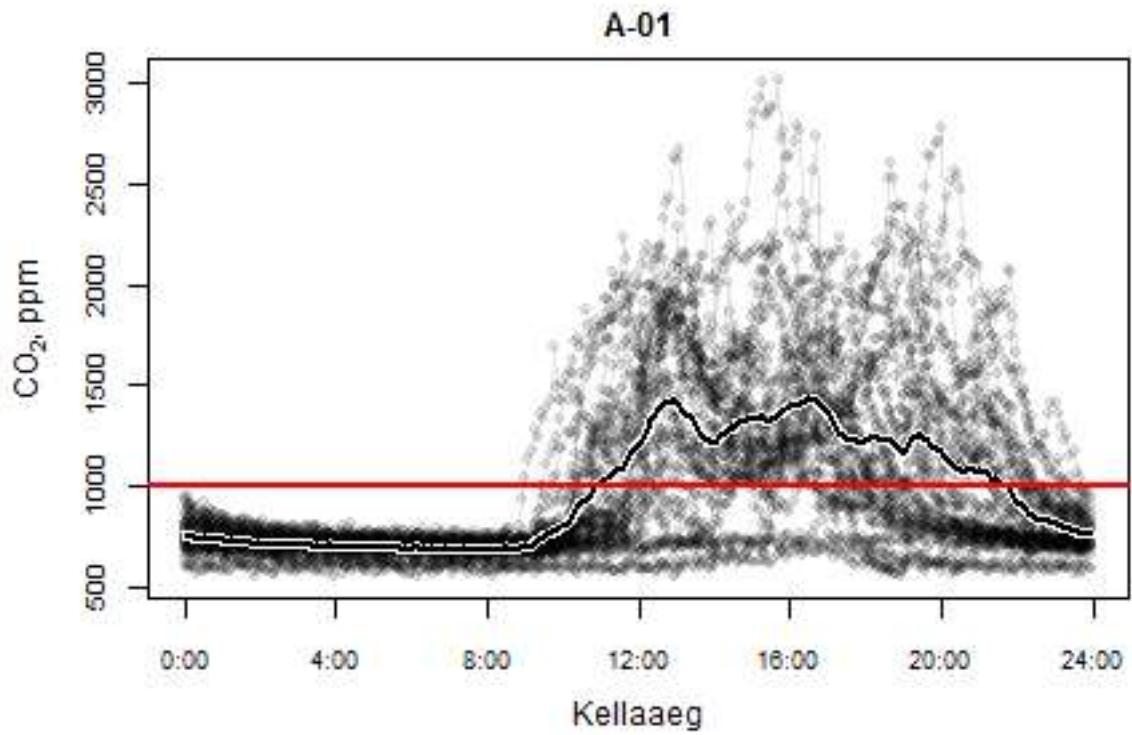


Graafik 227. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

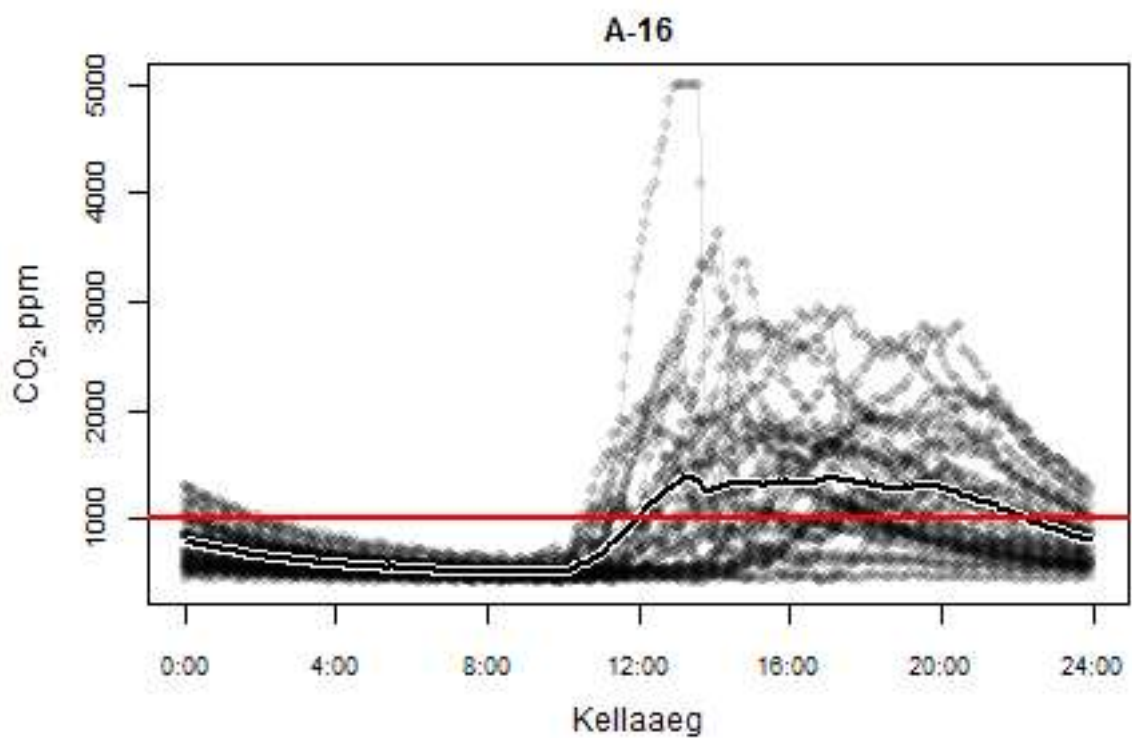
| | A-06 | A-01 | A-17 | A-16 | A-18 | Saal | A-23 | B-15 | B-35 | B-01 | KOKKU |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| KOKKU | 10527 | 10609 | 10608 | 10608 | 10608 | 10083 | 10608 | 10609 | 10609 | 10608 | 84341 |
| Üle 1000 ppm | 1569 | 3319 | 6454 | 3093 | 1176 | 5699 | 4237 | 993 | 1899 | 1029 | 24580 |
| Üle 1000 ppm | 14,9% | 31,3% | 60,8% | 29,2% | 11,1% | 56,5% | 39,9% | 9,4% | 17,9% | 9,7% | 29,1% |

Tabel 92. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

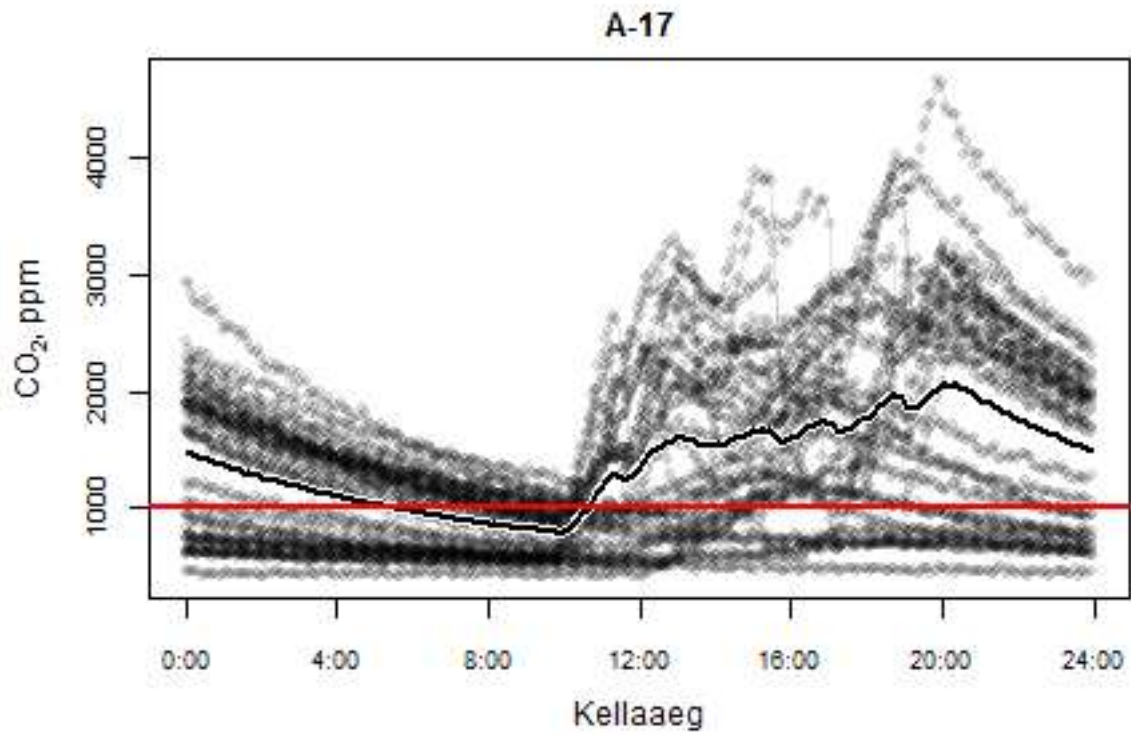
Graafikult 227 ja tabelist 92 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. CO₂ tasemed ulatuvad isegi kuni 5000 ppm-ni, mis on väga kõrge tase. Kuna tunniplaan Georg Otsa nimelises Tallinna Muusikakoolis on väga ebaühtlane, siis on järgnevas lisatud kõige probleemsemate ruumide CO₂ sisalduste muutuste graafikud ööpäeva lõikes. Graafikutelt ja tabelist 93 on näha, et tundide lõpuks tõuseb CO₂ tase oluliselt. Maksimaalsed CO₂ tasemed ulatuvad tundide ajal kuni 4656 ppm (tabel 93). Ruumis A-17 kumuleerub CO₂ tase nii kõrgele, et alles kella 4 ajal hommikutundidel langeb CO₂ tase allapoole lubatud piiri. Kõik need näitajad on tingitud vähesest ruumide õhuvahetusest.



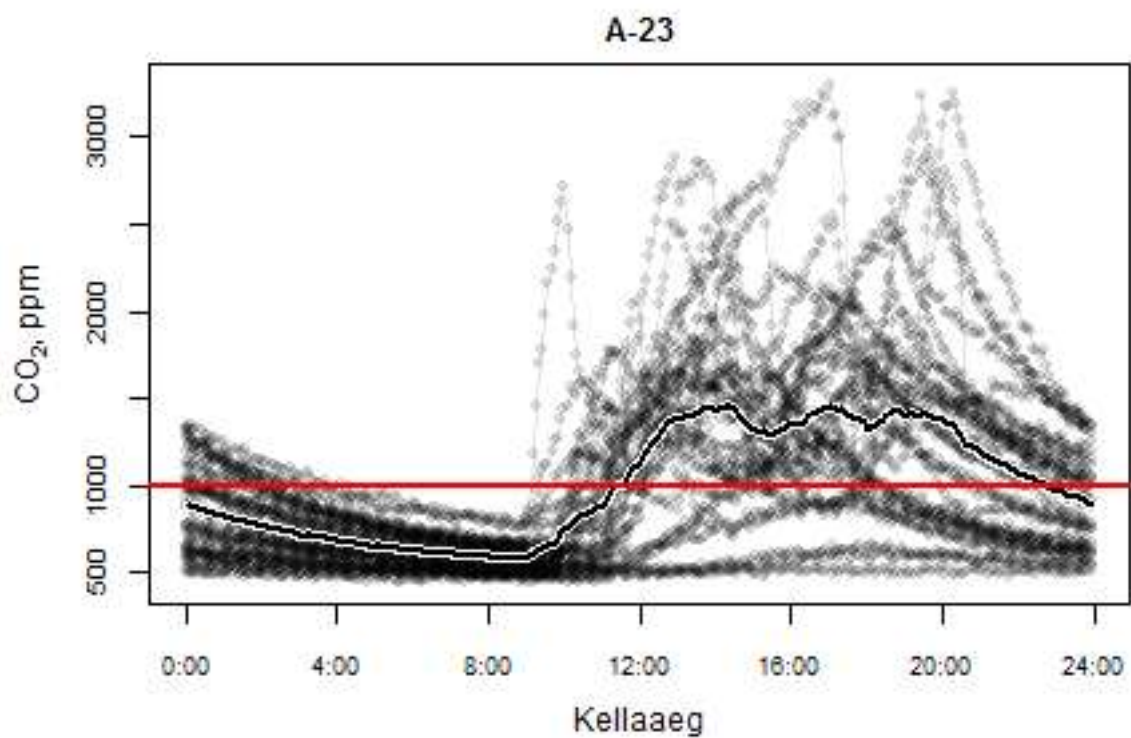
Graafik 228. Ruumi A-01 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 229. Ruumi A-16 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 230. Ruumi A-17 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



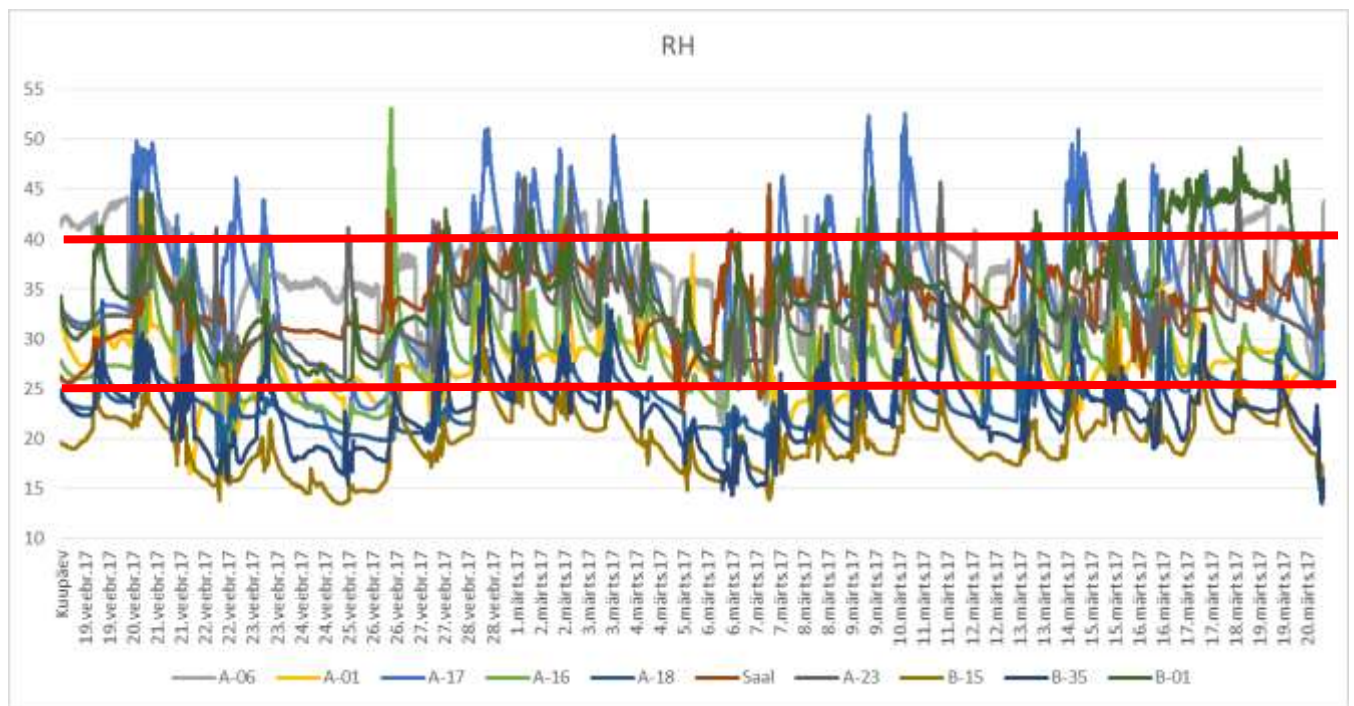
Graafik 231. Ruumi A-23 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|-------|----------|--------------------|---------|----------|----------|-------------------|
| A-06 | 851,0 | 361,1 | 773 | 425 | 4299 | -0,615 |
| A-01 | 1234,0 | 457,5 | 1200 | 575 | 3016 | 1,936 |
| A-17 | 1732,4 | 833,8 | 1687 | 444 | 4656 | 4,147 |
| A-16 | 1152,6 | 656,3 | 982,5 | 402 | 3637 | 1,230 |
| A-18 | 793,7 | 299,7 | 752 | 390 | 2139 | 0,382 |
| Saal | 1397,6 | 587,8 | 1297 | 552 | 2656 | -0,375 |
| A-23 | 1283,0 | 564,9 | 1257 | 472 | 3250 | 1,498 |
| B-15 | 780,2 | 331,1 | 696,5 | 393 | 2632 | 1,149 |
| B-35 | 960,2 | 469,3 | 846 | 403 | 3028 | 0,898 |
| B-01 | 783,2 | 422,1 | 692 | 384 | 3115 | 0,953 |
| Kokku | 1068,6 | 597,8 | 896 | 384 | 4656 | 1,261 |

Tabel 93. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Kokkuvõtteks võib väita, et CO₂ tasemega on Georg Otsa nimelises Tallinna Muusikakoolis probleeme. Kriitilise taseme alandamiseks tuleb leida võimalus ruumide välisõhuga tuulutamiseks kas läbi akende või siis intensiivistada sundventilatsiooniga õhuvahetust nimetatud ruumides. Soovitav on välistada õpilaste viibimine klassiruumides vahetundidel ning võimalusel tuulutada vahetundide ajal klassiruumi välisõhuga läbi akende. Kuna ruumides on palju ebaregulaarseid individuaaltunde, siis on soovitatav kasutada hoones ruumides CO₂ anduriga lokaalseid ventilatsiooniseadmeid.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 232. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | A-06 | A-01 | A-17 | A-16 | A-18 | Saal | A-23 | B-15 | B-35 | B-01 | KOKKU |
|------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|--------------|
| KOKKU | 10527 | 10609 | 10608 | 10608 | 10608 | 10083 | 10608 | 10609 | 10609 | 10608 | 94950 |
| alla 40 % | 7590 | 10599 | 8042 | 10515 | 10607 | 9862 | 10237 | 10609 | 10609 | 8278 | 89358 |
| alla 25 % | 145 | 1846 | 611 | 1371 | 7113 | 212 | 1 | 9959 | 7892 | 6 | 29011 |
| alla 40 % | 72,1% | 99,9% | 75,8% | 99,1% | 100,0% | 97,8% | 96,5% | 100,0% | 100,0% | 78,0% | 94,1% |
| alla 25 % | 1,4% | 17,4% | 5,8% | 12,9% | 67,1% | 2,1% | 0,0% | 93,9% | 74,4% | 0,1% | 30,6% |

Tabel 94. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 232 ja tabelist 94 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb osaliselt allapoole lubatud piirmäärasid. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid veebruaris-märtsis ning keskmine välistemperatuur oli +0,67°C, siis tuleks arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Nagu on toodud tabelis 95, on korrelatsioon välistemperatuuri ja siseõhu suhtelise õhuniiskuse vahel keskmine. Vaid ruumis A-15 on korrelatsioon tugev.

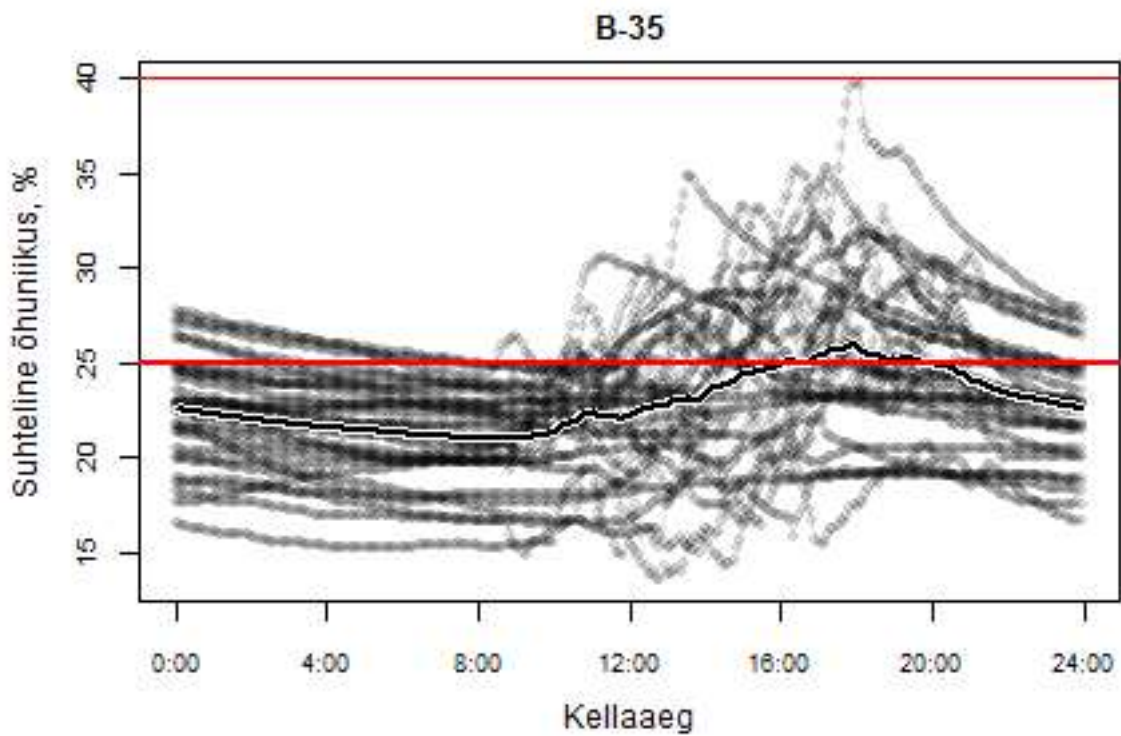
Tabelist 96 on näha, et tundide ajal langes suhteline õhuniiskus keskmiselt alla lubatud 25% ruumides A-18, B-15 ja B-35. Graafikutelt 233-235 on näha, et tundide ajal suhteline õhuniiskus küll tõuseb, kuid keskmiselt jääb ikka allapoole lubatud 25% piiri.

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Korrelatsioon välistemp,-ga |
|-------|----------|----------------|---------|----------|----------|-----------------------------|
| A-06 | 35,98 | 4,49 | 36,1 | 20,9 | 45,3 | 0,37 |
| A-01 | 27,42 | 3,03 | 27,4 | 16,5 | 43,9 | 0,45 |
| A-17 | 35,11 | 6,50 | 34,8 | 18,9 | 52,6 | 0,54 |
| A-16 | 28,40 | 3,94 | 27,9 | 16,1 | 53,1 | 0,47 |
| A-18 | 23,65 | 2,30 | 23,6 | 16,0 | 45,9 | 0,48 |
| Saal | 33,64 | 3,42 | 33,8 | 22,7 | 45,5 | 0,30 |
| A-23 | 32,39 | 3,40 | 32,0 | 24,9 | 46,2 | 0,53 |
| B-15 | 19,85 | 3,09 | 19,7 | 13,4 | 34,8 | 0,71 |
| B-35 | 22,89 | 3,75 | 22,8 | 13,5 | 39,8 | 0,57 |
| B-01 | 34,84 | 4,99 | 34,6 | 24,9 | 49,2 | 0,59 |
| Kokku | 29,42 | 6,84 | 29,3 | 13,4 | 53,1 | 0,29 |

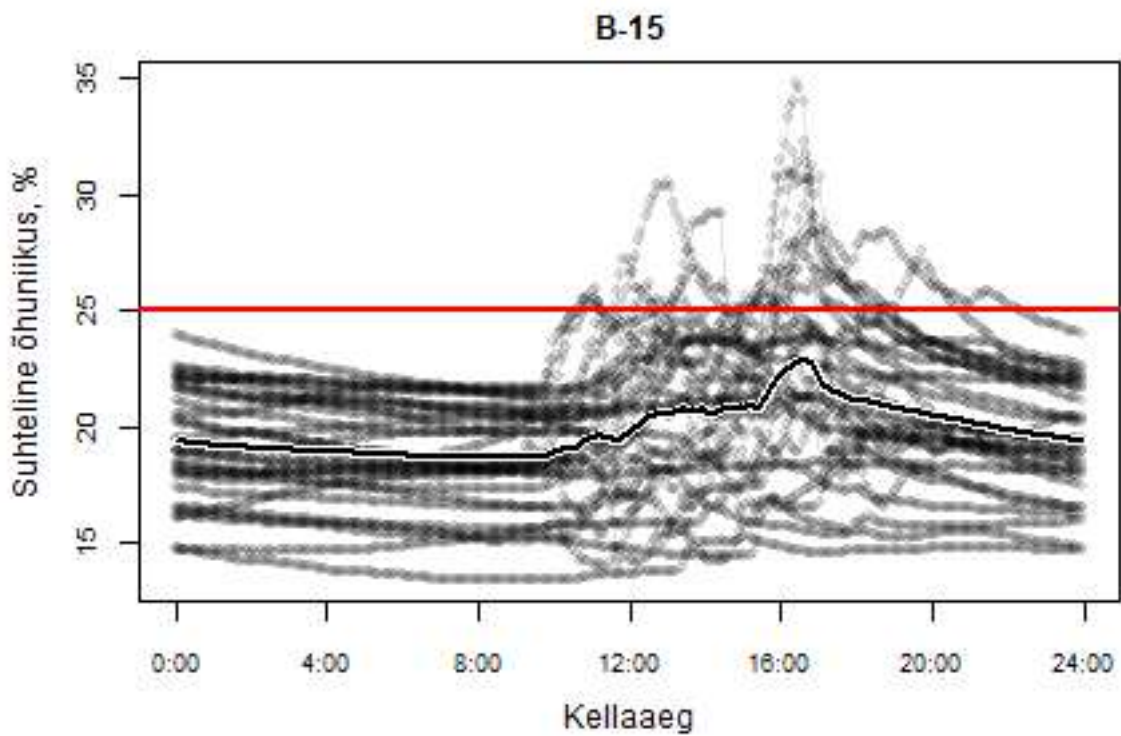
Tabel 95. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|-------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| A-06 | 34,38 | 4,87 | 35,2 | 20,9 | 45,3 | 0,004 |
| A-01 | 27,85 | 3,64 | 27,9 | 16,6 | 43,5 | 0,004 |
| A-17 | 37,39 | 6,50 | 37,7 | 22,7 | 52,6 | 0,027 |
| A-16 | 29,40 | 4,46 | 28,9 | 16,1 | 45,3 | 0,007 |
| A-18 | 24,19 | 2,46 | 23,9 | 17,1 | 45,9 | 0,000 |
| Saal | 34,13 | 3,59 | 34,4 | 24,7 | 39,9 | -0,002 |
| A-23 | 33,19 | 3,80 | 32,9 | 24,9 | 46,1 | 0,007 |
| B-15 | 20,61 | 3,58 | 20,4 | 13,8 | 34,8 | 0,007 |
| B-35 | 23,97 | 4,52 | 23,8 | 13,5 | 39,8 | 0,008 |
| B-01 | 35,36 | 4,53 | 35,4 | 26,4 | 46,5 | 0,009 |
| Kokku | 29,67 | 7,04 | 29,3 | 13,5 | 52,6 | 0,008 |

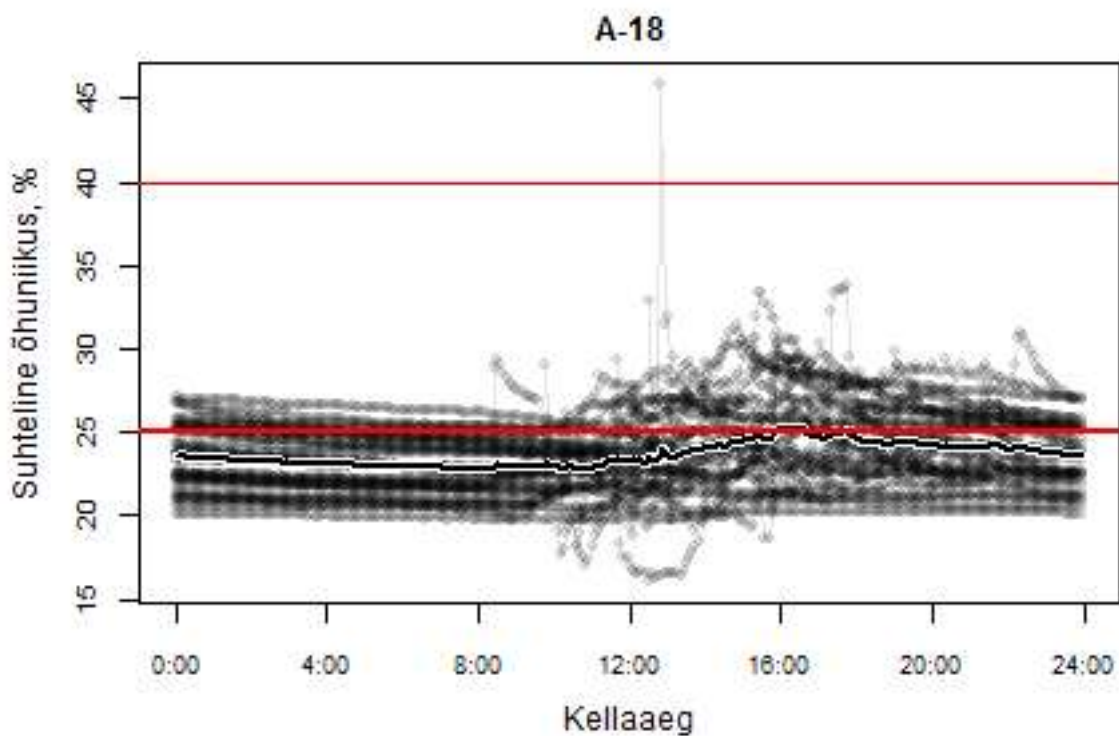
Tabel 96. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 233. Ruumi B-35 õhu suhtelise niiskuse muutus ööpäeva lõikes

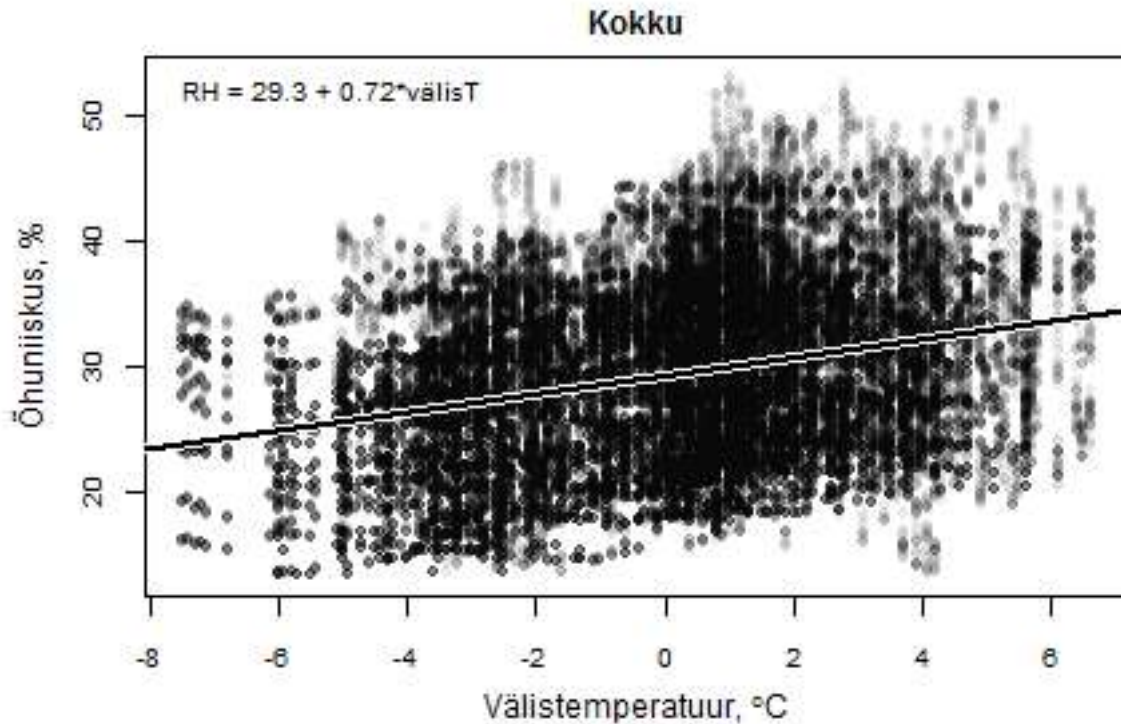


Graafik 234. Ruumi B-15 õhu suhtelise niiskuse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 235. Ruumi A-18 õhu suhtelise niiskuse muutus ööpäeva lõikes

Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (tabel 95) on vahemikus 0,30-0,71 mis on keskmise tugevusega seose näitaja. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $\text{siseRH} = 29,3 + 0,72 \cdot \text{välisT}$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,72% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.



Graafik 236. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välitemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Georg Otsa nimelises Tallinna Muusikakoolis keskmiselt tasemele 14,9%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Kallemäe Kool

Möödistuste aeg: 17.märts 2017 – 16. aprill 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Ruum 225 juhiabi
- Ruum 243

- Ruum 249
- Ruum 216
- Ruum 202 õpilaskodu
- Ruum 103 aula
- Ruum 111
- Ruum 118 töõpetus
- Ruum 122 saal
- Ruum 134 ujula

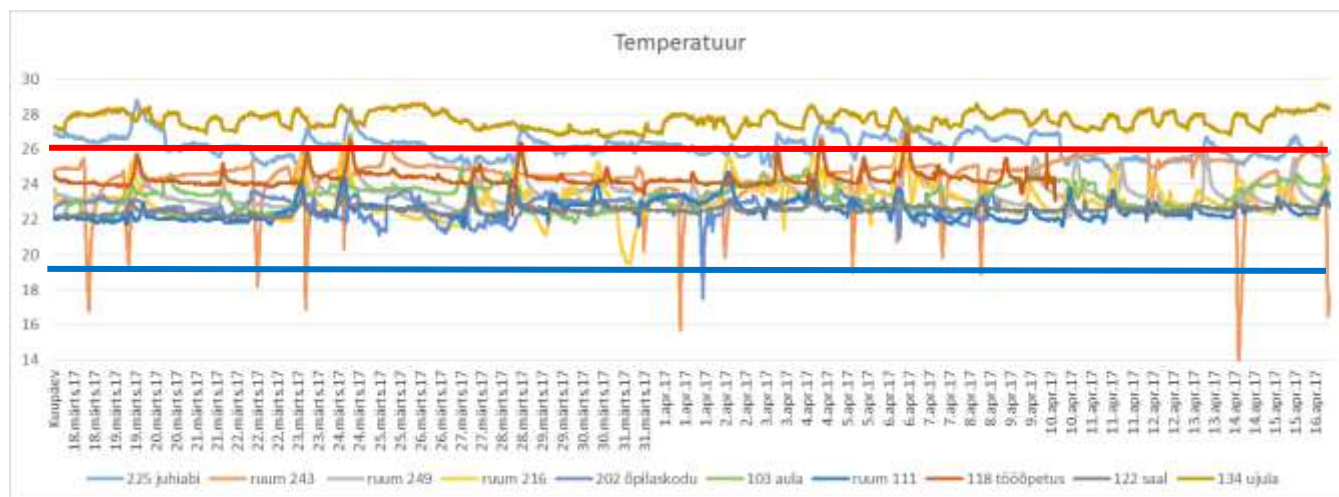
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamus ajast miinuskraadides. Välistõhu temperatuurivahemik mõõtmisperiodil oli -3,8 kuni +10,6°C keskmine temperatuur +3,02°C
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,51 – 2,90 m põrandapinnast.
- Mõõdistusperiodil oli koolivaheaeg 18-26. märts 2017

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C

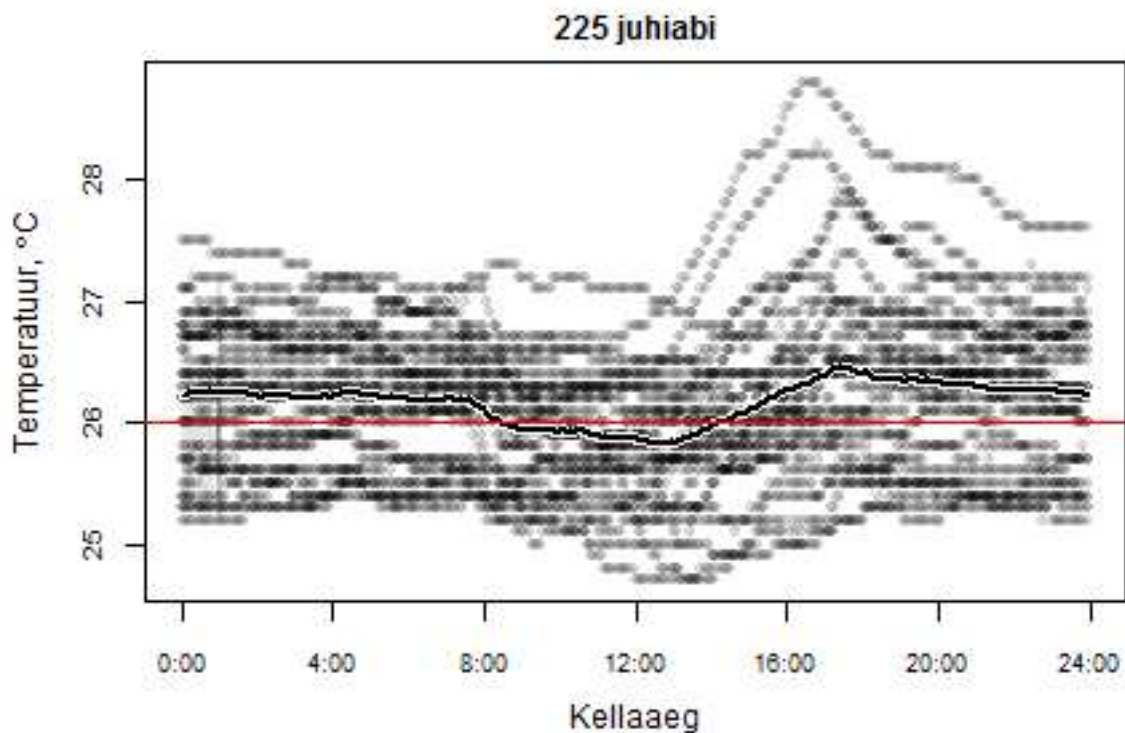


Graafik 237. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperiodi ulatuses.

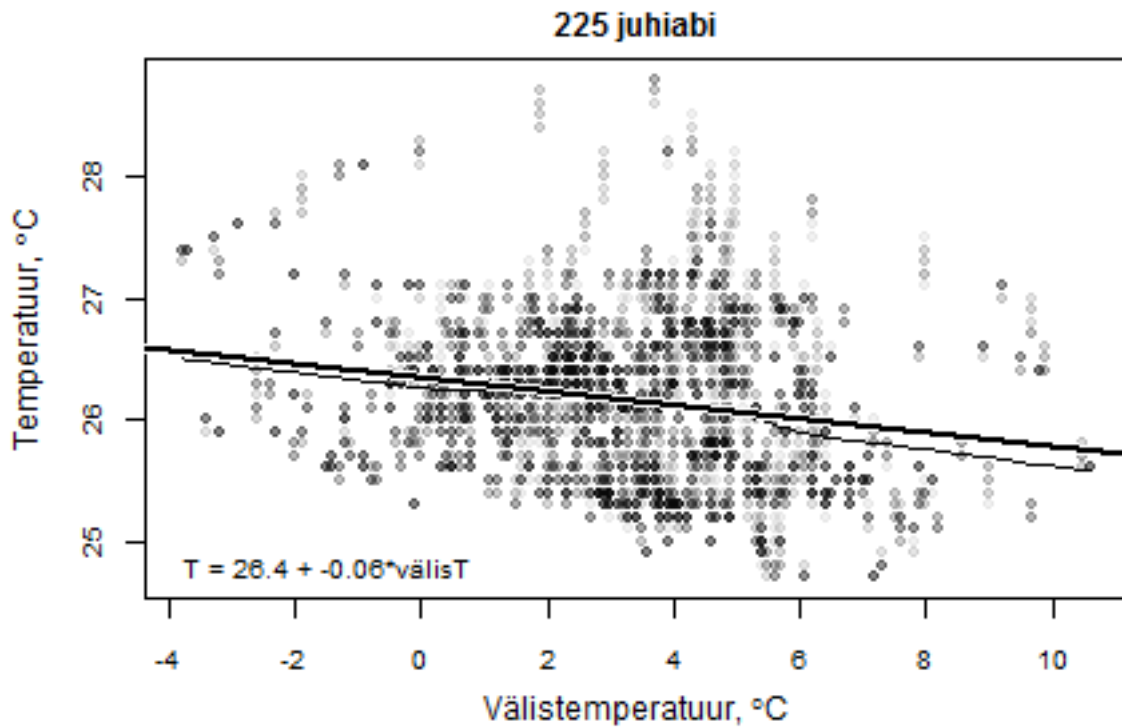
| . | 225 juhiabi | ruum 243 | ruum 249 | ruum 216 | 202 õpilaskodu | 103 aula | ruum 111 | 118 töõp | 122 saal | 134 ujula | KOKKU |
|-------------------|-------------|----------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------|----------|-----------|--------------|
| KOKKU | 9976 | 8592 | 9990 | 9993 | 6369 | 9721 | 9975 | 6747 | 9995 | 9997 | 91355 |
| Üle 26 °C | 5248 | 61 | 144 | 59 | 0 | 0 | 0 | 93 | 0 | 9978 | 15583 |
| alla 19 °C | 0 | 100 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 109 |
| Üle 26 °C | 52,6% | 0,7% | 1,4% | 0,6% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 1,4% | 0,0% | 99,8% | 17,1% |
| alla 19 °C | 0,0% | 1,2% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,1% |

Tabel 97. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

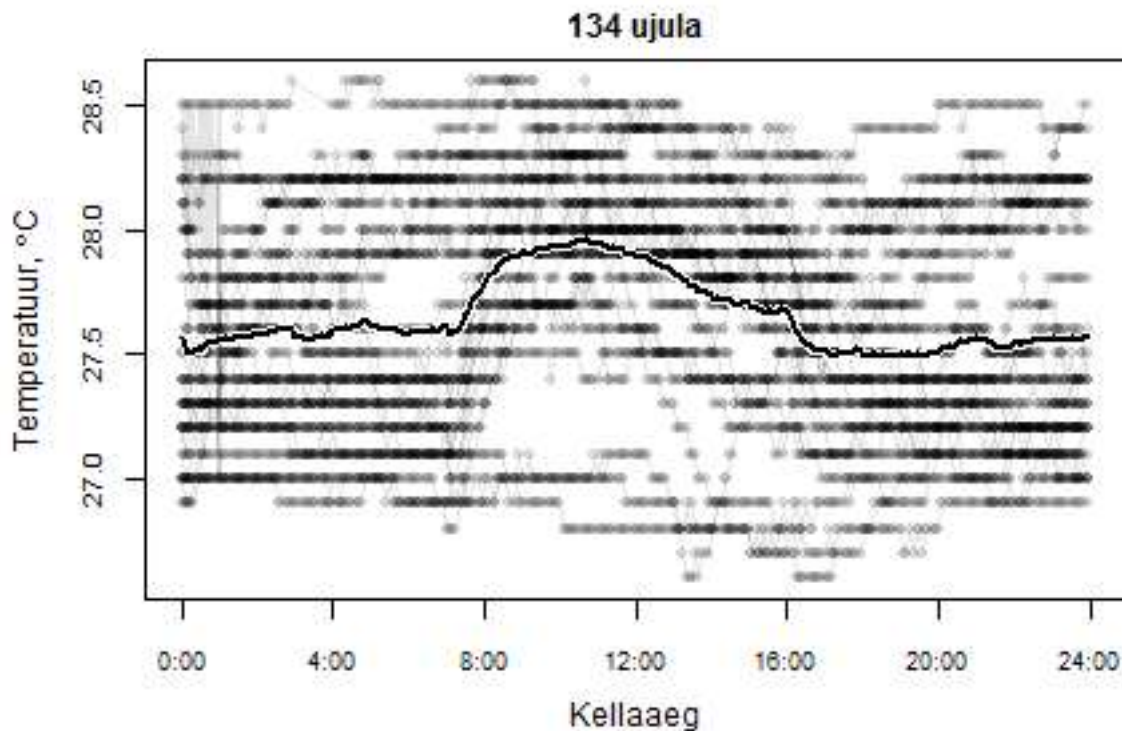
Graafikult 237 ja tabelist 97 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C on ületatud kuues ruumis – juhiabi ruum 225, tööõpetuse ruum 118, ujula 134 ning ruumid 243, 249 ja 216. Allapoole minimaalse lubatud temperatuuri 19°C on langenud temperatuur kahes ruumis, kuid allapoole lubatud temperatuuri on langenud vähesed mõõdistustulemused ja ühekordselt. Kõige rohkem lubatud temperatuuri ületamist on juhiabi ruumis ja ujulas vastavalt 52,6% ja 99,8%. Ujulas on selline ületamine lubatud, lisaks oli ujulas loger lae all kõrgusel 2,90 m. Juhiabi ruumis on soovitatav reguleerida küttesüsteem madalamale temperatuurile. Graafikutelt 238 ja 239 on näha, et mida jahedam on välistemperatuur, seda soojemaks on reguleeritud juhiabi ruumi küttesüsteem (negatiivne korrelatsioon).



Graafik 238. Siseõhu temperatuuri muutus juhiabi ruumis 225 ööpäeva lõikes



Graafik 239. Sise- ja välitemperatuuri vaheline seos juhiabi ruumis



Graafik 240. Siseõhu temperatuuri muutus ujulas ööpäeva lõikes

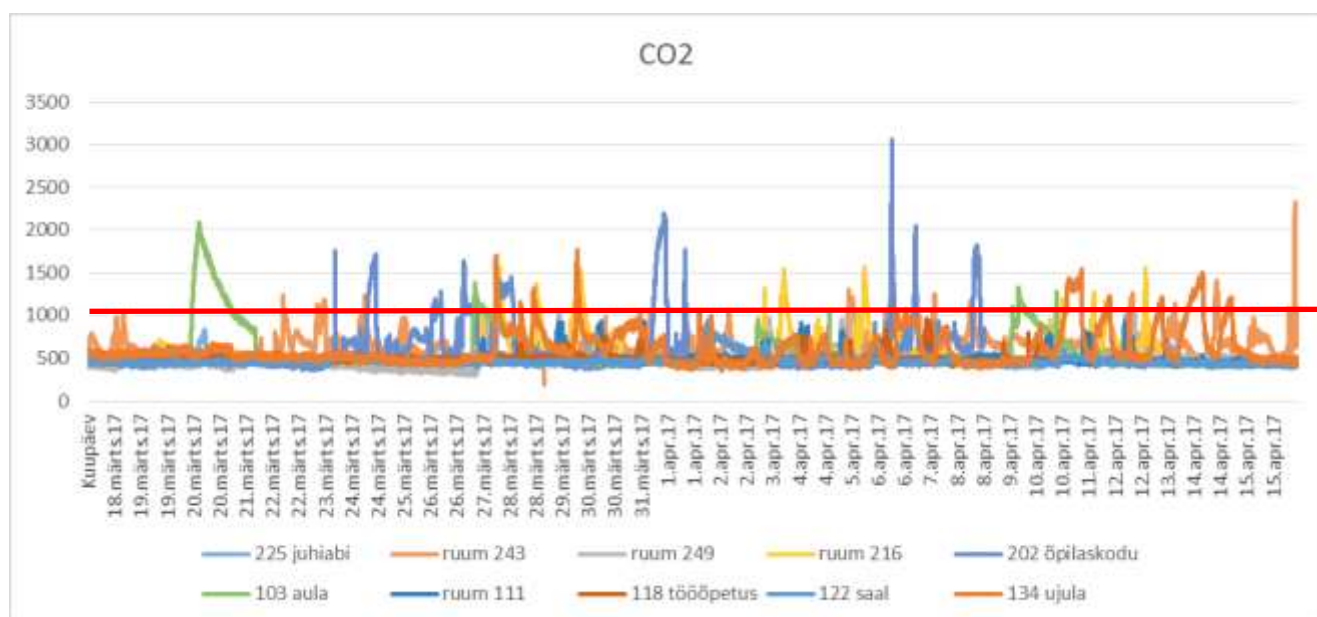
Tabelist 98 on näha, et korrelatsioon välistemperatuuriga on nõrk ehk antud hoonel pole probleeme välispiirde soojustusega.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp.- ga |
|----------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| 103 aula | 23,31 | 0,70 | 23,4 | 21,8 | 25,0 | 0,09 |
| 118 tööõpetus | 24,34 | 0,44 | 24,2 | 22,2 | 26,9 | 0,14 |
| 122 saal | 22,55 | 0,22 | 22,5 | 22,1 | 23,6 | 0,16 |
| 134 ujula | 27,65 | 0,46 | 27,7 | 26,6 | 28,6 | 0,01 |
| 202 õpilaskodu | 22,68 | 0,60 | 22,9 | 17,5 | 23,7 | -0,23 |
| 225 juhiabi | 26,17 | 0,64 | 26,2 | 24,7 | 28,8 | -0,21 |
| ruum 111 | 22,53 | 0,53 | 22,4 | 21,5 | 24,7 | 0,18 |
| ruum 216 | 23,09 | 0,95 | 23,0 | 19,5 | 26,5 | 0,30 |
| ruum 243 | 24,42 | 1,31 | 24,7 | 13,4 | 26,4 | -0,02 |
| ruum 249 | 23,59 | 0,76 | 23,4 | 21,6 | 27,3 | 0,12 |
| Kokku | 24,06 | 1,79 | 23,6 | 13,4 | 28,8 | 0,02 |

Tabel 98. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Kokkuvõtteks võib öelda, et Kallmäe koolis pole probleeme temperatuuriga. Ainult juhiabi ruumis on soovitatav reguleerida küttesüsteem madalamale temperatuurile.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



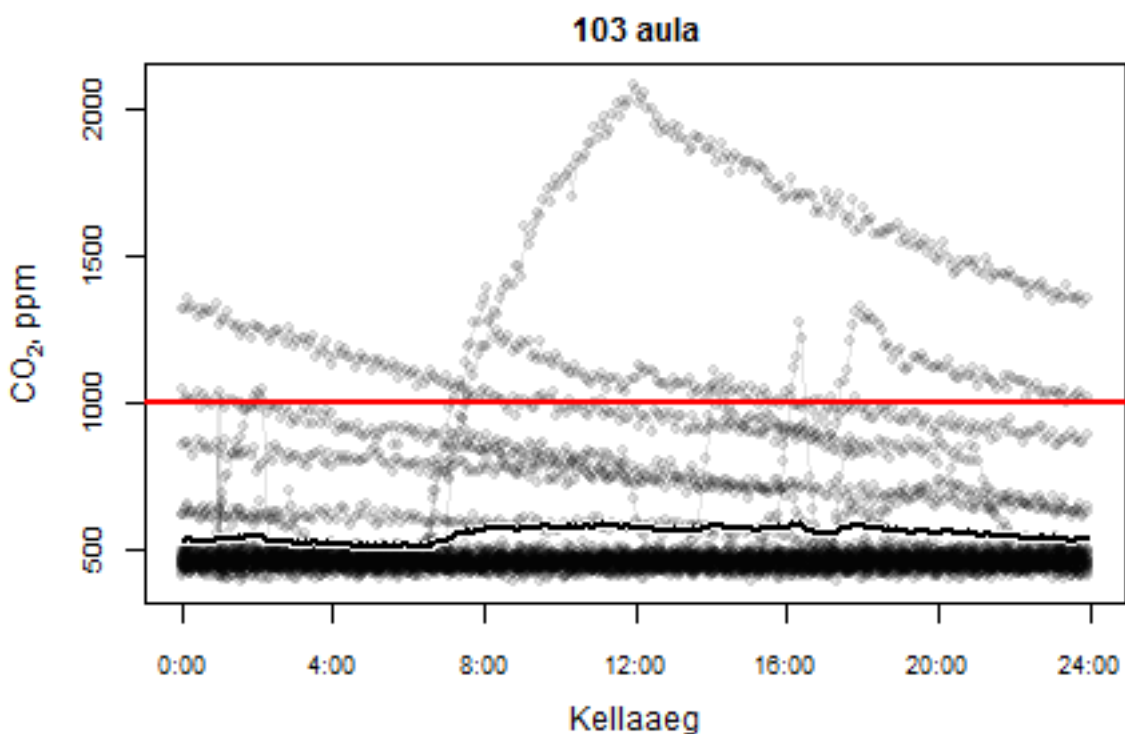
Graafik 241. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

| . | 225 juhiabi | ruum 243 | ruum 249 | ruum 216 | 202 õpilaskodu | 103 aula | ruum 111 | 118 tööõp | 122 saal | 134 ujula | KOKKU |
|--------------|-------------|----------|----------|----------|----------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|--------------|
| KOKKU | 9976 | 8592 | 9990 | 9993 | 6369 | 9721 | 9975 | 6747 | 9995 | 9997 | 72787 |
| Üle 1000 ppm | 0 | 267 | 23 | 350 | 590 | 526 | 2 | 0 | 0 | 1019 | 2510 |
| Üle 1000 ppm | 0,0% | 3,1% | 0,2% | 3,5% | 9,3% | 5,4% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 10,2% | 3,4% |

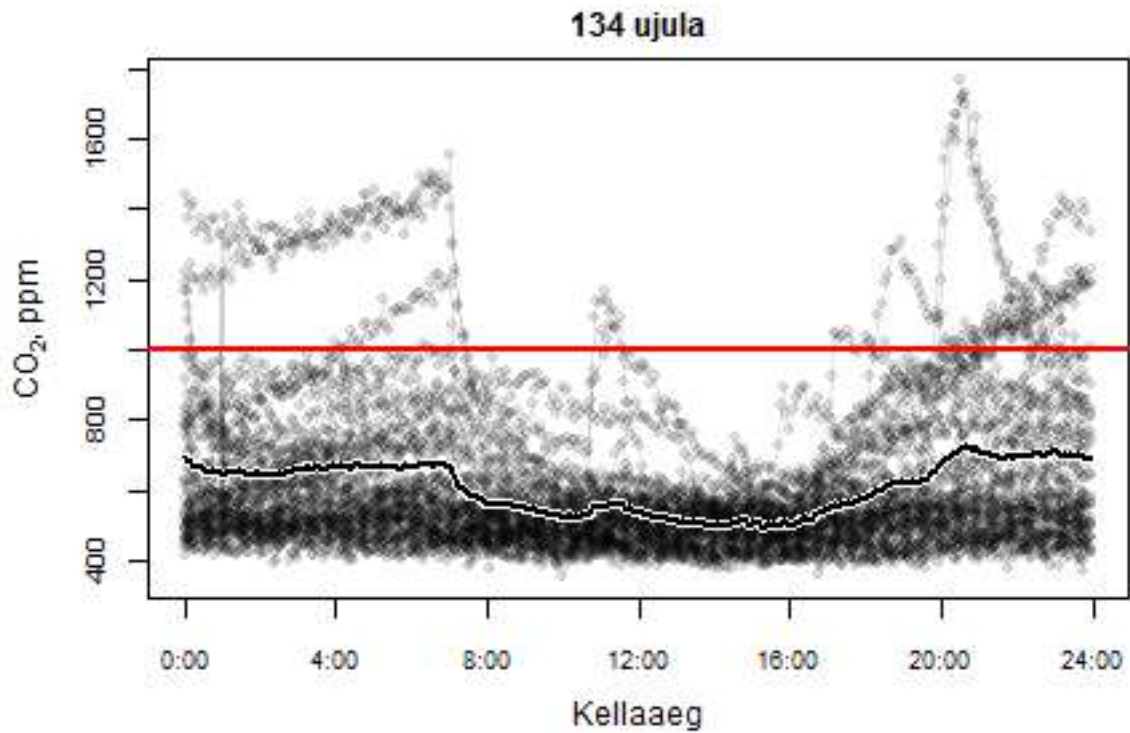
Tabel 99. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 212 ja tabelist 84 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab seitsmes ruumis mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Ruumides 249 ja 111 on ületamine lühiajaline ning mitteoluline, kuid ruumides 243, 350, 202, 103 (aula) ja 134 (ujula) on ületamine vahemikus 3,1-10,2% kogu mõõdistusperioodi ajast. Graafikult 242 on näha, et ruum 103 aulas on ületamine seotud üritustega selles ruumis. Kõige suurem ületamine on 20.märtsil, kus CO₂ tasemed tõusid kohati üle 2000 ppm. Sellel päeval tõusis CO₂ tase nii kõrgele, et langes alla lubatud piiri järgmise päeva kella üheksaks. Seega tuleb aulas ürituste ajal reguleerida ventilatsioon intensiivsemale režiimile.

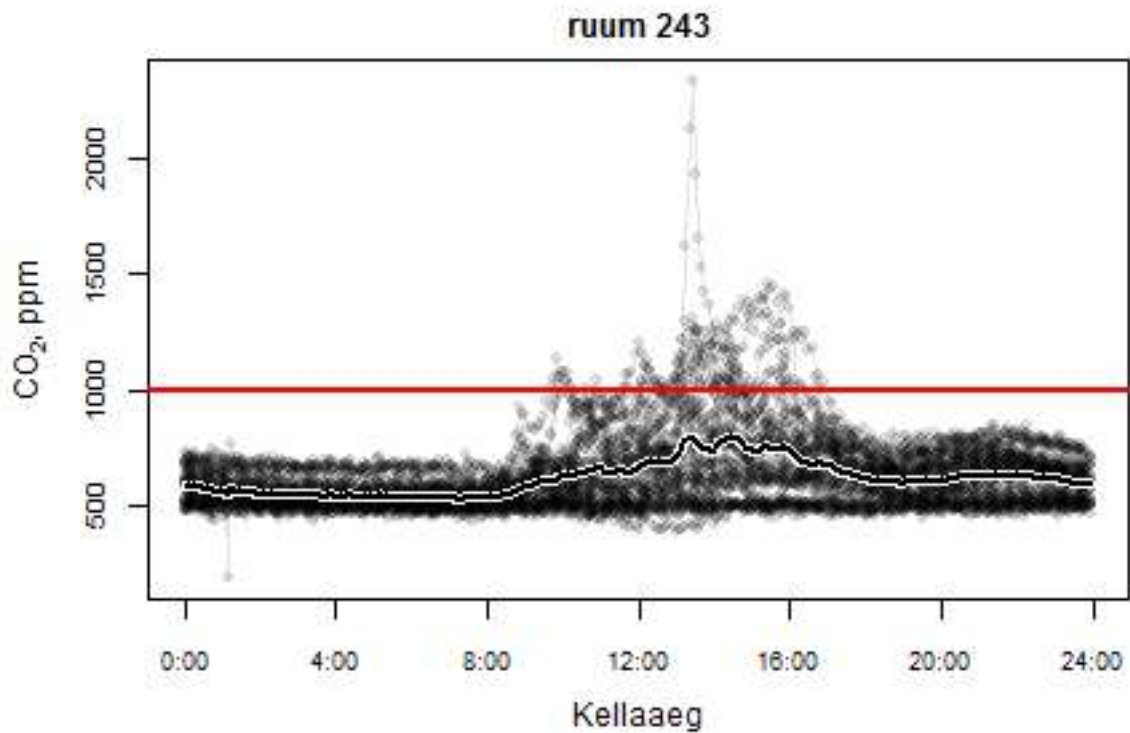
Ujulas on CO₂ taseme muutus omapärane (graafik 243), sest tasemed tõusevad üle lubatud piiri õhtu ja öötundidel ning päevasel ajal on tasemed lubatu piires. On vajalik täiendavalt uurida ujula ventilatsioonirežiimi. Klassiruumides on ületamised (graafik 244) tavapäraselt õppetöö tundide ajal. Tabelist 100 on näha, et õppetöö tundide ajal tõuseb CO₂ tase natuke kõrgemaks vaid ruumis 243.



Graafik 242. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus aulas ööpäeva lõikes.



Graafik 243. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ujulas ööpäeva lõikes.



Graafik 244. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ruumis 243 ööpäeva lõikes.

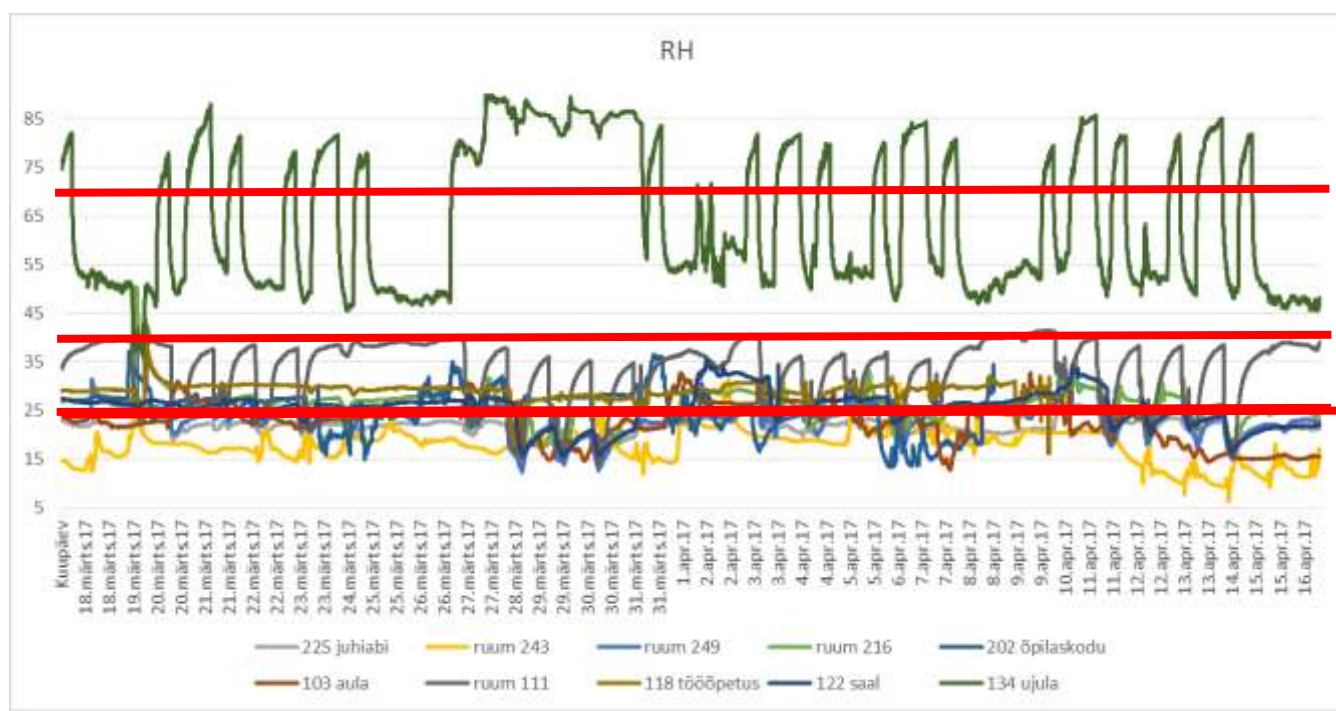
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-------------------|
|------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-------------------|

| | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-----|------|--------|
| 118 tööõpetus | 581,2 | 108,9 | 533 | 436 | 964 | -0,368 |
| ruum 111 | 597,9 | 134,4 | 562 | 400 | 937 | 0,758 |
| ruum 216 | 526,3 | 55,7 | 512 | 429 | 666 | -0,012 |
| ruum 243 | 704,7 | 214,7 | 627,5 | 397 | 1452 | 0,609 |
| ruum 249 | 448,5 | 63,1 | 443 | 293 | 749 | 1,247 |
| Kokku | 610,5 | 171,5 | 557 | 293 | 1452 | 0,466 |

Tabel 100. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Kokkuvõtteks võib väita, et Kallemäe Koolis pole CO₂ tasemega olulisi probleeme. Täiendavalt on vajalik uurida ujula ventilatsioonirežiimi.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 245. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | 225 juhiabi | ruum 243 | ruum 249 | ruum 216 | 202 õpilaskodu | 103 aula | ruum 111 | 118 tööõp | 122 saal | 134 ujula | KOKKU |
|------------------|-------------|----------|----------|----------|----------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|--------------|
| KOKKU | 9976 | 8592 | 9990 | 9993 | 6369 | 9721 | 9975 | 6746 | 9995 | 9997 | 81378 |
| alla 40 % | 9976 | 8592 | 9986 | 9969 | 6369 | 9721 | 9430 | 6733 | 9995 | 73 | 70868 |
| alla 25 % | 9392 | 8455 | 7288 | 3973 | 2505 | 6969 | 1566 | 158 | 4377 | 0 | 35291 |
| alla 40 % | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 99,8% | 100,0% | 100,0% | 94,5% | 99,8% | 100,0% | 0,7% | 87,1% |
| alla 25 % | 94,1% | 98,4% | 73,0% | 39,8% | 39,3% | 71,7% | 15,7% | 2,3% | 43,8% | 0,0% | 43,4% |

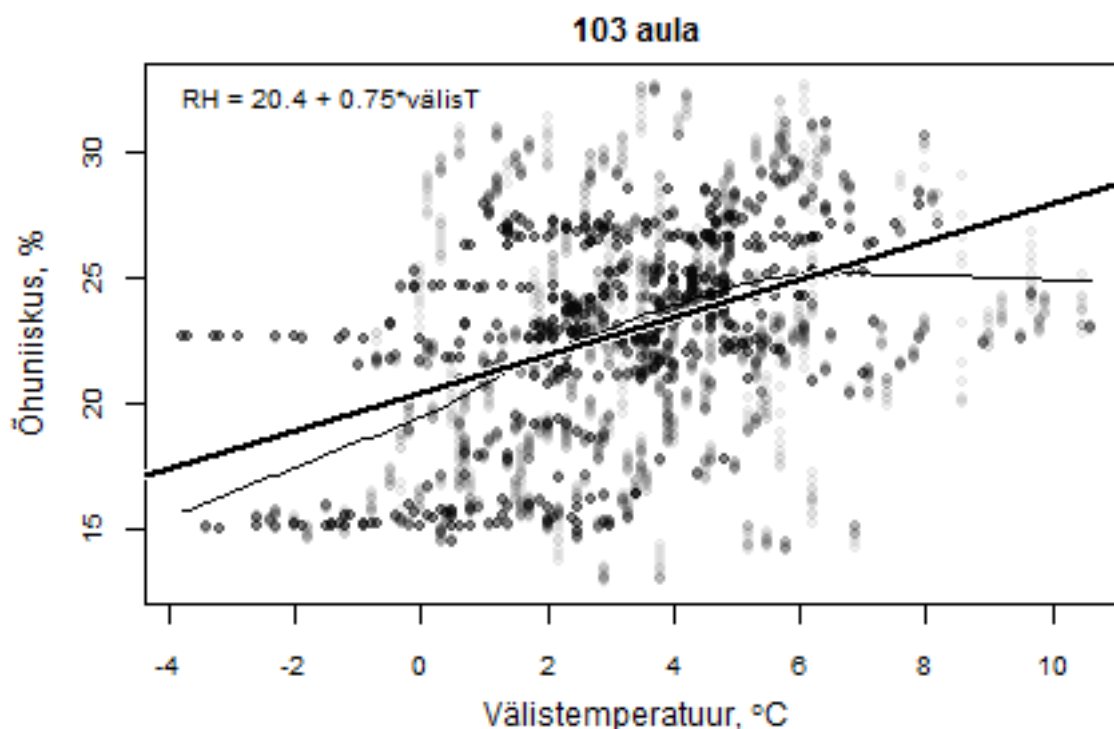
Tabel 101. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 245 ja tabelist 101 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb osaliselt allapoole lubatud piirmäärasid. Ujulas on suhtelised õhuniiskused kohati üle 70%. Sellise niiskusesisaldusega piirkondades võivad tekkida hallitusseente kolooniad. Vajalik kontrollida ruumiõhu mikrobioloogilist koostist. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid märtsis-aprillis ning keskmine välistemperatuur oli +3,02°C, siis võib arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Nagu on toodud tabelis 102, on korrelatsioon välistemperatuuri ja siseõhu suhtelise õhuniiskuse vahel keskmise tugevusega või nõrk. Selle osas erineb antud hoone oluliselt teistest kontrollitud hoonetest.

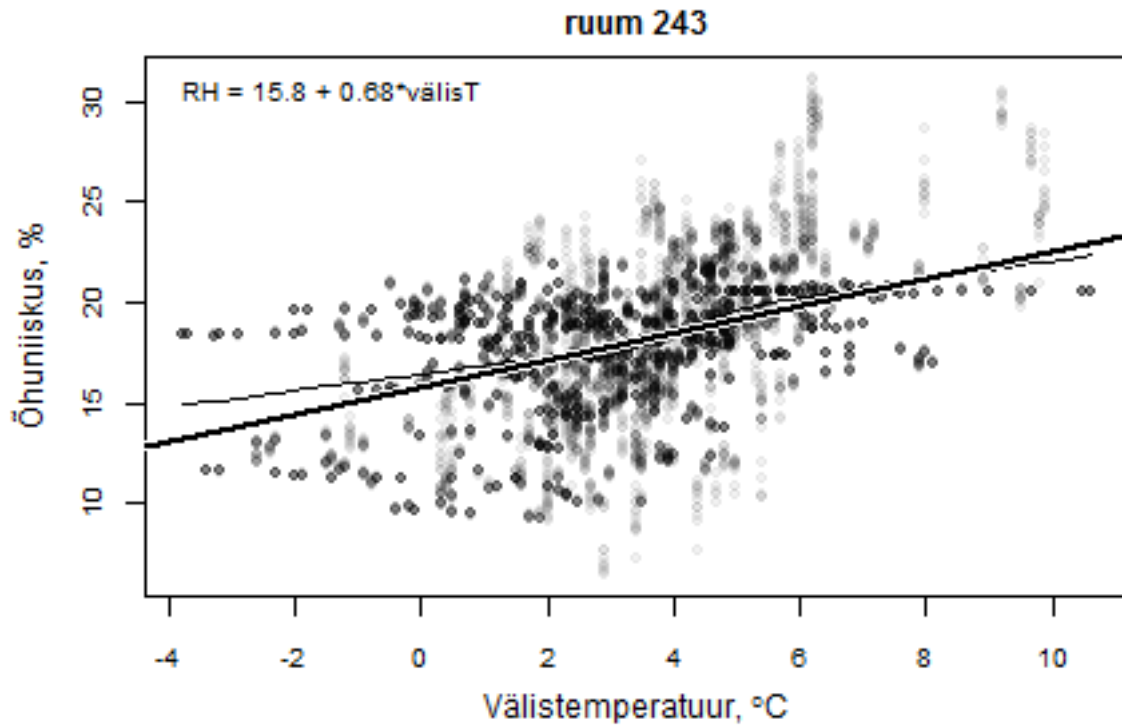
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp.- ga |
|----------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| 103 aula | 22,83 | 4,09 | 23,1 | 12,8 | 32,7 | 0,43 |
| 118 tööõpetus | 29,12 | 1,77 | 29,4 | 16,1 | 43,7 | -0,10 |
| 122 saal | 25,38 | 3,48 | 26 | 15,6 | 35,7 | 0,42 |
| 134 ujula | 64,02 | 14,67 | 57,0 | 36,3 | 90,7 | -0,12 |
| 202 õpilaskodu | 25,17 | 4,26 | 26 | 13,4 | 37,2 | -0,19 |
| 225 juhiabi | 21,63 | 1,98 | 21,8 | 14,4 | 29,6 | 0,19 |
| ruum 111 | 33,64 | 6,11 | 35,8 | 13,8 | 42,4 | -0,20 |
| ruum 216 | 25,83 | 3,29 | 26,2 | 15,3 | 50,3 | 0,06 |
| ruum 243 | 17,96 | 3,44 | 18,5 | 6,4 | 31,2 | 0,46 |
| ruum 249 | 23,49 | 3,00 | 24 | 12,3 | 47,1 | 0,21 |
| Kokku | 29,01 | 13,98 | 25,4 | 6,4 | 90,7 | 0,02 |

Tabel 102. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

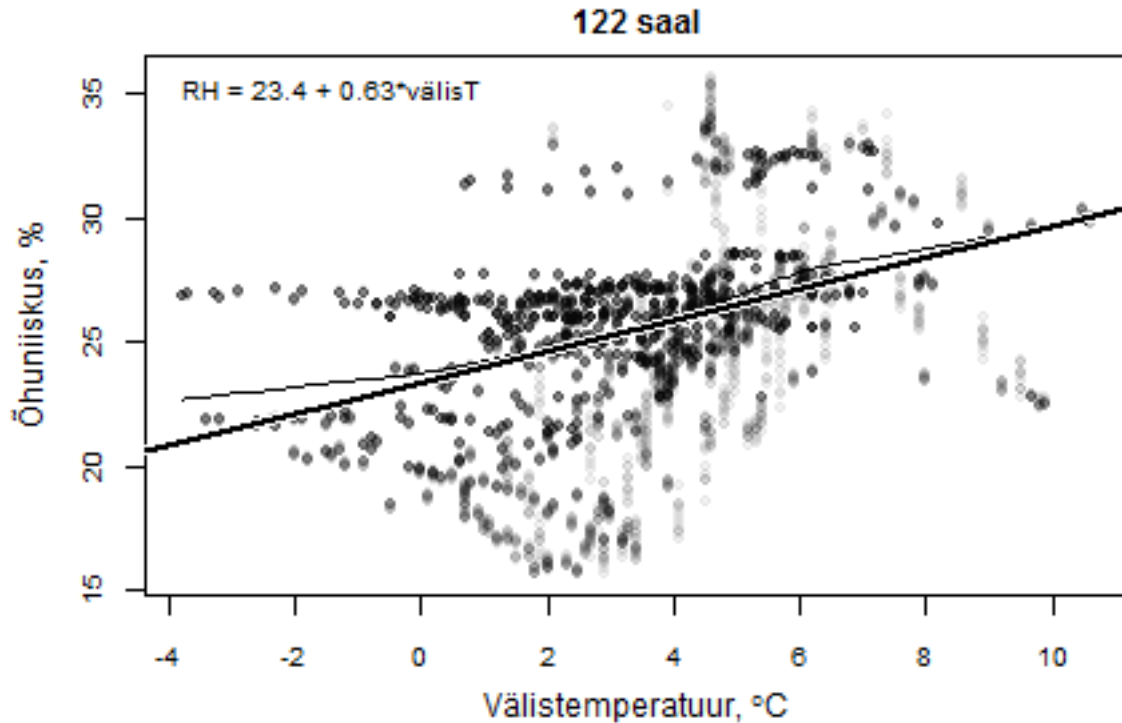
Vaid ruumides 103 (aula), 122 (saal) ja 243 on korrelatsioon siseõhu suhtelise niiskuse ja välistemperatuuri vahel keskmise tugevusega (0,42-0,46). Just nendes ruumides on keskmine suhteline õhuniiskus madalam kui lubatud alumine piir 25% või selle lähedal (tabel 102). Lisaks neile on suhteline õhuniiskus väga madal juhiabi ruumis 225, seda põhjusel, et selles ruumis on väga kõrge õhutemperatuur. Temperatuuri alandades saab tõsta suhtelist õhuniiskust ruumis.



Graafik 246. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos ruumis 103



Graafik 247. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos ruumis 243



Graafik 248. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos ruumis 122

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on mõnedes ruumides. Juhiabi ruumis saab suhtelist õhuniiskust tõsta temperatuuri alandades. Ruumide

122, 103 ja 243 suhteline õhuniiskus sõltub välisõhu temperatuurist. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrranditest nimetatud ruumides langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures vastavalt keskmiselt tasemele 10,8%, 5,4%, 2,2%. Seega on talveperioodil nende ruumide õhk väga kuiv. Eriliselt tasub tähelepanu pöörata ruumidele 243 ja 103, kus õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit või suurendada toataimede hulka klassiruumides. Ujulas on vajalik kontrollida ruumiõhu mikrobioloogilist koostist, kuna seal on suhteline õhuniiskus sageli üle 70%:

Tallinna Linnamäe Vene Lütseum

Mõõdistuste aeg: 27.märts 2017 – 26. aprill 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Ruum 419
- Ruum 406
- Ruum 324
- Ruum 307
- Ruum 219
- Ruum 123
- söökla
- võimla
- Ruum 336
- Ruum 243

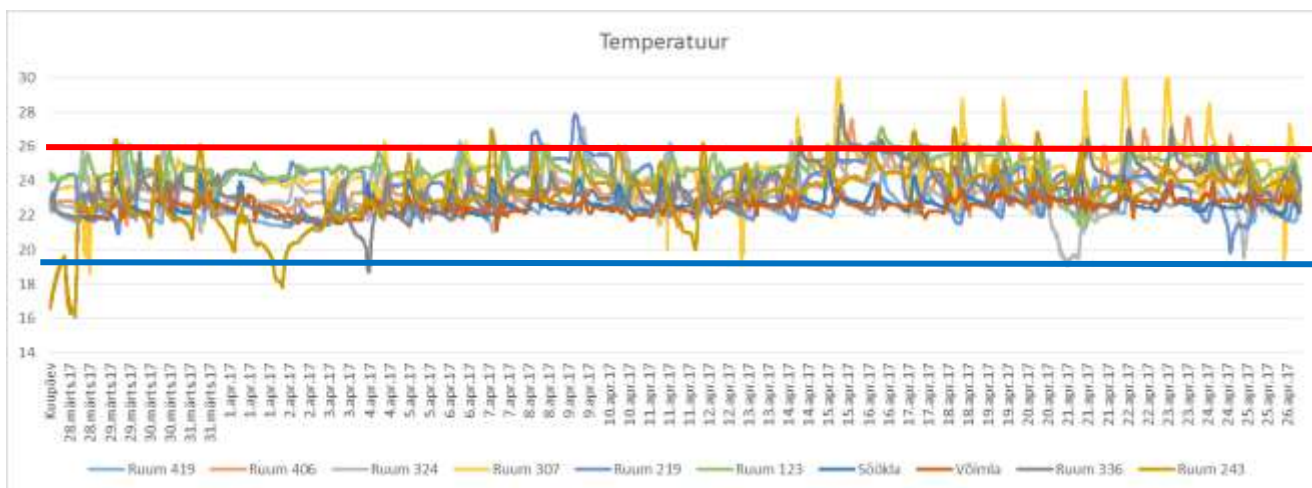
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamasti miinuskraadides. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli $-6,0$ kuni $+14,5^{\circ}\text{C}$ keskmine temperatuur $+2,72^{\circ}\text{C}$
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 0,90– 2,53 m põrandapinnast.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



Graafik 249. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

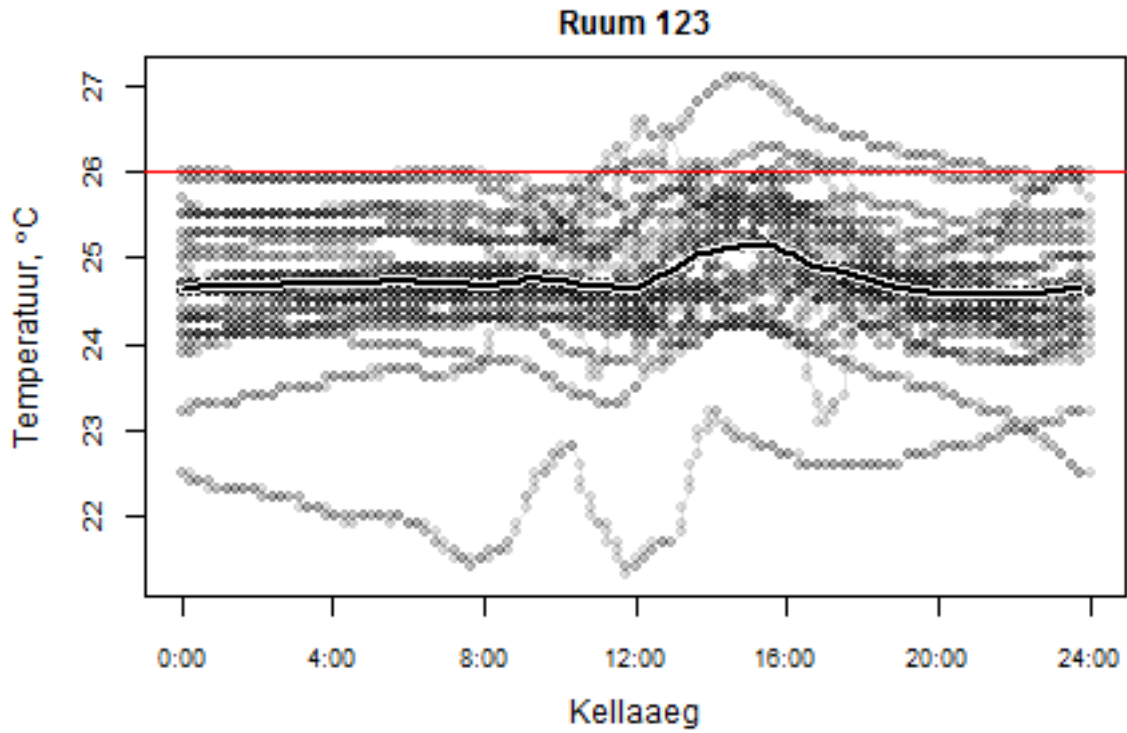
| | Ruum 419 | Ruum 406 | Ruum 324 | Ruum 307 | Ruum 219 | Ruum 123 | Söökla | Võimla | Ruum 336 | Ruum 243 | KOKKU |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 9205 | 9198 | 9141 | 9036 | 9027 | 9140 | 9496 | 9364 | 9058 | 9418 | 92083 |
| Üle 26 °C | 10 | 166 | 117 | 661 | 201 | 198 | 4 | 0 | 282 | 175 | 1814 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 144 | 144 | 13 | 215 | 517 |
| Üle 26 °C | 0,1% | 1,8% | 1,3% | 7,3% | 2,2% | 2,2% | 0,0% | 0,0% | 3,1% | 1,9% | 2,0% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 1,5% | 1,5% | 0,1% | 2,3% | 0,6% |

Tabel 103. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

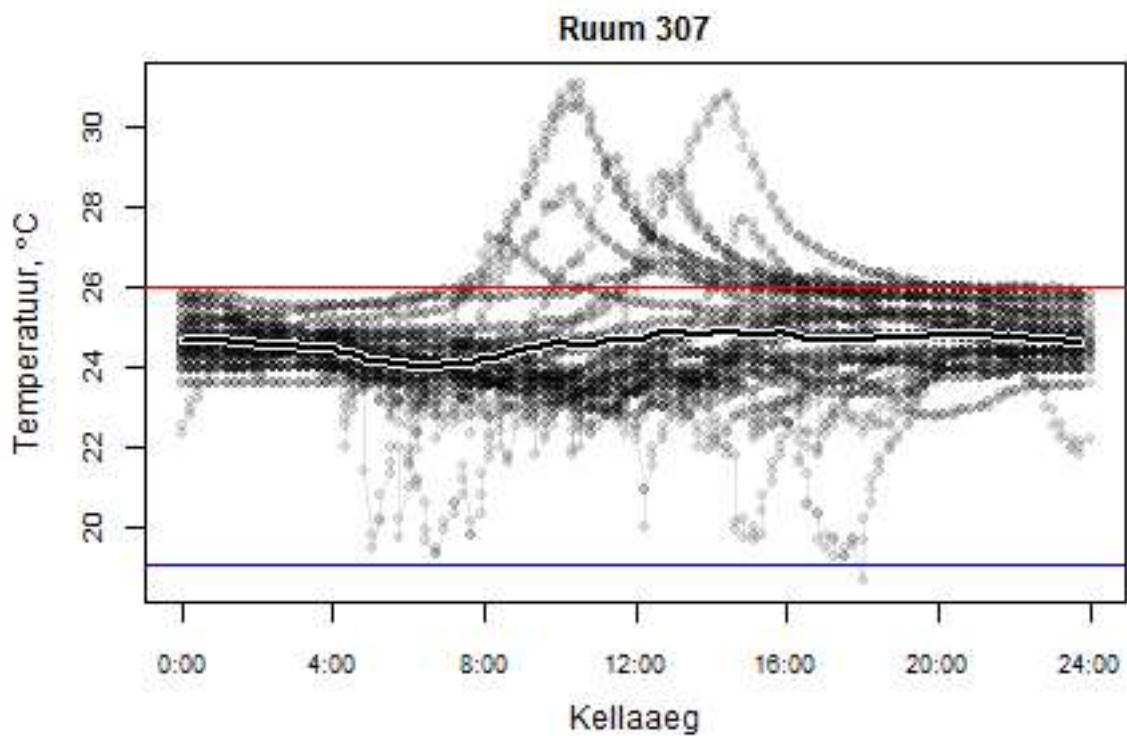
Graafikult 249 ja tabelist 103 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C on ületatud üheksas ruumis, neist kahes (419 ja söökla) on ületamine lühiajaline ja mitteoluline Allapoole minimaalse lubatud temperatuuri 19°C on langenud temperatuur viies ruumis, kuid kahel neist (307 ja 336) on allapoole lubatud miinimumi langemine lühiajaline ja mitteoluline. Tabelis 104 on näha, et tundide ajal on lubatud temperatuuri oluliselt ületatud ruumides 243 ja 307, ülejäänutes on ületamised minimaalsed. Ruumis 307 on ületamisi kogu õppetöö ajal (graafik 251) kuid ületamised on kaootilised ehk temperatuuri ületatakse vähestel kordadel kuid siis oluliselt. Madalate temperatuuridega tundide ajal on probleem ruumis 243 ehk samas ruumis kus oli probleem kõrgete temperatuuridega. Seega tuulutatakse seda ruumi ülekuumenemisel akende kaudu ning temperatuur langeb kiiresti allapoole lubatu.

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|--------------|--------------|----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| Ruum 123 | 24,71 | 0,78 | 24,7 | 21,4 | 26,6 | 0,001 |
| Ruum 219 | 22,50 | 0,66 | 22,5 | 20,9 | 24,6 | 0,000 |
| Ruum 243 | 24,13 | 1,56 | 24,2 | 16,2 | 27,1 | -0,004 |
| Ruum 307 | 24,30 | 1,35 | 23,9 | 19,9 | 29,2 | 0,000 |
| Ruum 324 | 23,69 | 1,25 | 23,7 | 20,1 | 26,3 | 0,004 |
| Ruum 336 | 23,55 | 1,28 | 23,5 | 18,7 | 26,5 | 0,002 |
| Ruum 406 | 23,21 | 0,60 | 23,2 | 21,6 | 25,3 | -0,001 |
| Ruum 419 | 22,85 | 1,16 | 22,4 | 21,5 | 26,3 | 0,006 |
| Kokku | 23,56 | 1,31 | 23,5 | 16,2 | 29,2 | 0,001 |

Tabel 104. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



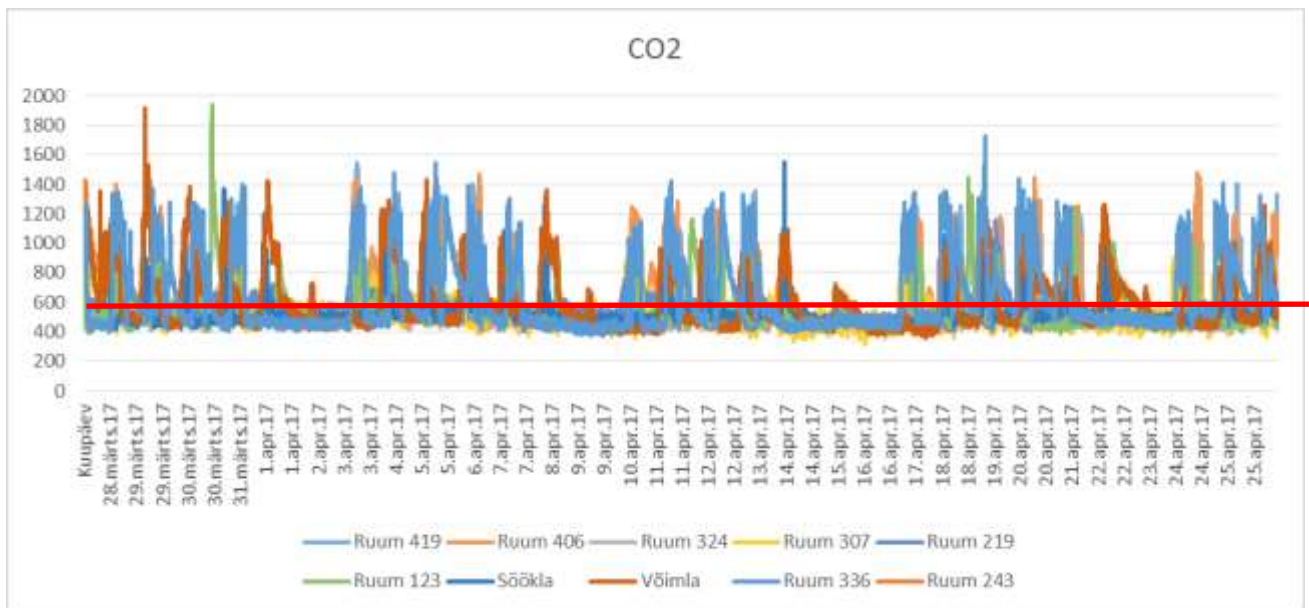
Graafik 250. Ruumi 123 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes.



Graafik 251. Ruumi 307 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes.

Kokkuvõtteks võib väita, et Tallinna Linnamäe Vene Lütseumis olulisi probleeme temperatuuriga ei esine.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 252. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

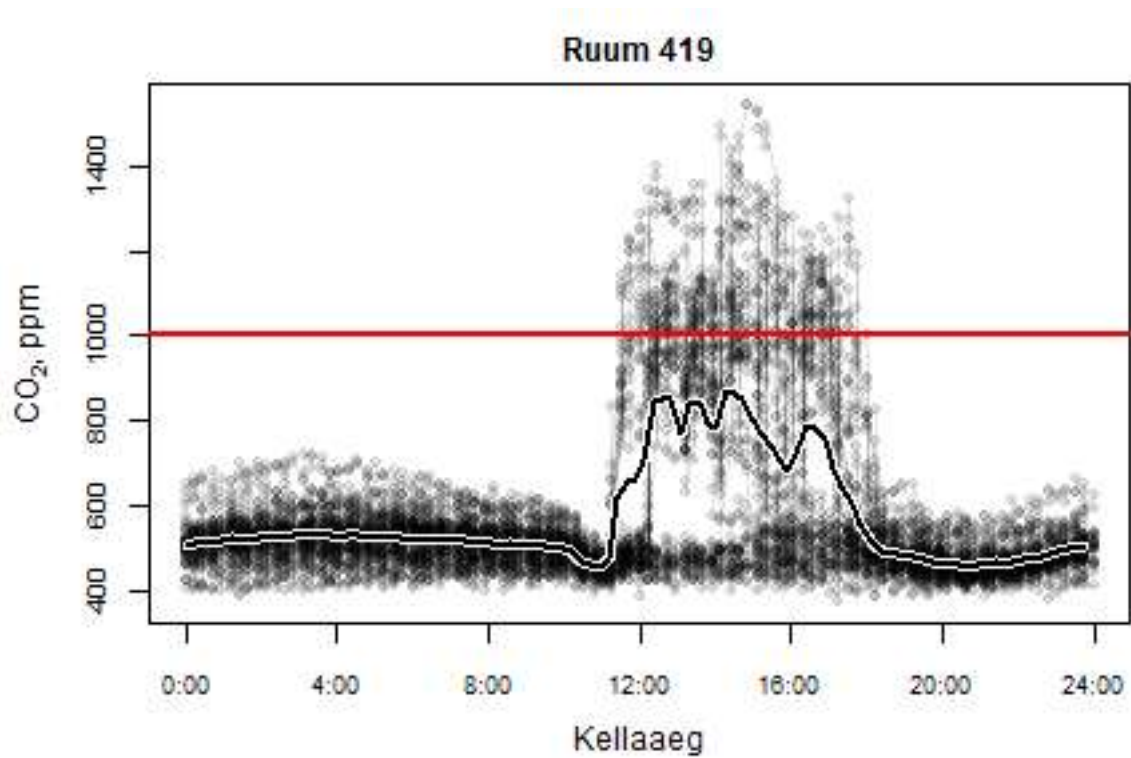
| | Ruum 419 | Ruum 406 | Ruum 324 | Ruum 307 | Ruum 219 | Ruum 123 | Söökla | Võimla | Ruum 336 | Ruum 243 | KOKKU |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 9205 | 9198 | 9141 | 9036 | 9027 | 9140 | 9496 | 9364 | 9058 | 9418 | 73680 |
| Üle 1000 ppm | 656 | 675 | 38 | 11 | 15 | 153 | 122 | 802 | 1592 | 955 | 3688 |
| Üle 1000 ppm | 7,1% | 7,3% | 0,4% | 0,1% | 0,2% | 1,7% | 1,3% | 8,6% | 17,6% | 10,1% | 5,0% |

Tabel 105. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

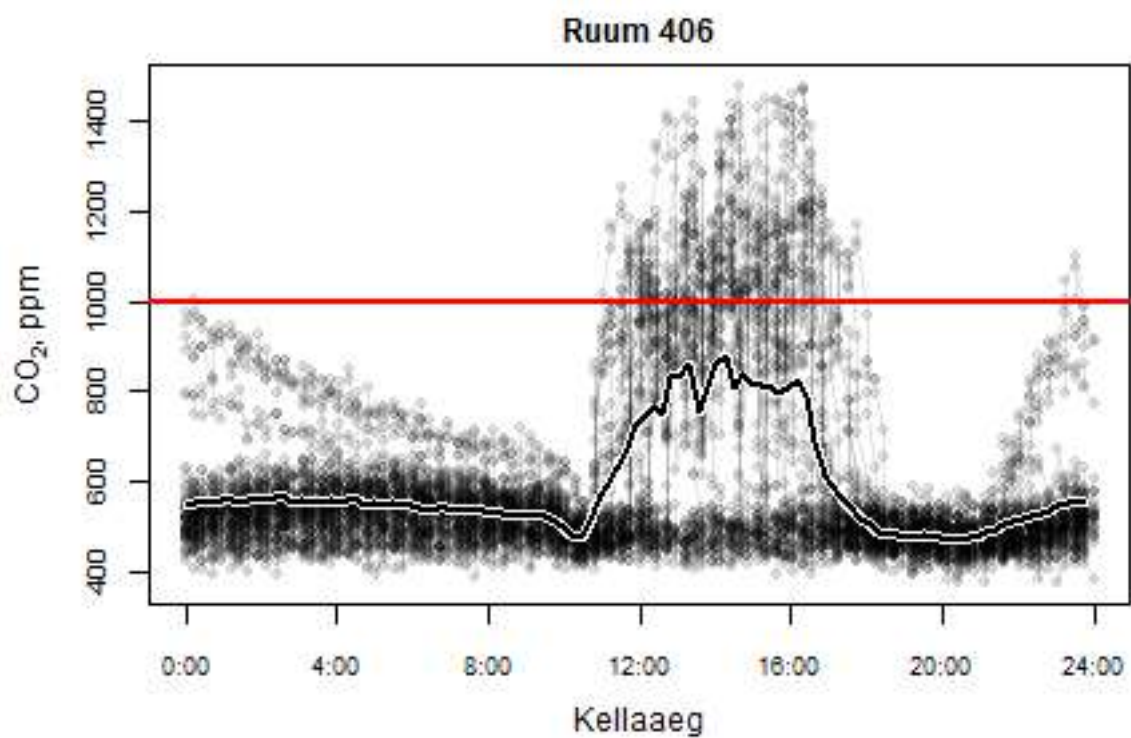
Graafikult 252 ja tabelist 105 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Söökla ja ruumides 324, 307, 219 ja 123 on ületamine lühiajaline ning mitteoluline, kuid ruumides 419, 406, 336, 243 ja võimlas on ületamine vahemikus 7,1-10,1% kogu mõõdistusperioodi ajast. Vaadates tabelit 106 näeme, et kõigis nimetatud ruumides ületatakse lubatud CO₂ taset ka tundide ajal. Ruumides 419, 406 ja 243 on taseme ületamine vaid õppetöö tundide ajal (graafikud 253 ja 254), kuid ruumis 336 ületatakse CO₂ lubatud taset ööpäevaringselt ja ületamised on hajutatud. Seda anomaaliat on vajalik täiendavalt uurida.

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|--------------|--------------|----------------|------------|------------|-------------|----------------|
| Ruum 123 | 608,7 | 150,2 | 549 | 411 | 1117 | 0,248 |
| Ruum 219 | 537,5 | 103,6 | 508,5 | 404 | 1159 | 0,044 |
| Ruum 243 | 732,6 | 246,8 | 611 | 435 | 1829 | -1,206 |
| Ruum 307 | 577,5 | 134,8 | 532 | 367 | 973 | -0,309 |
| Ruum 324 | 714,3 | 165,4 | 753 | 408 | 1171 | 0,421 |
| Ruum 336 | 822,7 | 290,4 | 846,5 | 398 | 1545 | 0,232 |
| Ruum 406 | 713,2 | 263,8 | 568 | 406 | 1479 | -0,098 |
| Ruum 419 | 692,4 | 267,9 | 540 | 402 | 1496 | 2,516 |
| Kokku | 681,3 | 237,9 | 583 | 367 | 1829 | 0,276 |

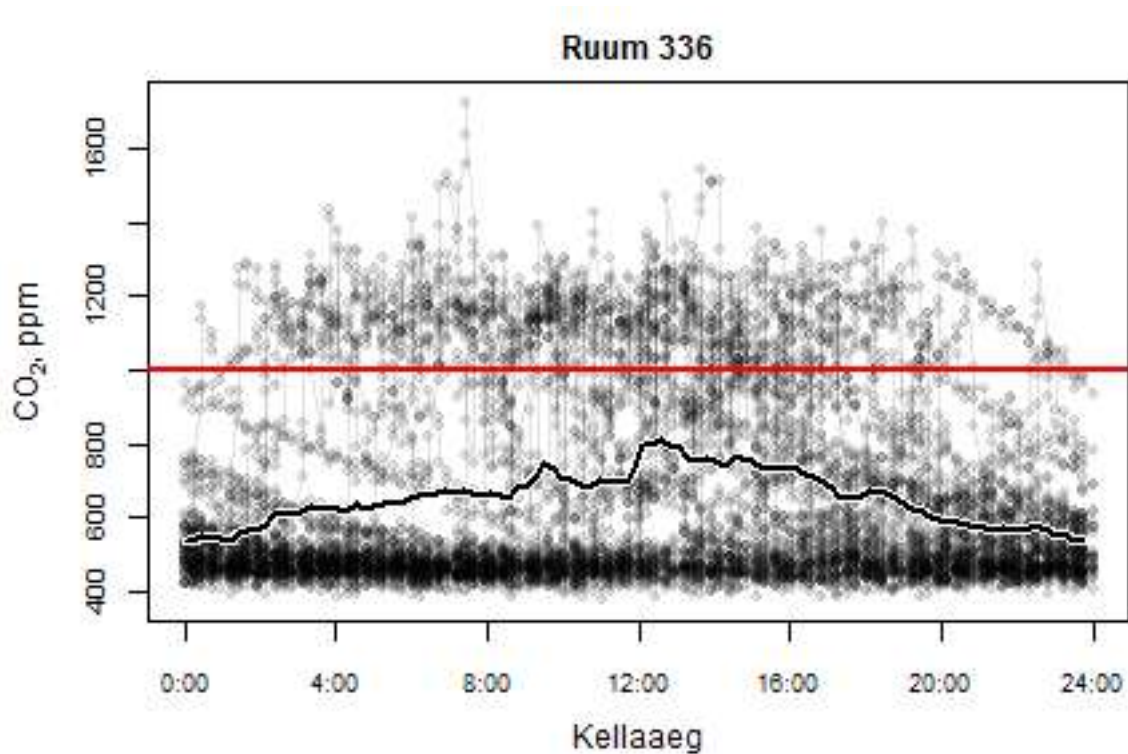
Tabel 106. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 253. Ruumiõhu CO₂ taseme muutus ruumis 419 ööpäeva ringselt



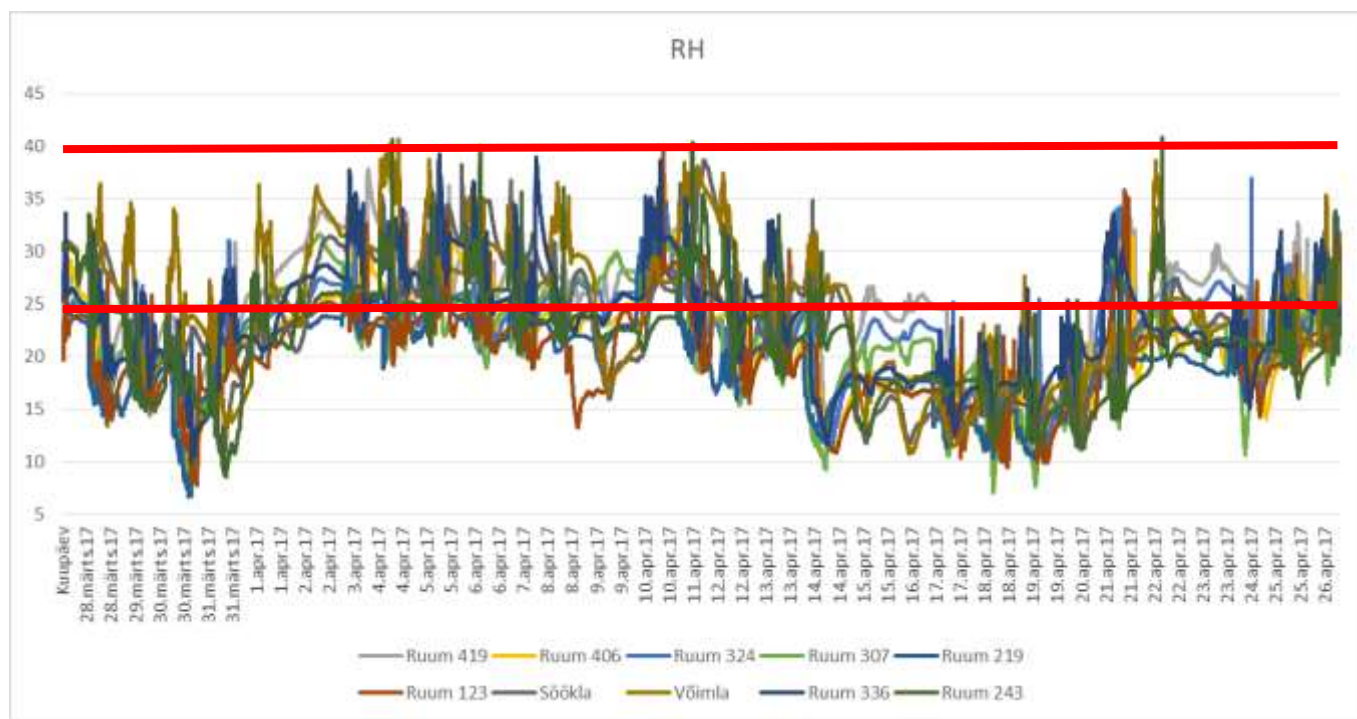
Graafik 254. Ruumiõhu CO₂ taseme muutus ruumis 406 ööpäeva ringselt



Graafik 255. Ruumiõhu CO₂ taseme muutus ruumis 336 ööpäeva ringelt

Kokkuvõtteks võib väita, et Tallinna Linnamäe Vene Lütseumis on CO₂ tasemega väheseid probleeme. Soovitame vahetundidel tuulutada ruume akende kaudu.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 256. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Ruum 419 | Ruum 406 | Ruum 324 | Ruum 307 | Ruum 219 | Ruum 123 | Söökla | Võimla | Ruum 336 | Ruum 243 | KOKKU |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|---------------|
| KOKKU | 9205 | 9198 | 9141 | 9036 | 9027 | 9140 | 9496 | 9364 | 9058 | 9418 | 82878 |
| alla 40 % | 9205 | 9198 | 9141 | 9036 | 9027 | 9140 | 9496 | 9361 | 9058 | 9414 | 82871 |
| alla 25 % | 4036 | 7286 | 6230 | 6993 | 8289 | 8388 | 5277 | 4428 | 5304 | 7245 | 59440 |
| alla 40 % | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| alla 25 % | 43,8% | 79,2% | 68,2% | 77,4% | 91,8% | 91,8% | 55,6% | 47,3% | 58,6% | 76,9% | 71,7% |

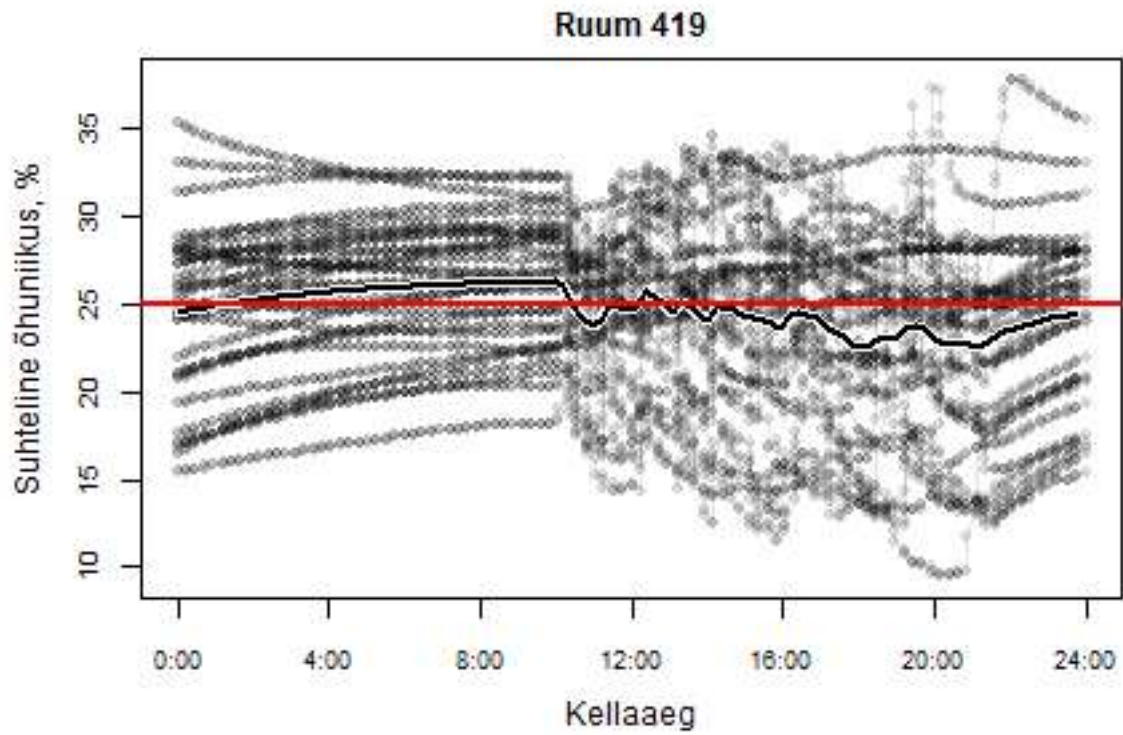
Tabel 107. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 256 ja tabelist 107 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb kõikides ruumides oluliselt allapoole lubatud piirmäärasid. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid märtsis-aprillis ning keskmine välistemperatuur oli +2,72°C, siis võib arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%.

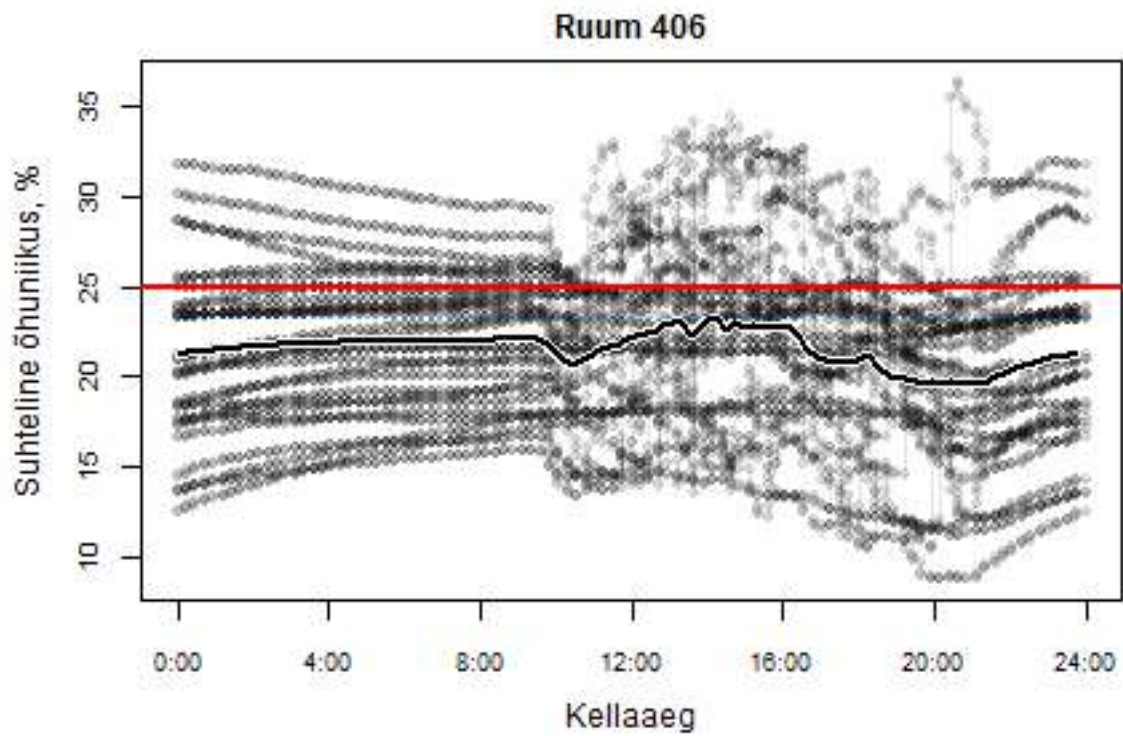
Tabeli 108 põhjal on suhteline õhuniiskus allapoole lubatud piiri ka õppetöö tundide ajal. Tähelepanu tasub pöörata asjaolule, et minimaalsed suhtelised õhuniiskused on klassiruumides kohati alla 10%. Samast tabelist on näha, et tundide ajal suhteline õhuniiskus ei tõuse.

| Ruum | Keskmine | Standardhälve | Mediaan | Miinimum | Maksimum | Muutus minutis |
|----------|----------|---------------|---------|----------|----------|----------------|
| Ruum 123 | 20,35 | 4,47 | 21,1 | 9,9 | 31,7 | -0,008 |
| Ruum 219 | 19,54 | 5,21 | 20,1 | 8,0 | 31 | 0,000 |
| Ruum 243 | 21,34 | 5,55 | 21,1 | 10,0 | 40,3 | 0,011 |
| Ruum 307 | 18,54 | 4,96 | 18,9 | 7,6 | 30,4 | -0,010 |
| Ruum 324 | 21,52 | 4,77 | 21,8 | 11,8 | 36,9 | -0,004 |
| Ruum 336 | 23,80 | 6,25 | 24,5 | 11,6 | 37,2 | -0,004 |
| Ruum 406 | 22,20 | 5,02 | 22,7 | 13,3 | 34,5 | -0,008 |
| Ruum 419 | 24,97 | 4,82 | 25,1 | 14,1 | 34,6 | 0,004 |
| Kokku | 21,73 | 5,58 | 21,9 | 7,6 | 40,3 | -0,002 |

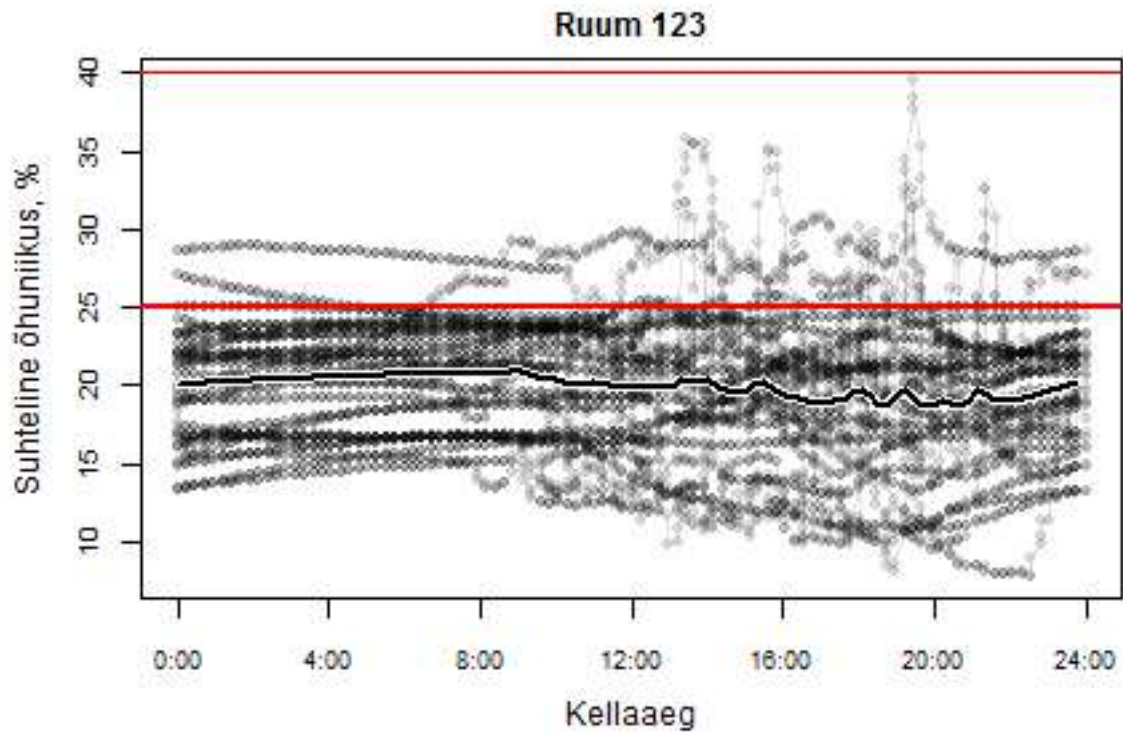
Tabel 108. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



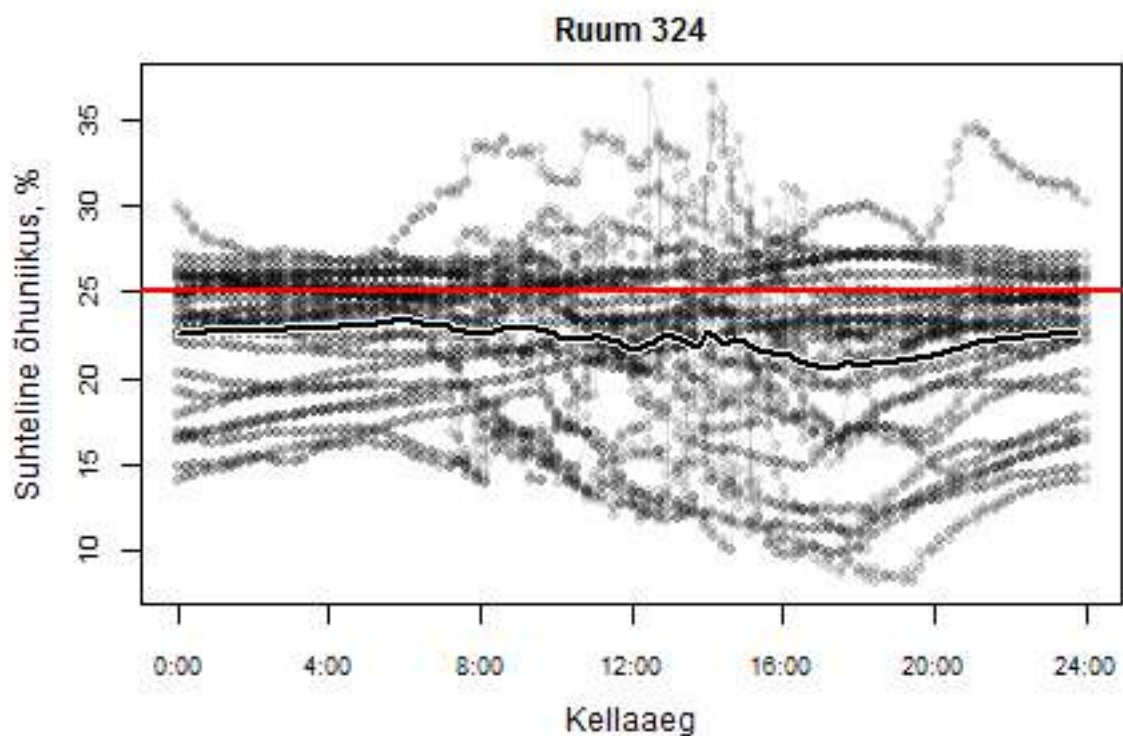
Graafik 257. Suhtelise õhuniiskuse muutus ruumis 419 ööpäeva lõikes.



Graafik 258. Suhtelise õhuniiskuse muutus ruumis 406 ööpäeva lõikes.



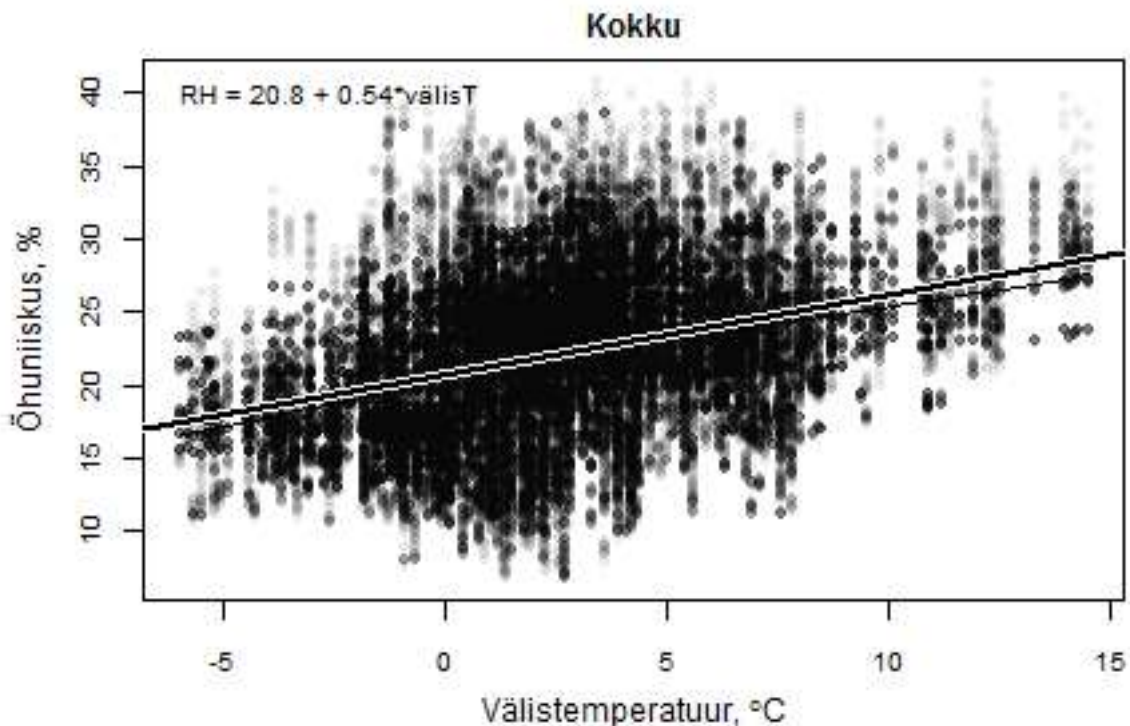
Graafik 259. Suhtelise õhuniiskuse muutus ruumis 123 ööpäeva lõikes.



Graafik 260. Suhtelise õhuniiskuse muutus ruumis 324 ööpäeva lõikes.

Siseõhu suhteline niiskus on korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse

lineaarseks regressioonivõrrandiks $\text{RH} = 20,8 + 0,54 \cdot \text{välisT}$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,54% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.



Graafik 261. Ruumiõhu suhtelise niiskuse ja välistemperatuuri vaheline seos

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Tallinna Linnamäe Vene Lütseumis keskmiselt tasemele 10,0%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Noarootsi Gümnaasium

Mõõdistuste aeg: 28.märts 2017 – 27. aprill 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Õpetajate tuba
- FYS
- 3 klass
- 8 klass
- Spordisaal
- Söögisaal
- 6 klass
- Muusika
- 10 a
- Õpetajate tööruum

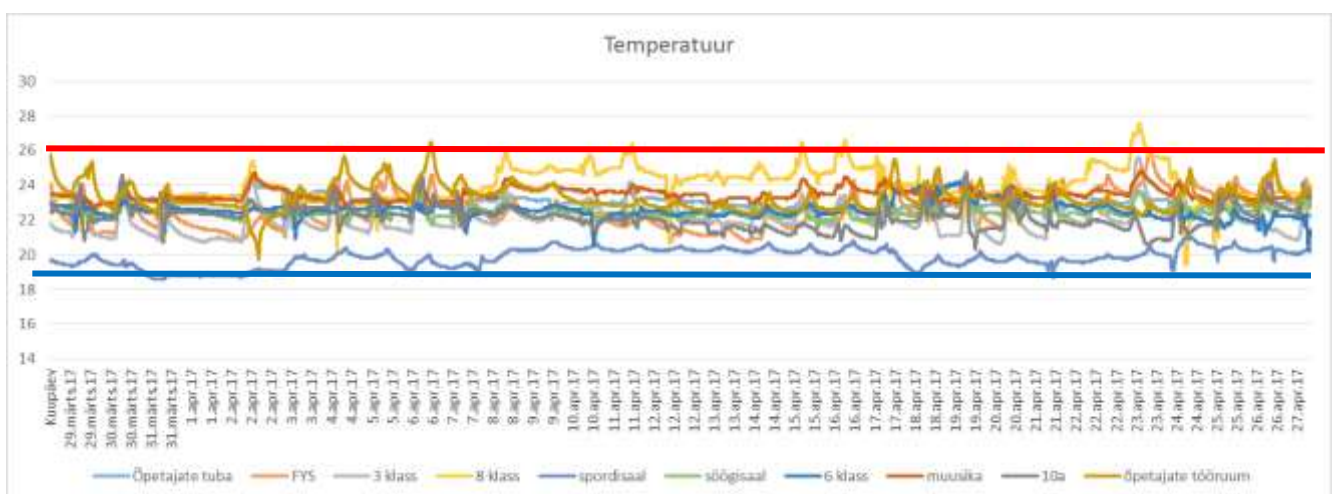
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamust ajast miinusgraadides. Välistõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli $-4,5$ kuni $+13,7^{\circ}\text{C}$ keskmine temperatuur $+3,37^{\circ}\text{C}$
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 2,00– 2,60 m põrandapinnast.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C

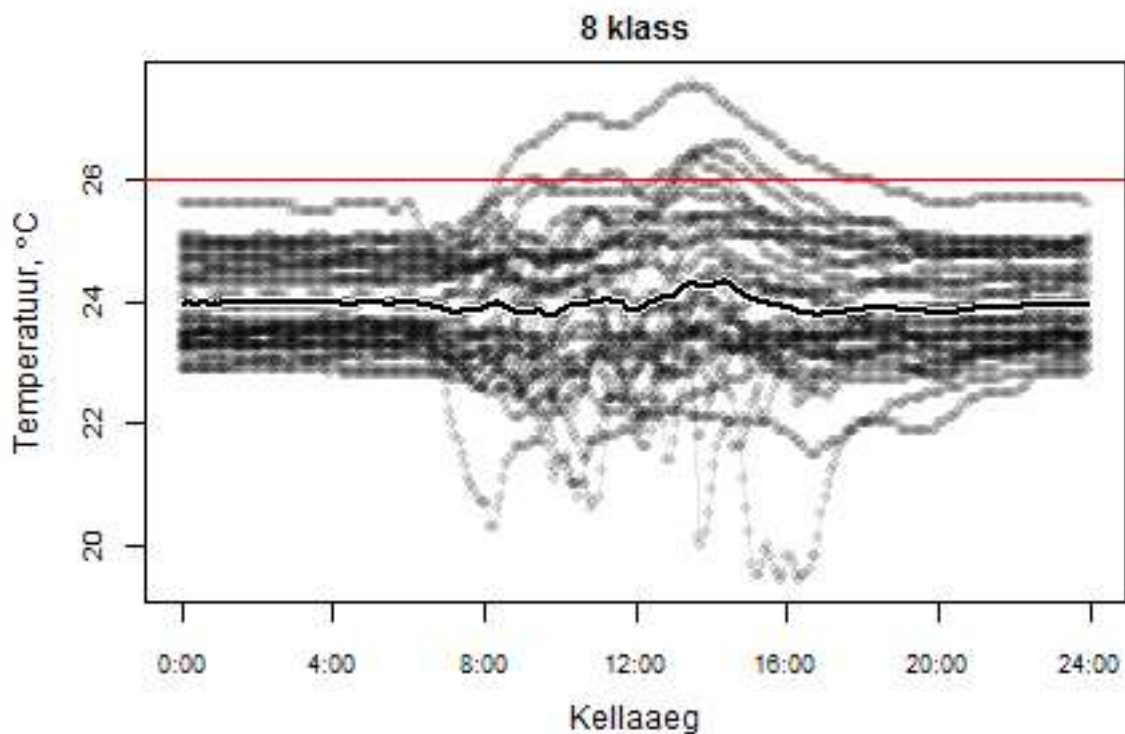


Graafik 262. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Õpetajate | FYS | 3 klass | 8 klass | spordisaal | söögisaal | 6 klass | muusika | 10a | Õpetajate | KOKKU |
|------------|-----------|-------|---------|---------|------------|-----------|---------|---------|-------|-----------|---------------|
| KOKKU | 10633 | 10632 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 106329 |
| Üle 26 °C | 0 | 54 | 0 | 195 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 271 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 743 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 743 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,5% | 0,0% | 1,8% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 0,3% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 7,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,7% |

Tabel 109. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 262 ja tabelist 109 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C on ületatud kolmes ruumis. neist kahes (FYS ja õpetajate tööruumis) on ületamine lühiajaline ja mitteoluline. 8 klassis ületati lubatud maksimaalne temperatuur 195 juhul ehk 975 minutit. Graafikult 263 näeme, et temperatuur tõuseb üle lubatu õppetöö tundide ajal ning pigem koolipäeva lõpupoole. On soovitatav nimetatud klassiruumis tuulutada vahetundidel ruumi läbi akende. Allapoole minimaalse lubatud temperatuuri 19°C on langenud temperatuur spordisaalis, kuid vastavalt määrusele Tervisekaitseõnused koolidele võib spordisaali temperatuur olla 18°C ning vastavalt tabelile 110 on ka spordisaalis nõutud temperatuur tagatud. Tabelist 110 on näha, et välis- ja siseõhu temperatuuride korrelatsioon on nõrk, mis näitab välispiirde piisavat soojajuhtivust.



Graafik 263. Temperatuuri muutus 8 klassis ööpäeva lõikes

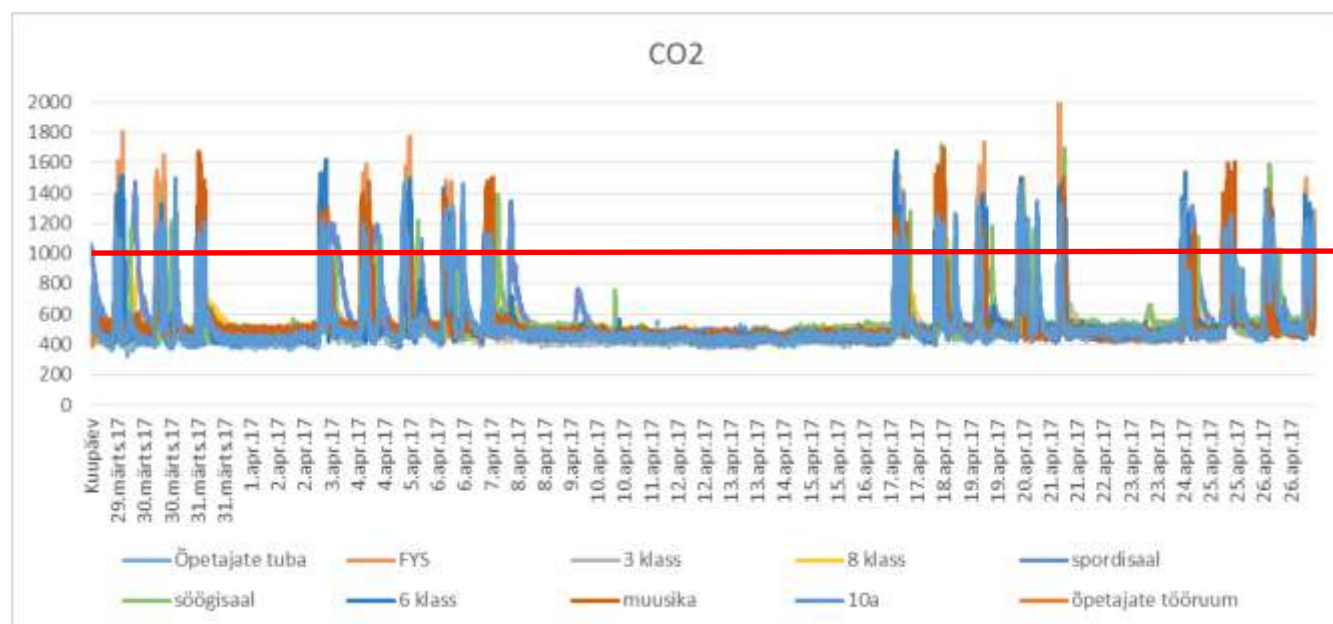
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp.- ga |
|---------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| 10a | 22,15 | 0,70 | 22,1 | 20,3 | 24,8 | 0,20 |
| 3 klass | 22,04 | 0,78 | 21,9 | 20,6 | 25,6 | 0,41 |
| 6 klass | 22,58 | 0,50 | 22,5 | 20,3 | 24,2 | -0,23 |
| 8 klass | 23,95 | 1,04 | 23,8 | 19,4 | 27,6 | 0,00 |

| | | | | | | |
|-------------------|-------|------|------|------|------|------|
| FYS | 22,64 | 1,03 | 22,6 | 20,7 | 26,1 | 0,24 |
| muusika | 23,49 | 0,34 | 23,4 | 22,6 | 24,9 | 0,25 |
| spordisaal | 19,84 | 0,52 | 19,9 | 18,6 | 21,0 | 0,19 |
| söögisaal | 22,48 | 0,32 | 22,4 | 21,5 | 23,7 | 0,18 |
| Õpetajate tuba | 23,03 | 0,37 | 23,0 | 21,4 | 24,3 | 0,26 |
| õpetajate tööruum | 23,32 | 0,76 | 23,2 | 19,7 | 26,5 | 0,22 |
| Kokku | 22,55 | 1,27 | 22,7 | 18,6 | 27,6 | 0,09 |

Tabel 110. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Kokkuvõttes võib väita, et temperatuuriga Noarootsi Gümnaasiumis probleeme pole.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 264. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

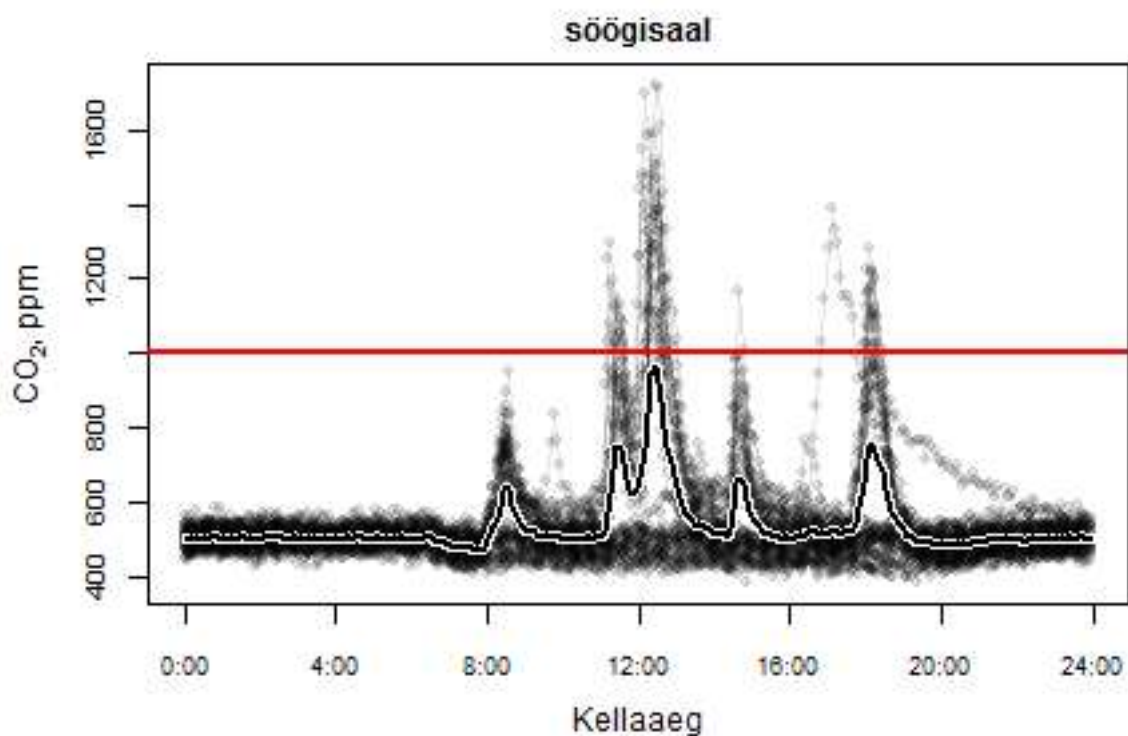
| | Õpetajate | FYS | 3 klass | 8 klass | spordisaal | söögisaal | 6 klass | muusika | 10a | õpetajate | KOKKU |
|---------------------|-----------|-------|---------|---------|------------|-----------|---------|---------|-------|-----------|--------------|
| KOKKU | 10633 | 10632 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 85064 |
| Üle 1000 ppm | 56 | 832 | 287 | 214 | 341 | 212 | 662 | 446 | 656 | 15 | 2833 |
| Üle 1000 ppm | 0,5% | 7,8% | 2,7% | 2,0% | 3,2% | 2,0% | 6,2% | 4,2% | 6,2% | 0,1% | 3,3% |

Tabel 111. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

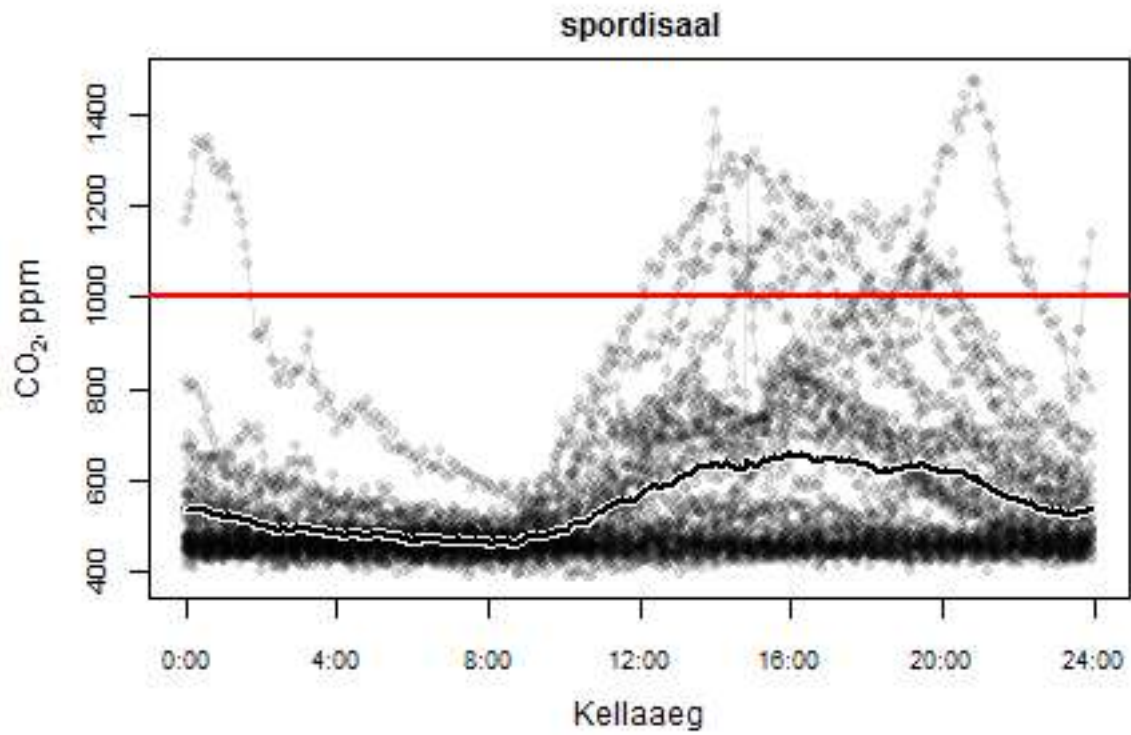
Graafikult 264 ja tabelist 111 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Õpetajate toas ja tööruumis on ületamine lühiajaline ning mitteoluline, kuid FYS, 3 klass, 8 klass spordisaal, 6 klass, muusika ja 10a ruumides on ületamine vahemikus 2,0-7,8% kogu mõõdistusperioodi ajast. Vaadates tabelit 112 näeme, et kõigis nimetatud ruumides ületatakse lubatud CO₂ taset ka tundide ajal. Graafikult 265 on näha, et söögisaalis ületatakse lubatud CO₂ tase lühiajaliselt vahetundide ajal. Graafikult 266 on näha, et spordisaali kasutatakse hiliste õhtutundideni ning normaalne CO₂ tase taastub alles pärast südaööd. Klassiruumides on CO₂ taseme tõus õppetundide ajal ning pärast tunde langeb tase kiiresti tagasi lubatud piiridesse (graafikud 267-272). Vaid 10a klassis toimub tegevus ka pärast õppetunde ja seal langeb tase allapoole kohati alles südaööks.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|---------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-------------------|
| 10a | 762,4 | 262,0 | 759 | 400 | 1279 | 4,318 |
| 3 klass | 791,6 | 244,1 | 844 | 398 | 1489 | 1,777 |
| 6 klass | 899,3 | 336,0 | 968 | 388 | 1673 | 3,462 |
| 8 klass | 737,6 | 225,7 | 747 | 381 | 1421 | 1,988 |
| FYS | 988,3 | 364,8 | 1098,5 | 397 | 1605 | 2,533 |
| muusika | 836,6 | 316,4 | 870 | 405 | 1637 | 4,546 |
| Kokku | 839,0 | 308,7 | 851 | 381 | 1673 | 2,880 |

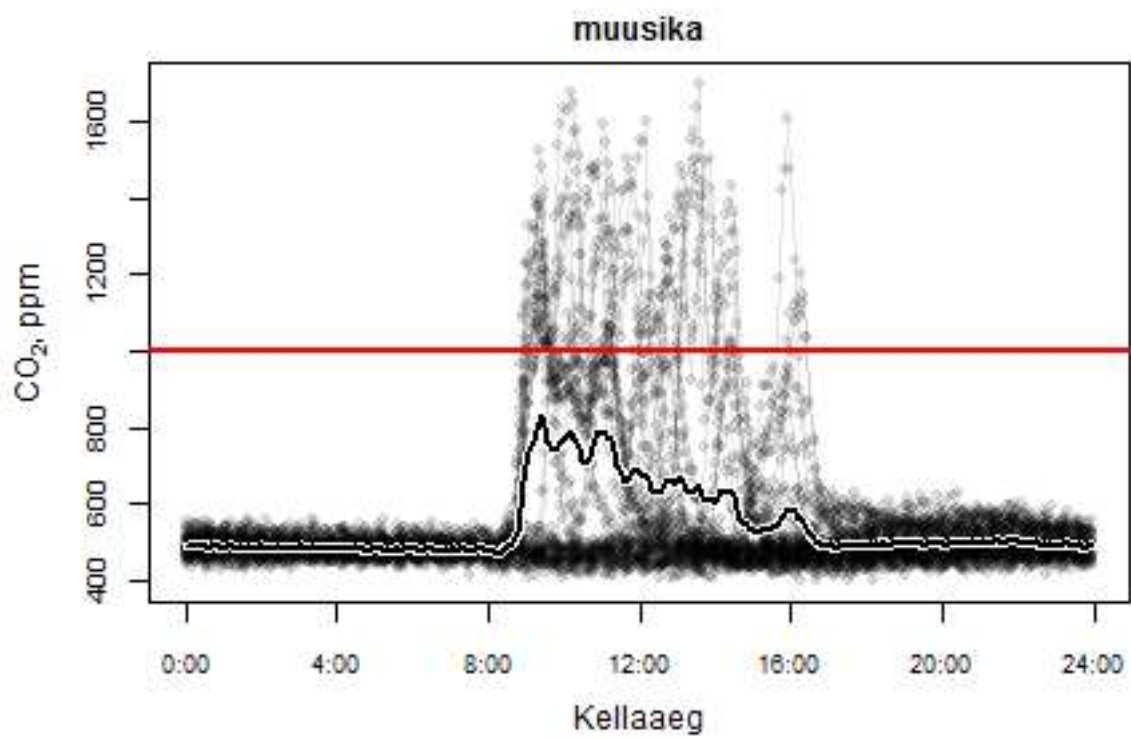
Tabel 112. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



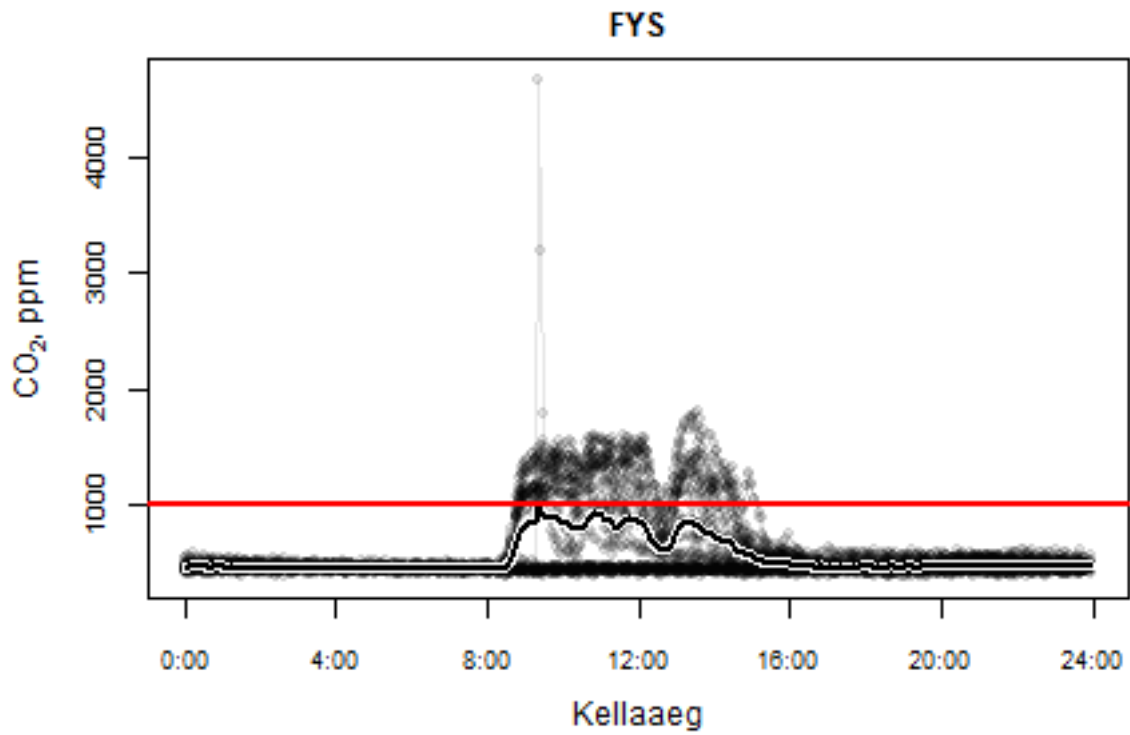
Graafik 265. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus söögisaalis ööpäeva lõikes



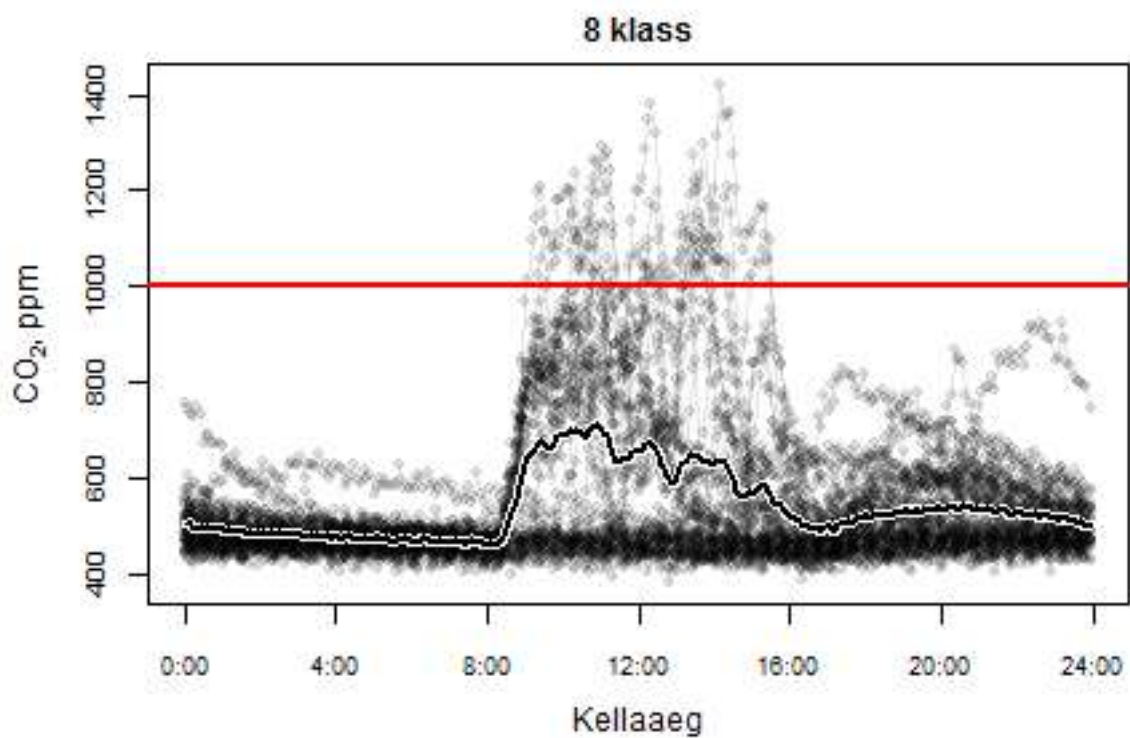
Graafik 266. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus spordisaalis ööpäeva lõikes



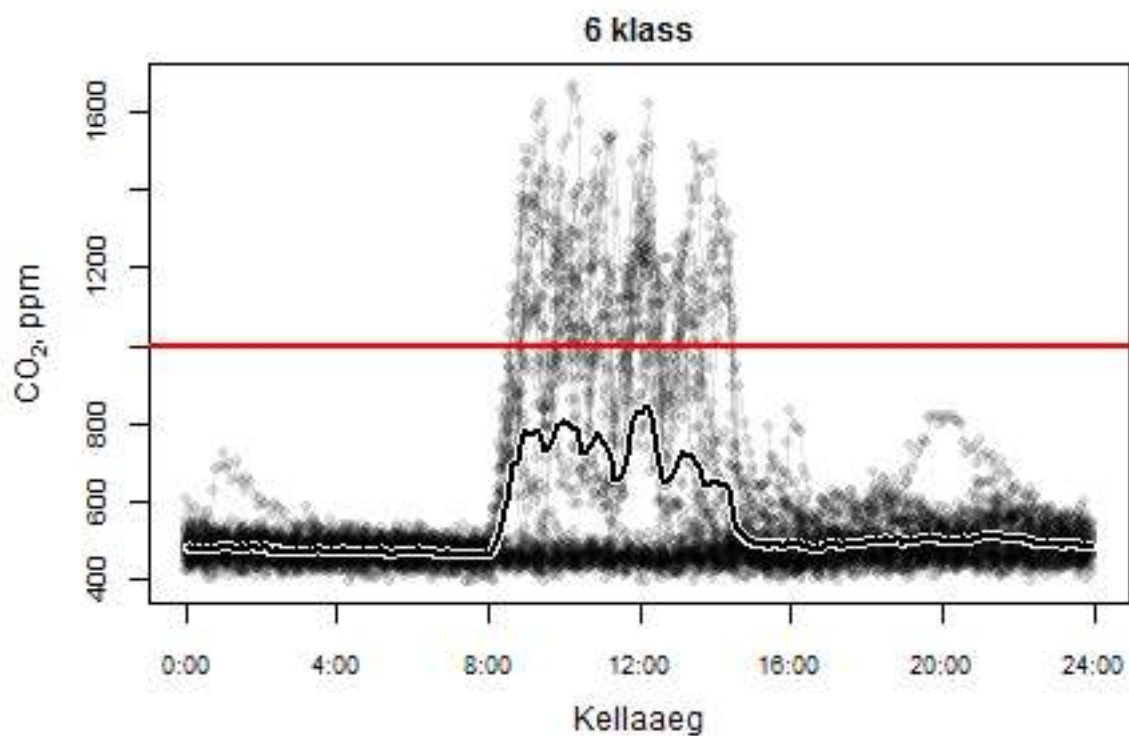
Graafik 267. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus muusika klassis ööpäeva lõikes



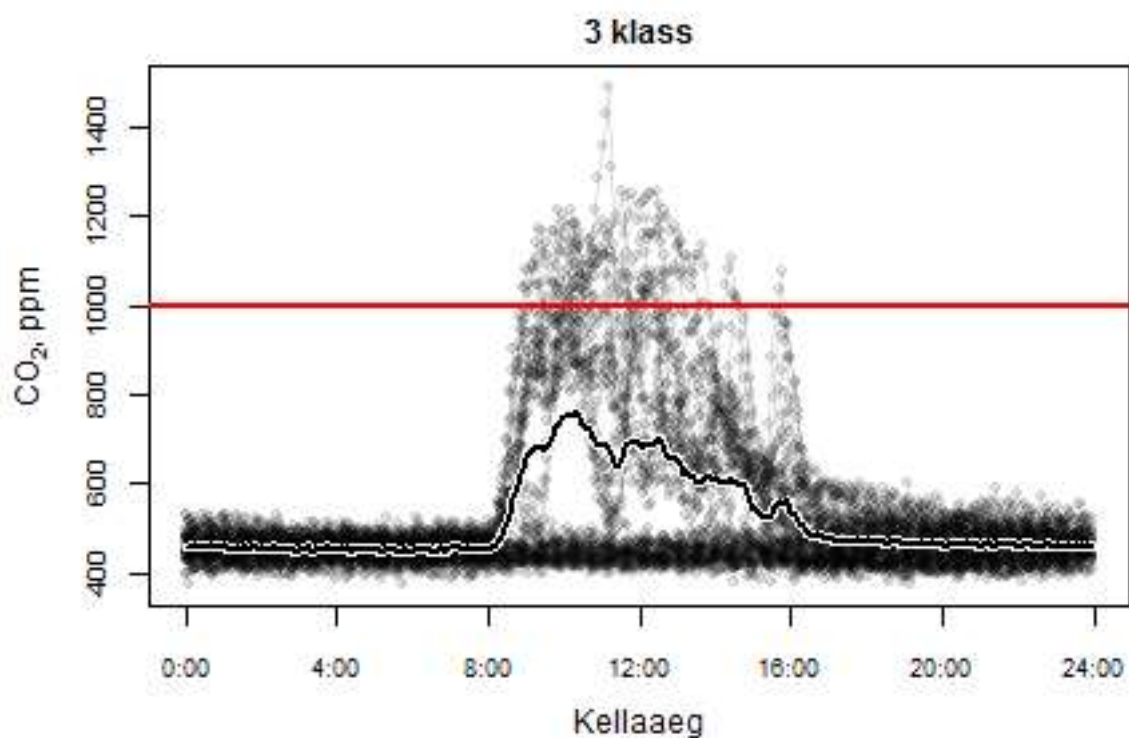
Graafik 268. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus füüsika klassis ööpäeva lõikes



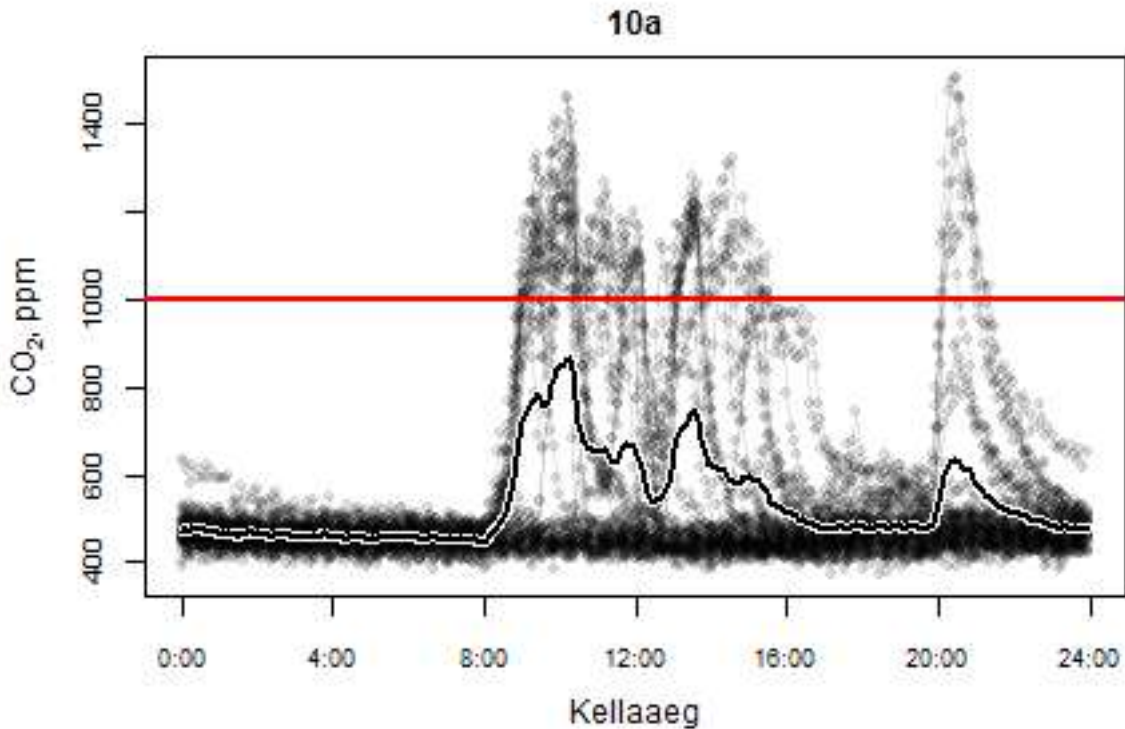
Graafik 269. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus 8 klassis ööpäeva lõikes



Graafik 270. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus 6 klassis ööpäeva lõikes



Graafik 271. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus 3 klassis ööpäeva lõikes



Graafik 272. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus 10a klassis ööpäeva lõikes

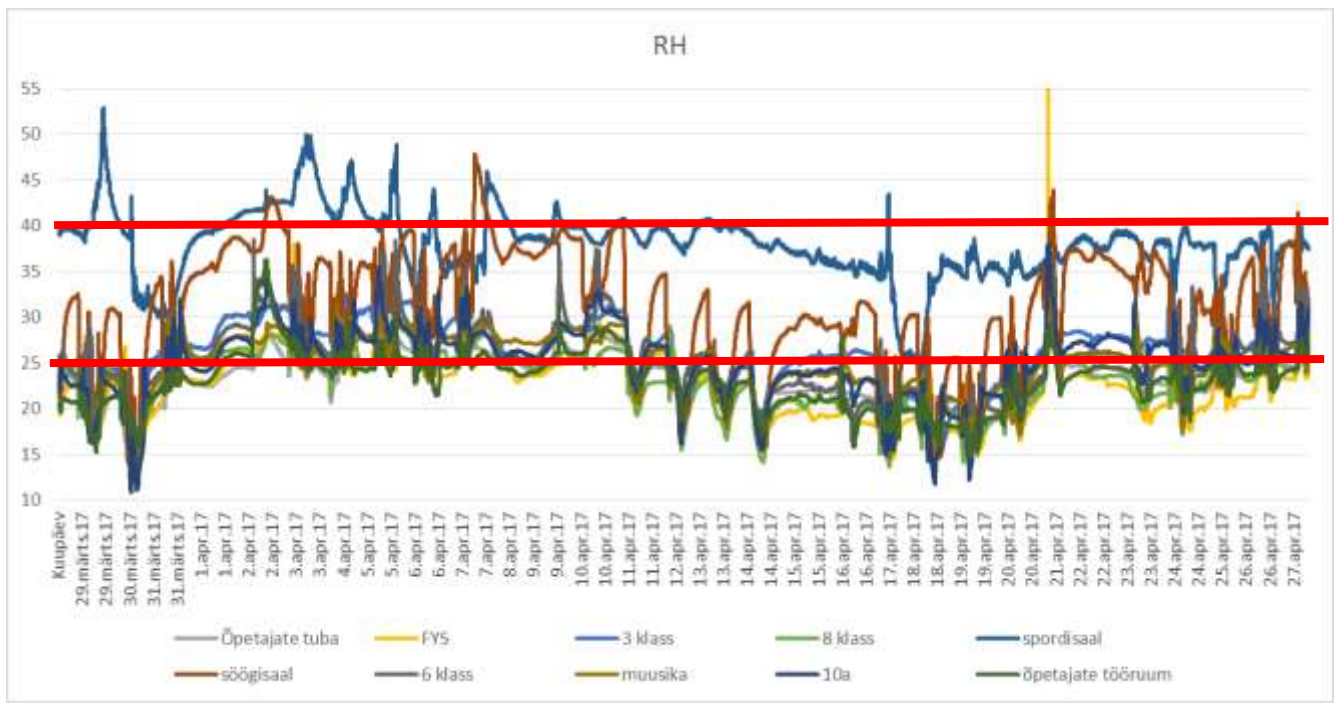
Vahetundide ajal langeb CO₂ tase kiiresti, kuid jääb tihti siiski üle lubatud piiri (tabel 113). Aeglasemalt langeb tase 3. ja 8. klassis. Nendes klassiruumides soovitame õpilastel väljuda vahetunni ajaks klassiruumist ning tuulutada klassiruumi vahetunnil akende kaudu.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|---------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-------------------|
| 10a | 794,2 | 281,9 | 822,5 | 424 | 1261 | -12,233 |
| 3 klass | 843,7 | 251,3 | 908 | 398 | 1257 | -1,838 |
| 6 klass | 884,8 | 350,6 | 884 | 410 | 1639 | -8,009 |
| 8 klass | 757,9 | 240,1 | 765 | 396 | 1378 | -1,995 |
| FYS | 964,1 | 372,5 | 1038,5 | 380 | 1554 | -7,005 |
| muusika | 853,7 | 319,3 | 878 | 414 | 1699 | -11,670 |
| Kokku | 850,0 | 313,4 | 852 | 380 | 1699 | -6,059 |

Tabel 113. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste vahetundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul vahetunni esimese 10 minuti kestel

Kokkuvõtteks võib öelda, et Noarootsi Gümnaasiumis on ruumiõhu CO₂ tasemega väheseid probleeme. Soovitame vahetundidel tuulutada klassiruumi akende kaudu.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 273. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Õpetajate | FYS | 3 klass | 8 klass | spordisaal | söögisaal | 6 klass | muusika | 10a | õpetajate | KOKKU |
|------------------|-----------|--------|---------|---------|------------|-----------|---------|---------|--------|-----------|--------------|
| KOKKU | 10633 | 10632 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 95696 |
| alla 40 % | 10633 | 10631 | 10633 | 10633 | 8332 | 10356 | 10633 | 10633 | 10633 | 10633 | 93117 |
| alla 25 % | 8378 | 8323 | 3584 | 6840 | 39 | 1914 | 4009 | 4896 | 4824 | 8110 | 42539 |
| alla 40 % | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 78,4% | 97,4% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 97,3% |
| alla 25 % | 78,8% | 78,3% | 33,7% | 64,3% | 0,4% | 18,0% | 37,7% | 46,0% | 45,4% | 76,3% | 44,5% |

Tabel 114. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 273 ja tabelist 114 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb kõikides ruumides allapoole lubatud piirmäärasid. Kõige parema suhtelise õhuniiskusega ruum on spordisaal, kõige madalam on suhteline õhuniiskus õpetajate toas ja tööruumis ning FYS klassiruumis. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid märtsis-aprillis ning keskmine välistemperatuur oli +3,37°C, siis võib arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%.

Tabeli 115 põhjal on suhteline õhuniiskus allapoole lubatud piiri ka õppetöö tundide ajal. Samast tabelist on näha, et tundide ajal suhteline õhuniiskus praktiliselt ei tõuse.

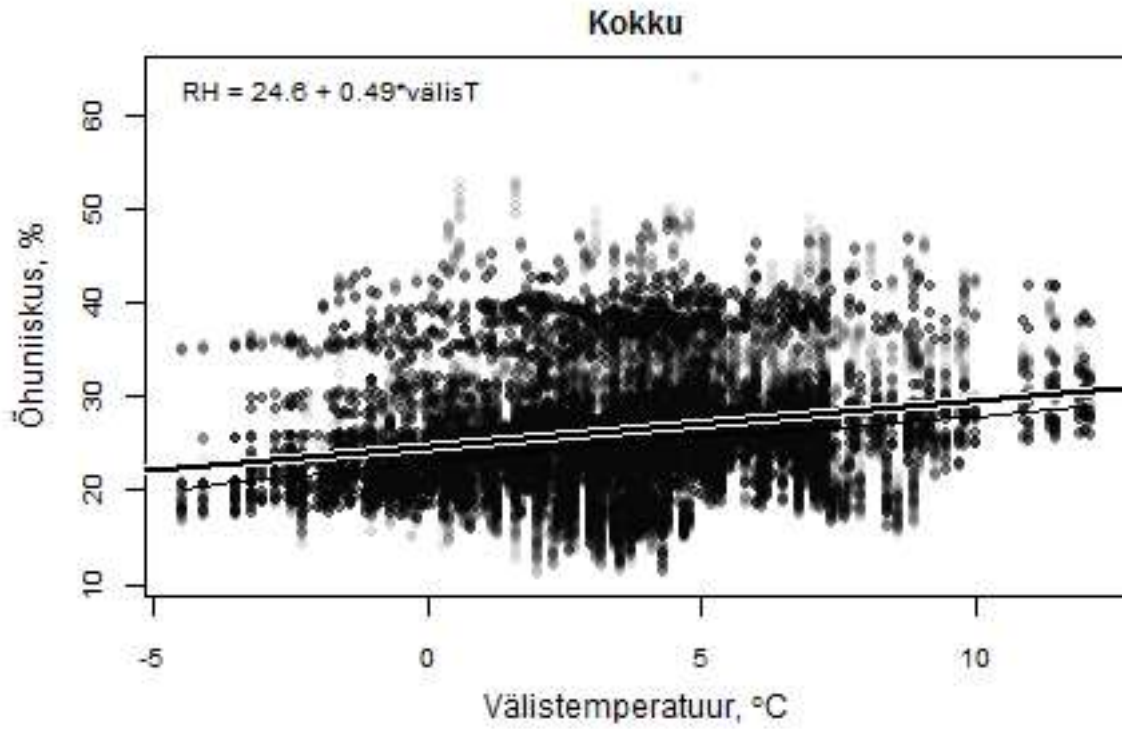
| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|---------|----------|----------------|---------|--------|-----------|----------------|
| 10a | 24,79 | 4,65 | 25,3 | 14,6 | 32,7 | 0,023 |
| 3 klass | 25,77 | 4,36 | 26,2 | 15,5 | 34 | 0,004 |
| 6 klass | 26,72 | 4,70 | 26,8 | 15,9 | 37 | 0,014 |
| 8 klass | 23,39 | 4,87 | 24,9 | 13,8 | 33,3 | 0,010 |
| FYS | 26,00 | 4,37 | 25,8 | 16,2 | 37,9 | 0,012 |
| muusika | 24,11 | 4,13 | 24,4 | 15,3 | 33,7 | 0,017 |
| Kokku | 25,10 | 4,71 | 25,5 | 13,8 | 37,9 | 0,012 |

Tabel 115. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

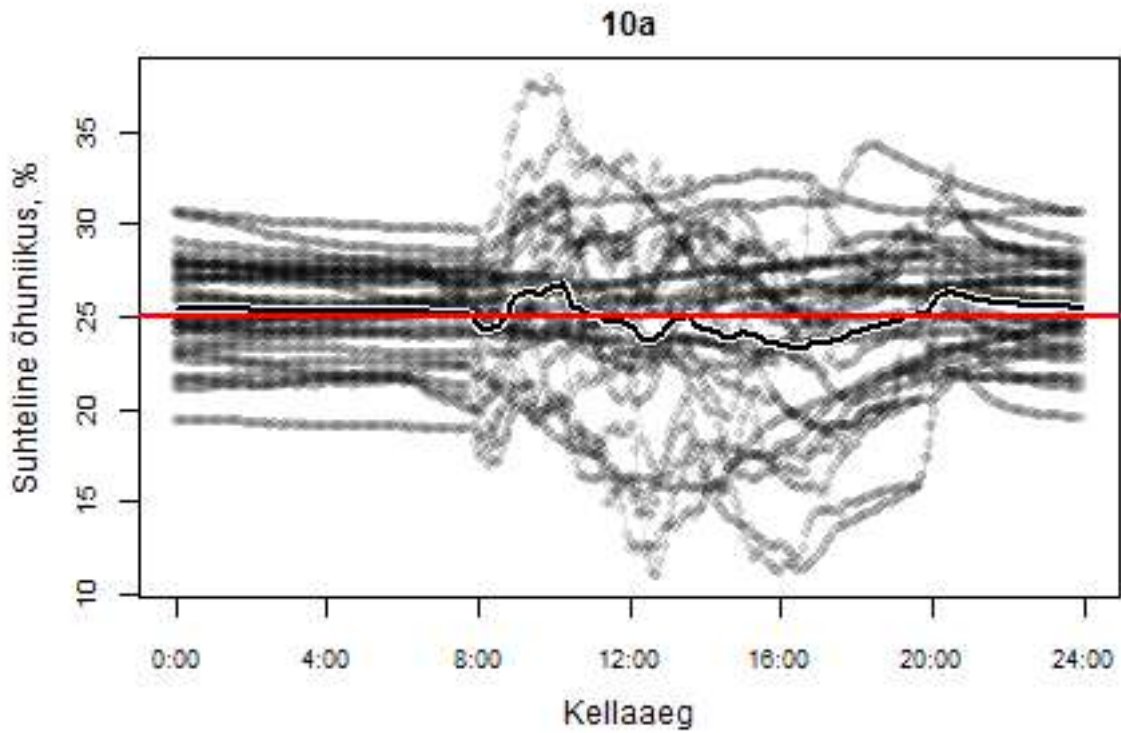
| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp.- ga |
|-------------------|----------|--------------------|---------|----------|--------------|------------------------------------|
| 10a | 25,01 | 3,84 | 25,4 | 10,9 | 37,9 | 0,42 |
| 3 klass | 25,75 | 3,74 | 26,2 | 14,8 | 35,1 | 0,31 |
| 6 klass | 25,38 | 3,83 | 25,7 | 12,6 | 38,5 | 0,49 |
| 8 klass | 23,07 | 3,53 | 23,6 | 12,0 | 33,3 | 0,39 |
| FYS | 22,82 | 3,70 | 23,1 | 12,5 | 64,0 | 0,41 |
| muusika | 24,61 | 3,40 | 25,2 | 12,3 | 33,7 | 0,25 |
| spordisaal | 37,98 | 3,71 | 38,2 | 23,6 | 52,9 | 0,29 |
| söögisaal | 31,04 | 6,23 | 31,4 | 14,0 | 47,8 | 0,24 |
| Õpetajate tuba | 23,12 | 2,92 | 23,4 | 12,0 | 31,5 | 0,48 |
| õpetajate tööruum | 23,11 | 3,12 | 23,6 | 14,8 | 36,2 | 0,53 |
| Kokku | 26,19 | 5,99 | 25,2 | 10,9 | 64,0 | 0,24 |

Tabel 116. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

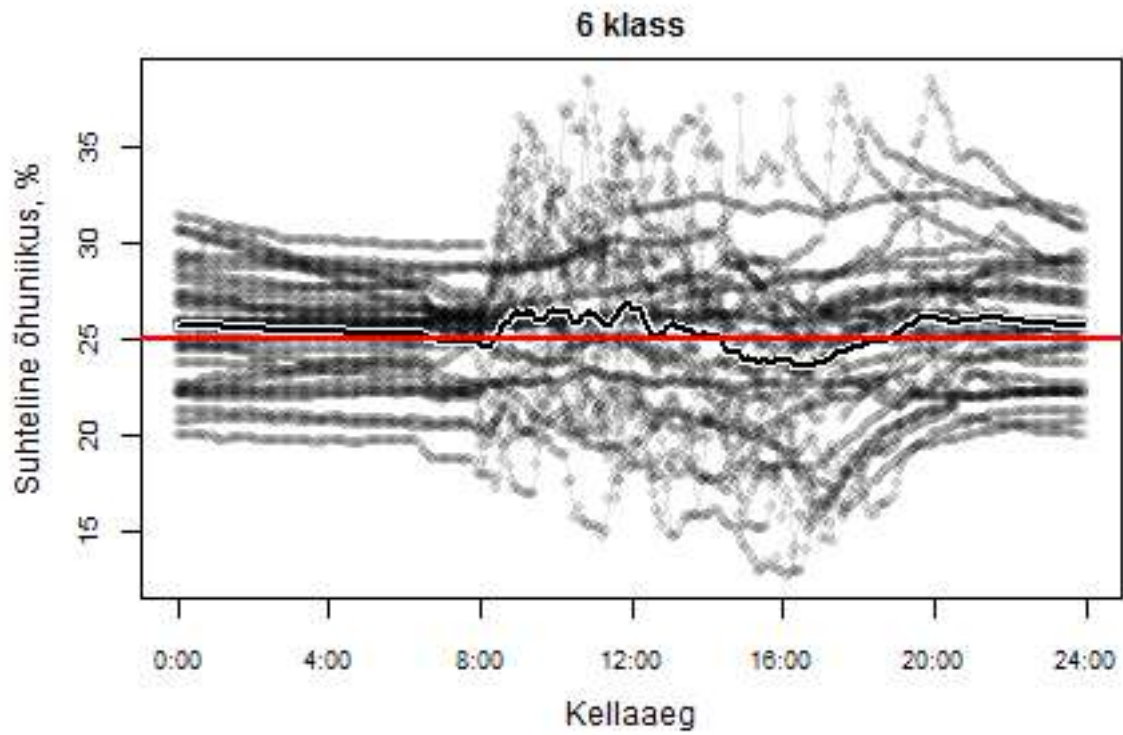
Siseõhu suhteline niiskus on keskmises korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=24,6+0,49*välisT$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,49% siseõhu suhtelise niiskuse muutust. Graafikutelt 275-278 on näha, et suhteline õhuniiskus klassiruumides õppetöö ajal kord tõuseb, kord langeb. FYS (füüsika) klassis on näha ka õpilaste või õpetajate poolt läbiviidud katse, kus puhuti andurile ning jälgiti näidu tõusmist (graafik 278 üksik järsk tõus).



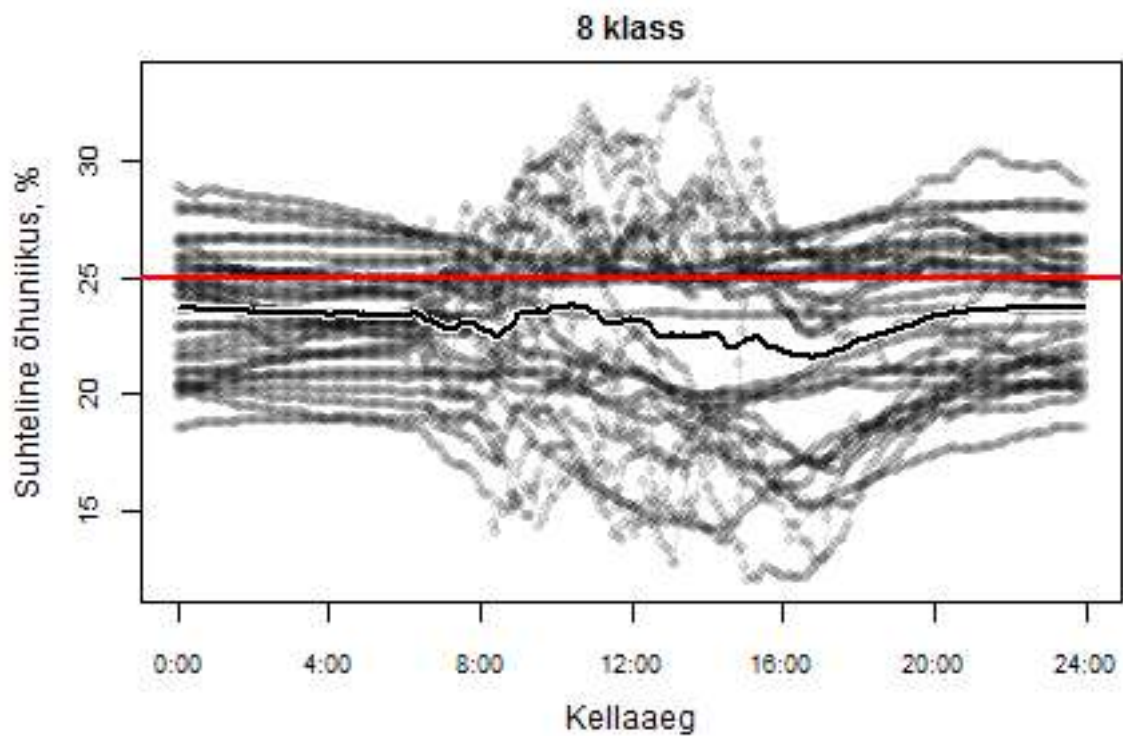
Graafik 274. Ruumiõhu suhtelise niiskuse ja välitemperatuuri vaheline seos



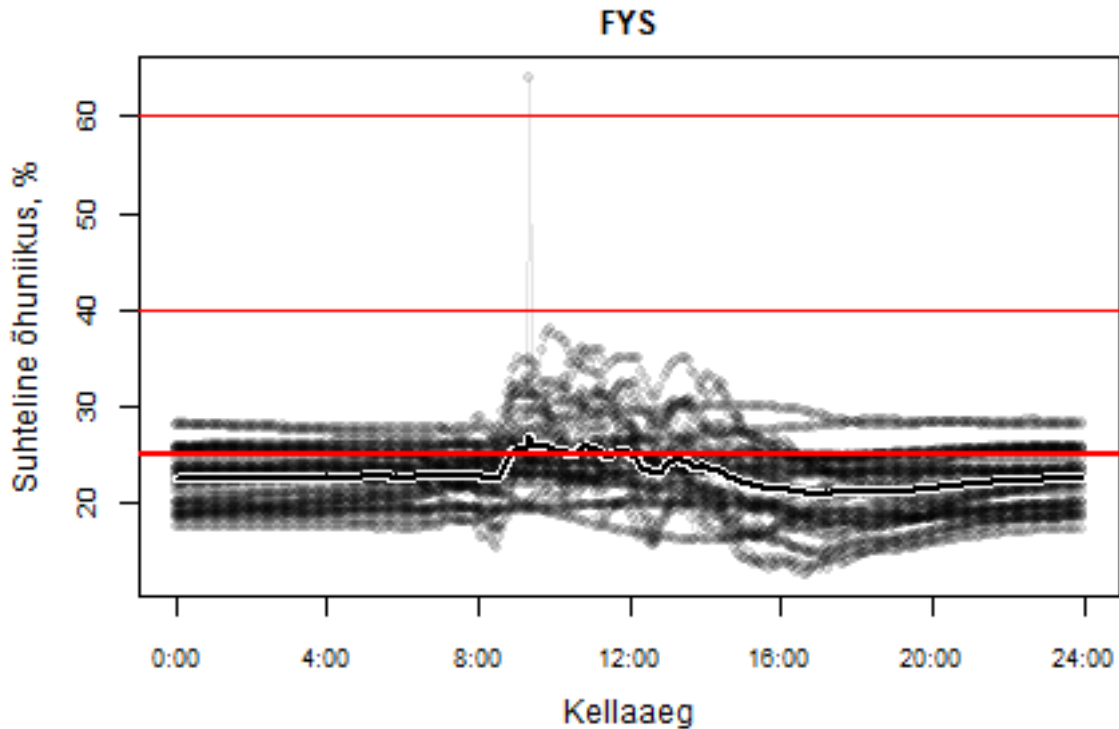
Graafik 275. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus 10a klassis ööpäeva lõikes



Graafik 276. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus 6 klassis ööpäeva lõikes



Graafik 277. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus 8 klassis ööpäeva lõikes



Graafik 278. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus 10a klassis ööpäeva lõikes

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Noarootsi Gümnaasiumis keskmiselt tasemele 14,8%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Läänemaa Ühisgümnaasium

Möödistuste aeg: 28.märts 2017 – 27. aprill 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Ruum 119
- Ruum 037

- Ruum 126
- Ruum 128
- Ruum 223 raamatukogu
- Ruum 220 õpetajate tuba
- aula
- Ruum 313 füüsika
- Ruum 405 arvuti
- Ruum 109 direktor

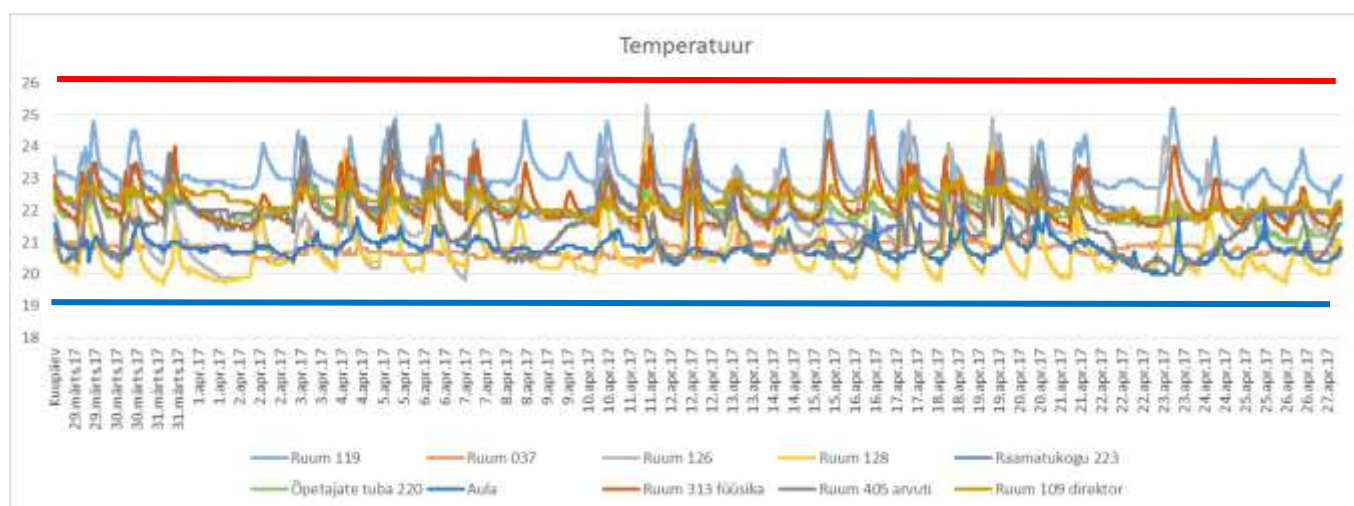
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamus ajast miinuskraadides. Välistõhu temperatuurivahemik mõõtmisperiodil oli -4,5 kuni +13,7°C keskmine temperatuur +3,37°C
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,60– 2,90 m põrandapinnast.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



Graafik 279. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperiodi ulatuses.

| | Ruum 119 | Ruum 037 | Ruum 126 | Ruum 128 | Raamatuk | Õpetajate | Aula | Ruum 313 | Ruum 405 | Ruum 109 | KOKKU |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|----------|----------|----------|---------------|
| KOKKU | 10623 | 10623 | 10623 | 10633 | 10623 | 10633 | 10623 | 10622 | 10623 | 10623 | 106249 |
| Üle 26 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |

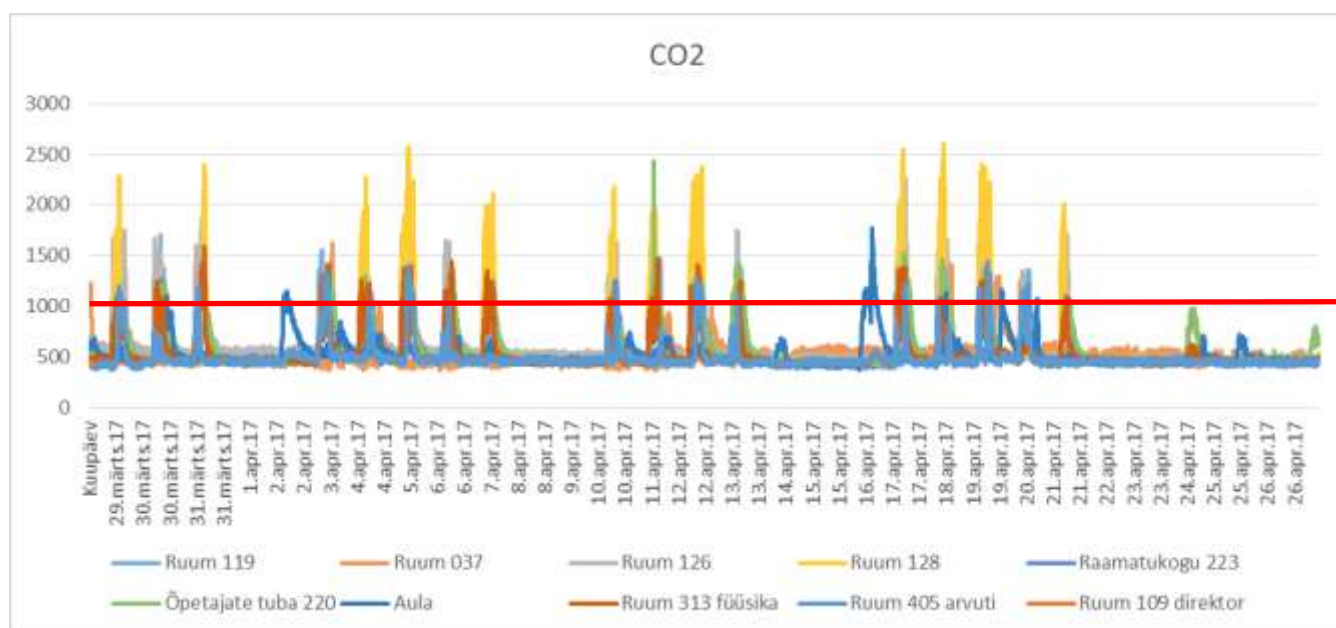
Tabel 117. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-------------------|
| klass 121 | 23,40 | 0,65 | 23,5 | 21,8 | 24,8 | 0,005 |
| klass 205 arvuti | 23,57 | 0,79 | 23,6 | 21,8 | 25,6 | 0,006 |
| klass 209 | 23,67 | 0,72 | 23,7 | 21,4 | 25,4 | -0,001 |
| klass 214 | 23,01 | 0,47 | 23,0 | 20,2 | 24,1 | 0,000 |
| ruum 108 | 23,19 | 0,32 | 23,2 | 22,2 | 23,8 | 0,000 |
| ruum 109 | 23,21 | 0,89 | 23,4 | 19,8 | 24,7 | 0,008 |
| ruum 119 | 22,53 | 0,62 | 22,6 | 21 | 23,9 | 0,007 |
| Kokku | 23,24 | 0,79 | 23,3 | 19,8 | 25,6 | 0,004 |

Tabel 118. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Graafikult 279 ja tabelist 117 lähtub, et Läänemaa Ühisgümnaasiumis pole ületatud suurimat lubatud temperatuuri 26°C ega olnud temperatuure allapoole minimaalset lubatud temperatuuri 19°C. Temperatuur hoones on võrreldes teiste koolidega väga ühtlane. Tabelis 118 on näha temperatuuri muutus klassiruumides õppetöö ajal.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 280. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

| | Ruum 119 | Ruum 037 | Ruum 126 | Ruum 128 | Ruum 223 | Ruum 220 | Aula | Ruum 313 füüsika | Ruum 405 arvuti | Ruum 109 direktor | KOKKU |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|------------------|-----------------|-------------------|--------------|
| KOKKU | 10623 | 10623 | 10623 | 10633 | 10623 | 10633 | 10623 | 10622 | 10623 | 10623 | 85003 |
| Üle 1000 ppm | 670 | 122 | 1166 | 1041 | 919 | 935 | 162 | 535 | 333 | 9 | 5100 |
| Üle 1000 ppm | 6,3% | 1,1% | 11,0% | 9,8% | 8,7% | 8,8% | 1,5% | 5,0% | 3,1% | 0,1% | 6,0% |

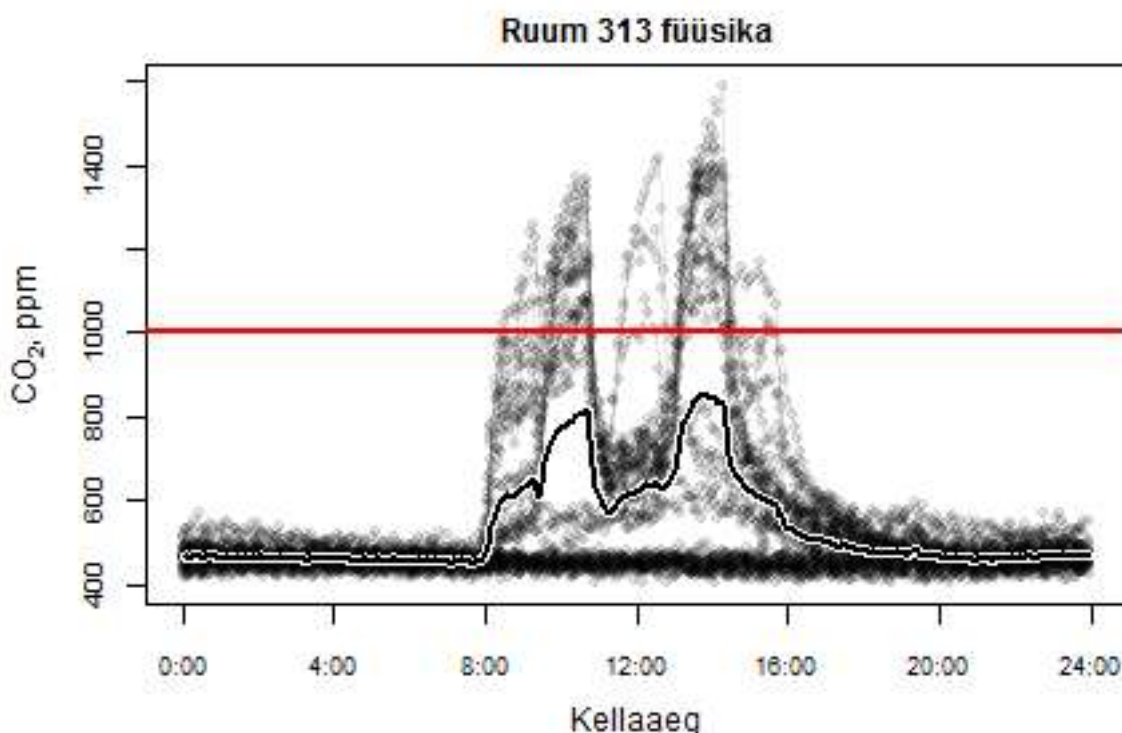
Tabel 119. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 280 ja tabelist 119 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Direktori kabinetis, aulas ja ruumis 037 on ületamine lühiajaline ning mitteoluline, kuid ruumides 119, 126, 128, 223, 220, 313 ja 405 on ületamine vahemikus 3,1-11,0% kogu mõõdistusperioodi ajast. Vaadates tabelit 120 näeme, et kõigis nimetatud ruumides ületatakse lubatud CO₂ taset kohati ka tundide ajal. Kusjuures klassiruumis 128 on ruumiõhu CO₂ sisalduse keskmine näit üle lubatud taseme.

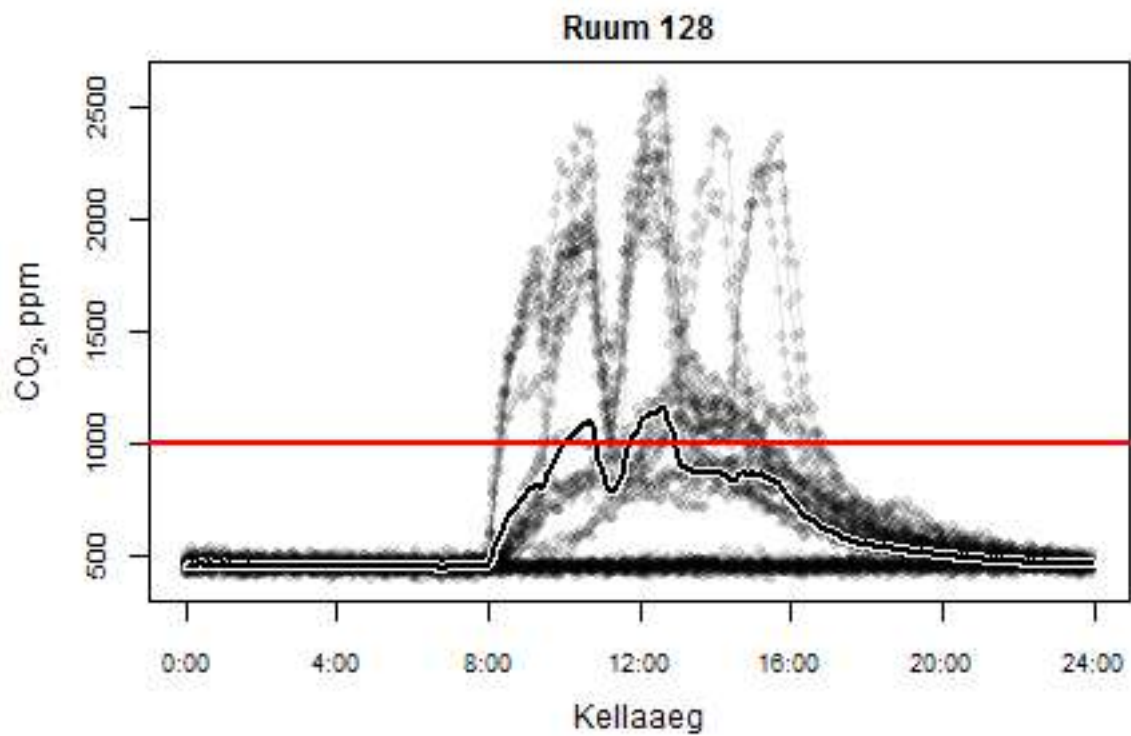
Graafikutelt 281-287 on näha, et kõikides ruumides tõuseb CO₂ tase õppetöö ajal ning langeb lubatud tasemele pärast õppetööd. Sellest tulenevalt on soovitatav reguleerida ventilatsioonisüsteemi õppetöö perioodiks intensiivsemaks ning tuulutada vahetundide ajal klassiruumi akende kaudu. Tabelist 121 on näha, et vahetundide ajal langeb CO₂ tase oluliselt.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-------------------|
| Ruum 037 | 476,0 | 105,3 | 461 | 372 | 1242 | 0,654 |
| Ruum 119 | 982,9 | 364,7 | 1081 | 405 | 1736 | 4,822 |
| Ruum 126 | 964,3 | 406,8 | 969 | 418 | 2262 | 3,483 |
| Ruum 128 | 1245,5 | 627,2 | 1193 | 419 | 2609 | 5,634 |
| Ruum 313 füüsika | 827,2 | 290,1 | 804,5 | 403 | 1467 | 1,614 |
| Ruum 405 arvuti | 709,3 | 266,4 | 691 | 399 | 1443 | 2,733 |
| Kokku | 913,8 | 444,6 | 843 | 372 | 2609 | 3,283 |

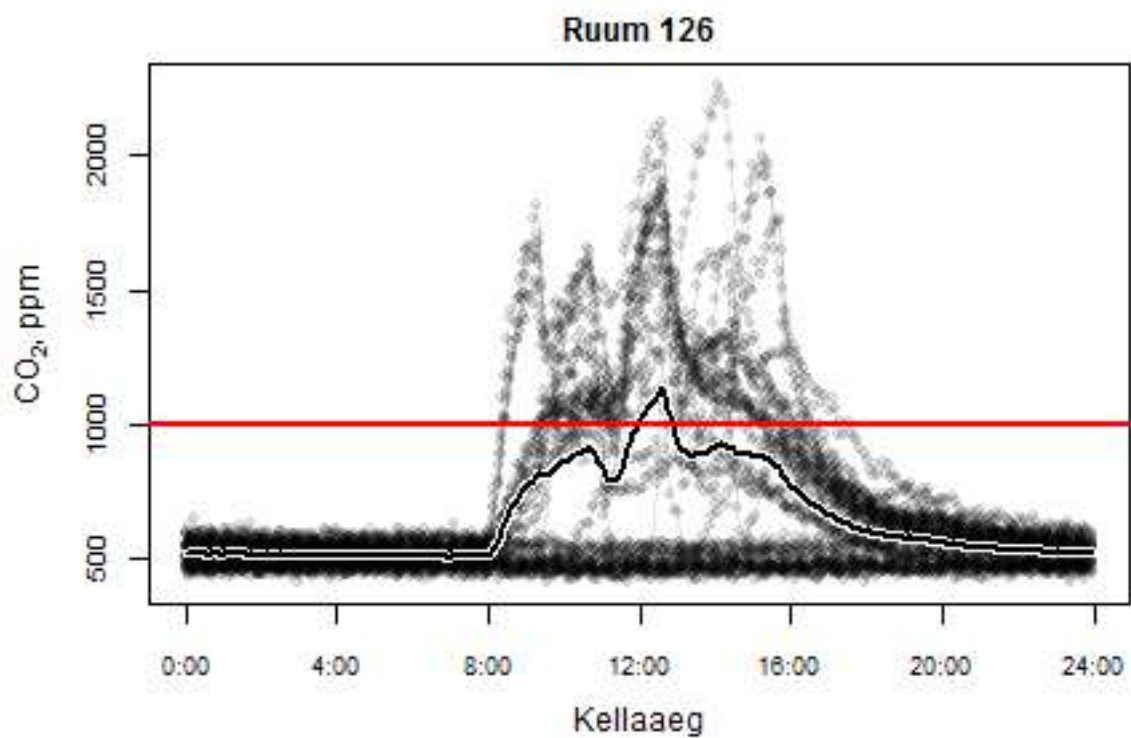
Tabel 120. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



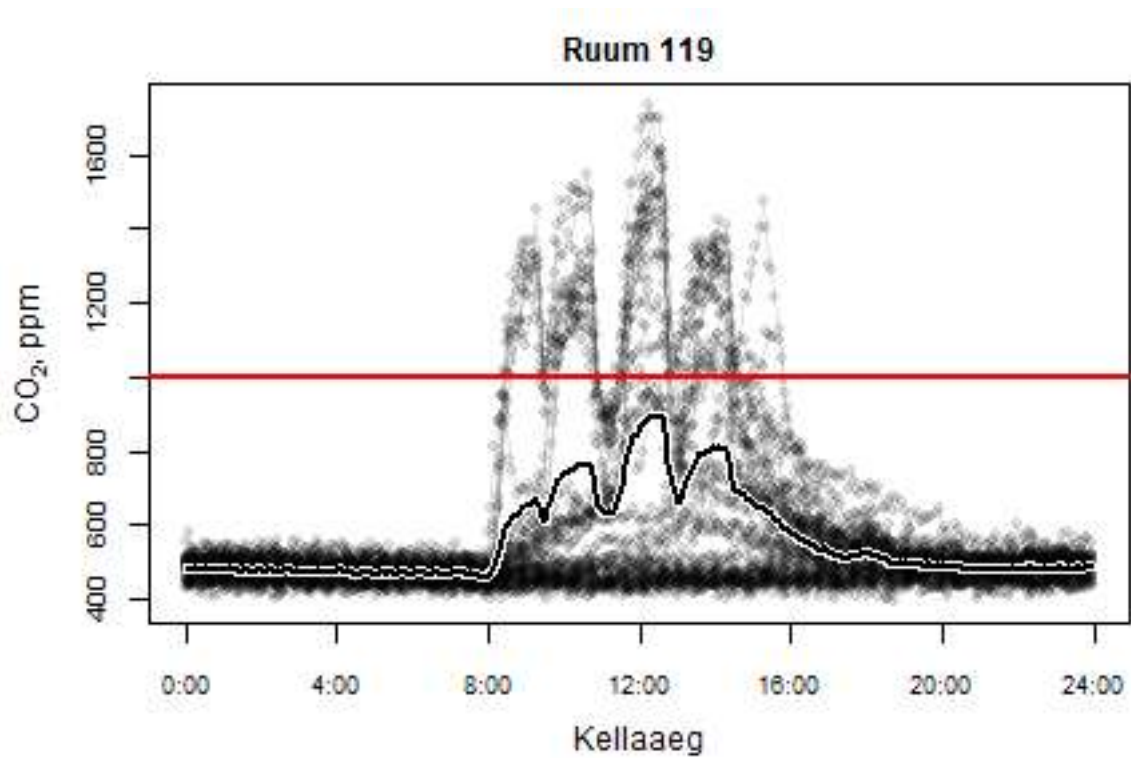
Graafik 281. Ruumi 313 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



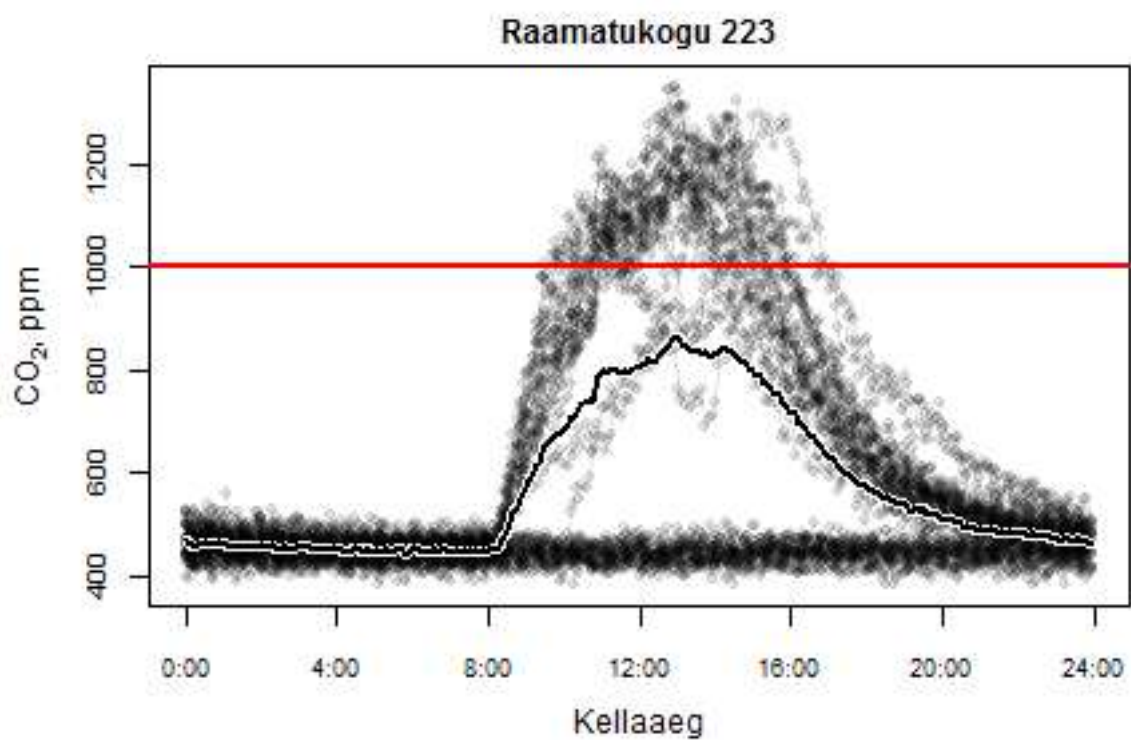
Graafik 282. Ruumi 128 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



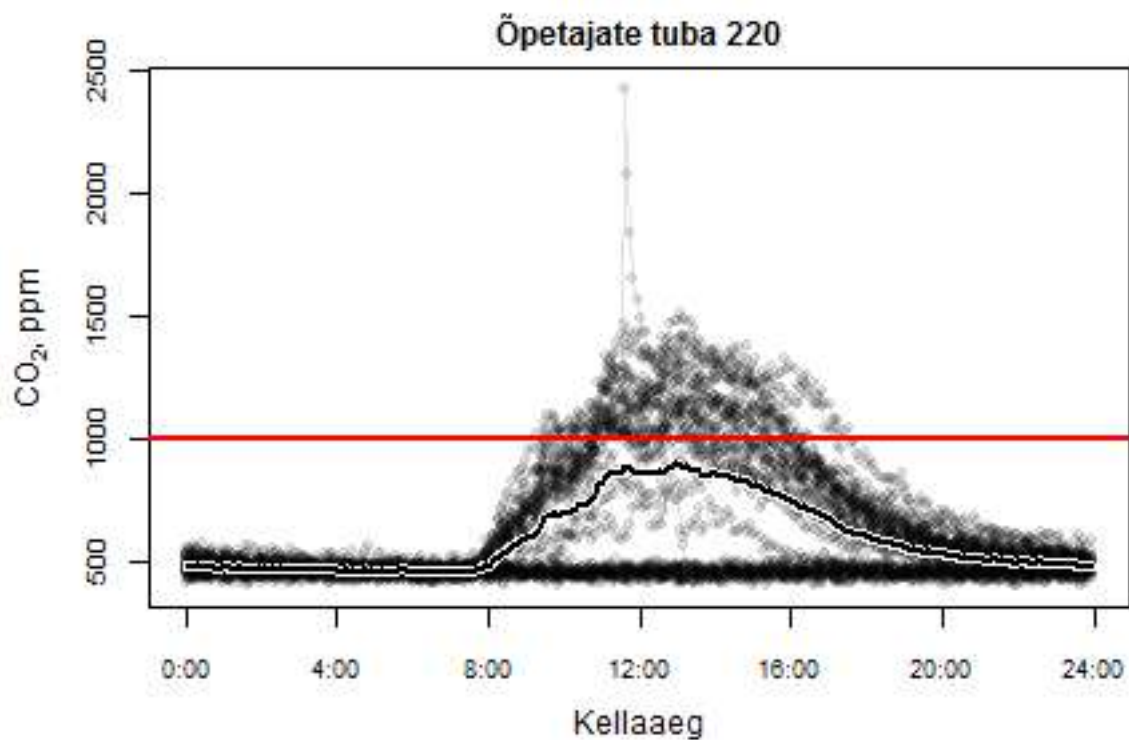
Graafik 283. Ruumi 126 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



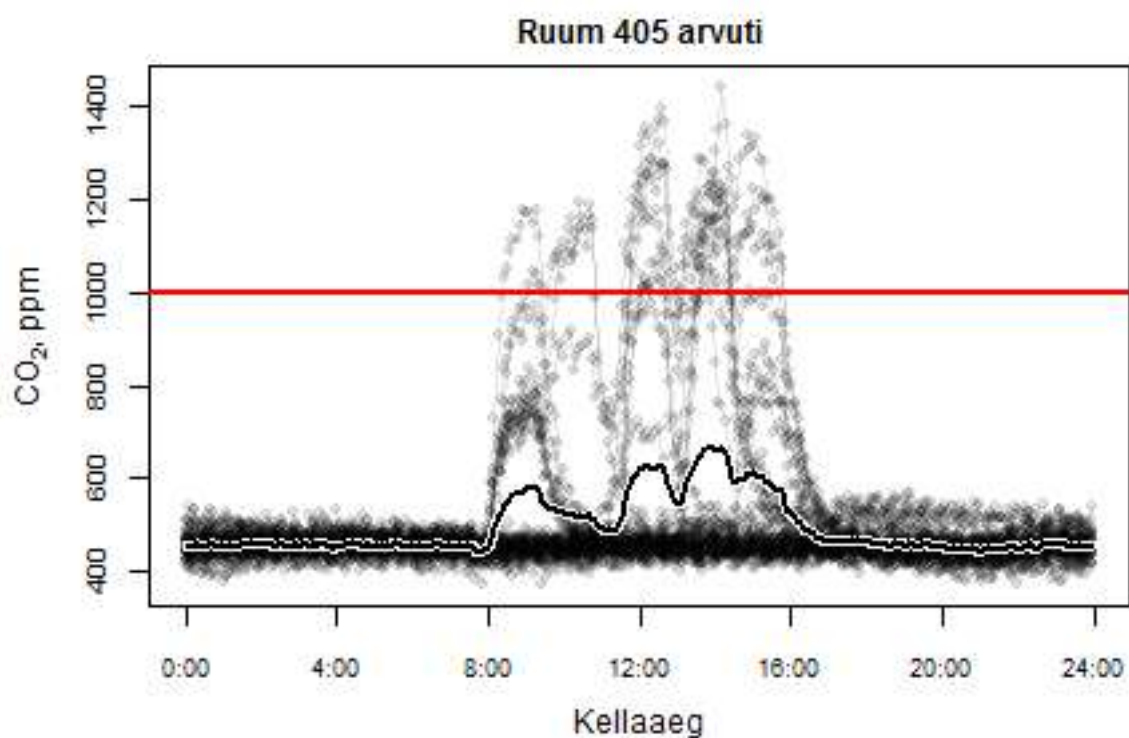
Graafik 284. Ruumi 119 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 285. Ruumi 223 raamatukogu õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 286. Ruumi 220 õpetajate tuba õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 287. Ruumi 405 arvutiklass õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes

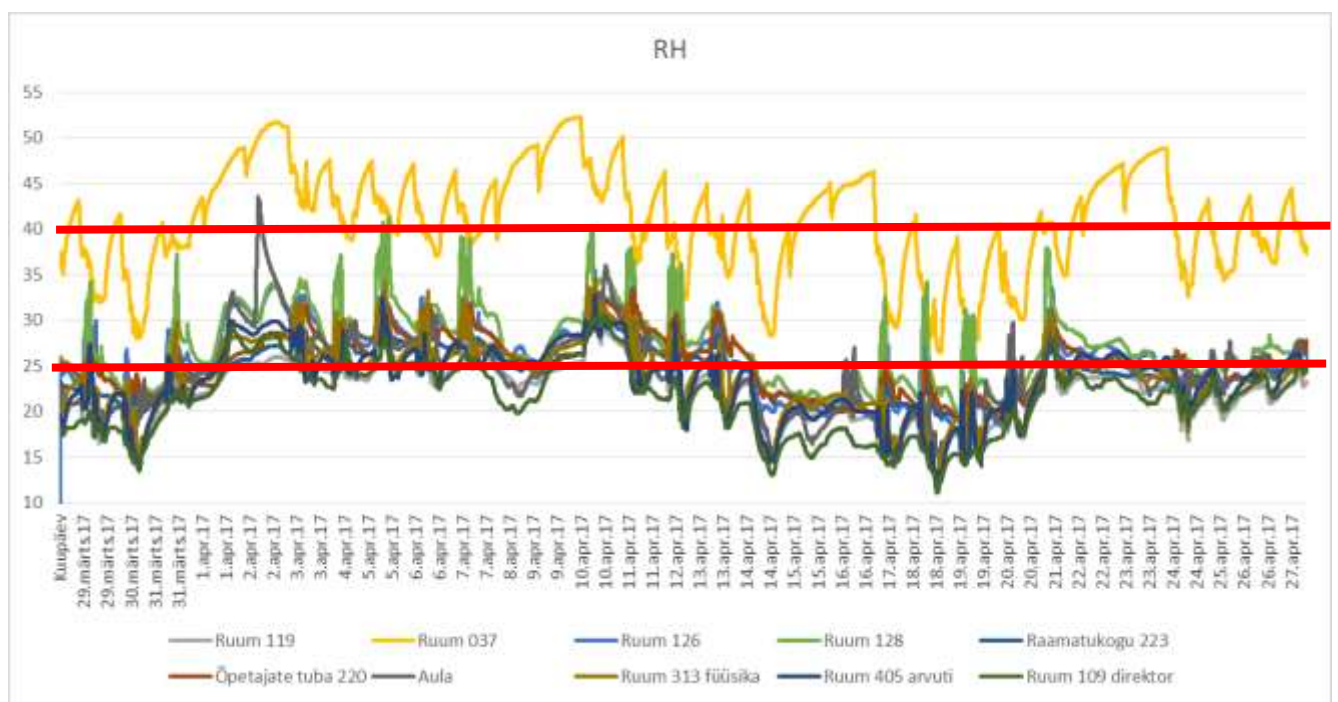
| Ruum | Keskmine | Standard- | Mediaan | Miinimum | Maksimu | Muutus |
|------|----------|-----------|---------|----------|---------|--------|
|------|----------|-----------|---------|----------|---------|--------|

| | | hälve | | | m | minutis |
|------------------|--------|-------|-------|-----|------|---------|
| Ruum 119 | 877,6 | 284,5 | 920,5 | 420 | 1568 | -16,283 |
| Ruum 126 | 1013,4 | 381,5 | 1051 | 417 | 2023 | -6,485 |
| Ruum 128 | 1226,8 | 543,7 | 1294 | 423 | 2565 | -13,703 |
| Ruum 313 füüsika | 753,0 | 209,2 | 755 | 403 | 1330 | -8,828 |
| Ruum 405 arvuti | 667,5 | 225,2 | 634,5 | 428 | 1369 | -6,422 |
| Kokku | 911,1 | 394,3 | 856 | 403 | 2565 | -10,591 |

Tabel 121. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvkarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste vahetundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul vahetunni esimese 10 minuti kestel

Kokkuvõtteks võib väita, et Läänemaa Ühisgümnaasiumis on probleem CO₂ sisaldusega ruumiõhus. Soovitav on reguleerida ventilatsioonisüsteemi õppetöö ajaks intensiivsemaks ning avada vahetundidel tuulutuseks aknaid.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 288. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Ruum 119 | Ruum 037 | Ruum 126 | Ruum 128 | Raamatuk | Õpetajate | Aula | Ruum 313 | Ruum 405 | Ruum 109 | KOKKU |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------|----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 10623 | 10623 | 10622 | 10633 | 10623 | 10633 | 10623 | 10622 | 10623 | 10623 | 95625 |
| alla 40 % | 10623 | 4533 | 10622 | 10610 | 10623 | 10633 | 10592 | 10622 | 10623 | 10623 | 89481 |
| alla 25 % | 8790 | 0 | 4282 | 2735 | 6277 | 4556 | 6129 | 6764 | 6383 | 8809 | 45935 |
| alla 40 % | 100,0% | 42,7% | 100,0% | 99,8% | 100,0% | 100,0% | 99,7% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 93,6% |
| alla 25 % | 82,7% | 0,0% | 40,3% | 25,7% | 59,1% | 42,8% | 57,7% | 63,7% | 60,1% | 82,9% | 48,0% |

Tabel 122. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

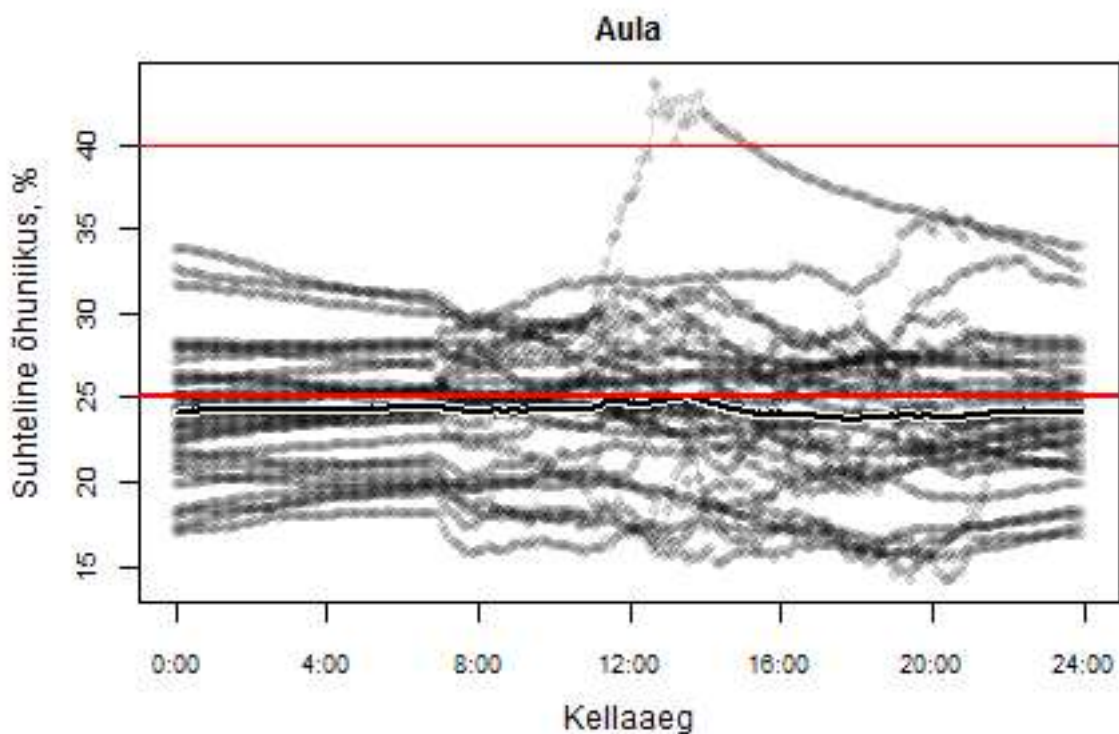
Graafikult 288 ja tabelist 122 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb kõikides ruumides va ruum 037 allapoole lubatud piirmäärasid. Kõige parema suhtelise õhuniiskusega ruum on spordisaal, kõige madalam on suhteline õhuniiskus õpetajate toas ja tööruumis ning FYS klassiruumis. Arvestades asjaoluga, et mõõtmised toimusid märtsis-aprillis ning keskmine

välitemperatuur oli +3,37°C, siis võib arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Ruumi 037 oluliselt kõrgemat suhtelise õhuniiskuse taset on soovitatav täiendavalt uurida.

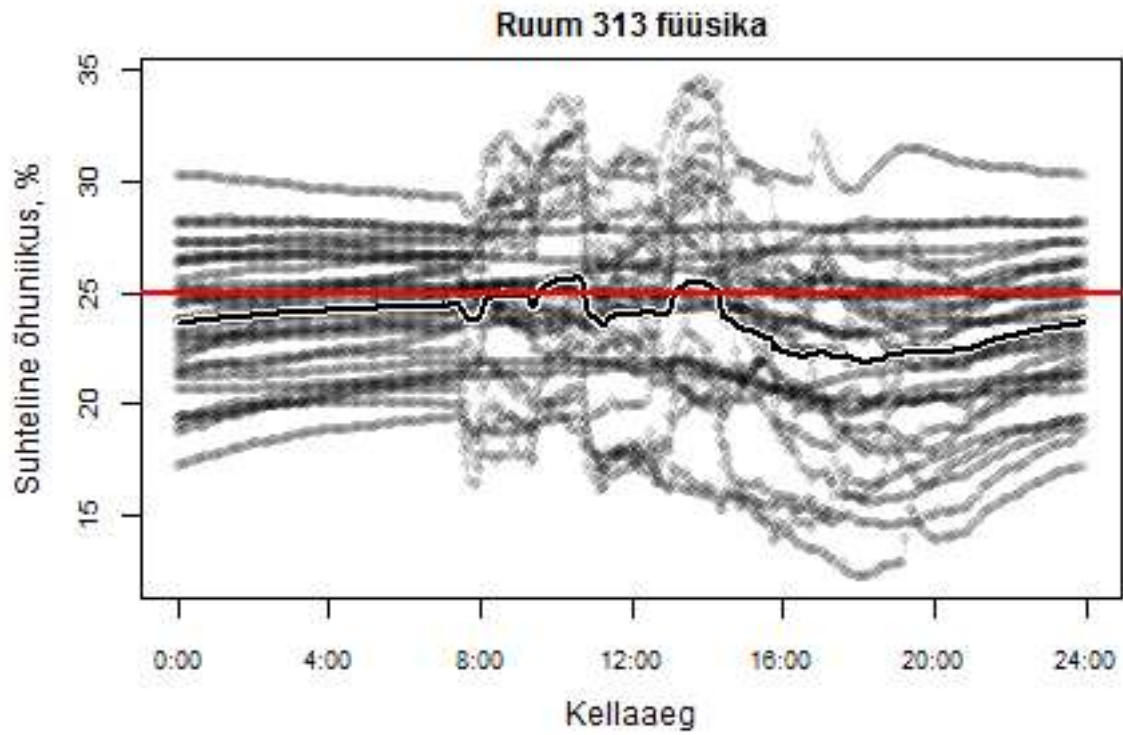
Tabeli 123 põhjal on suhteline õhuniiskus allapoole lubatud piiri ka õppetöö tundide ajal. Graafikutelt 289-294 on näha, et tundide ajal suhteline õhuniiskus pisut tõuseb, kuid jääb siiski keskmiselt sageli allapoole lubatud minimaalset piiri.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Muutus minutis |
|------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-------------------|
| Ruum 037 | 40,12 | 3,78 | 40,0 | 31,9 | 47,5 | 0,010 |
| Ruum 119 | 24,48 | 4,13 | 23,5 | 15,7 | 33 | 0,020 |
| Ruum 126 | 26,58 | 3,71 | 26,9 | 16,6 | 35,6 | 0,018 |
| Ruum 128 | 30,81 | 5,02 | 30,5 | 21,8 | 41,3 | 0,028 |
| Ruum 313 füüsika | 25,01 | 4,68 | 24,2 | 14,6 | 34,6 | 0,002 |
| Ruum 405 arvuti | 23,92 | 4,15 | 24,8 | 14,0 | 32,4 | 0,007 |
| Kokku | 27,23 | 6,13 | 26,5 | 14,0 | 47,5 | 0,015 |

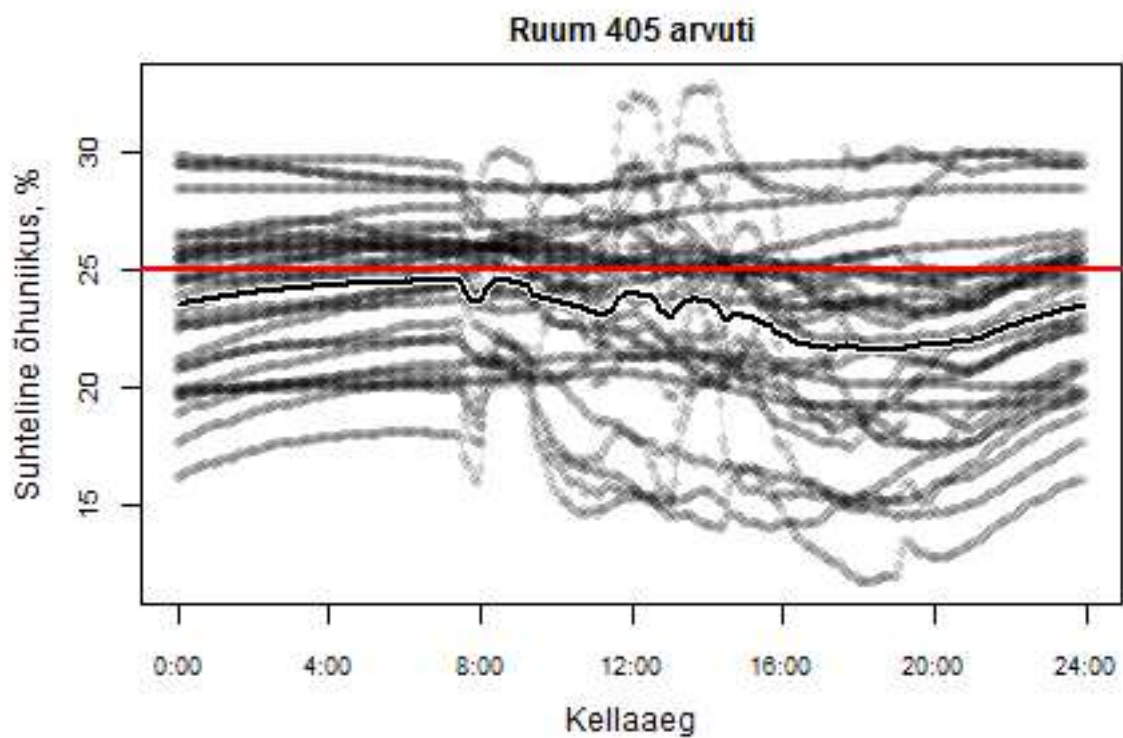
Tabel 123. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minutis jooksul



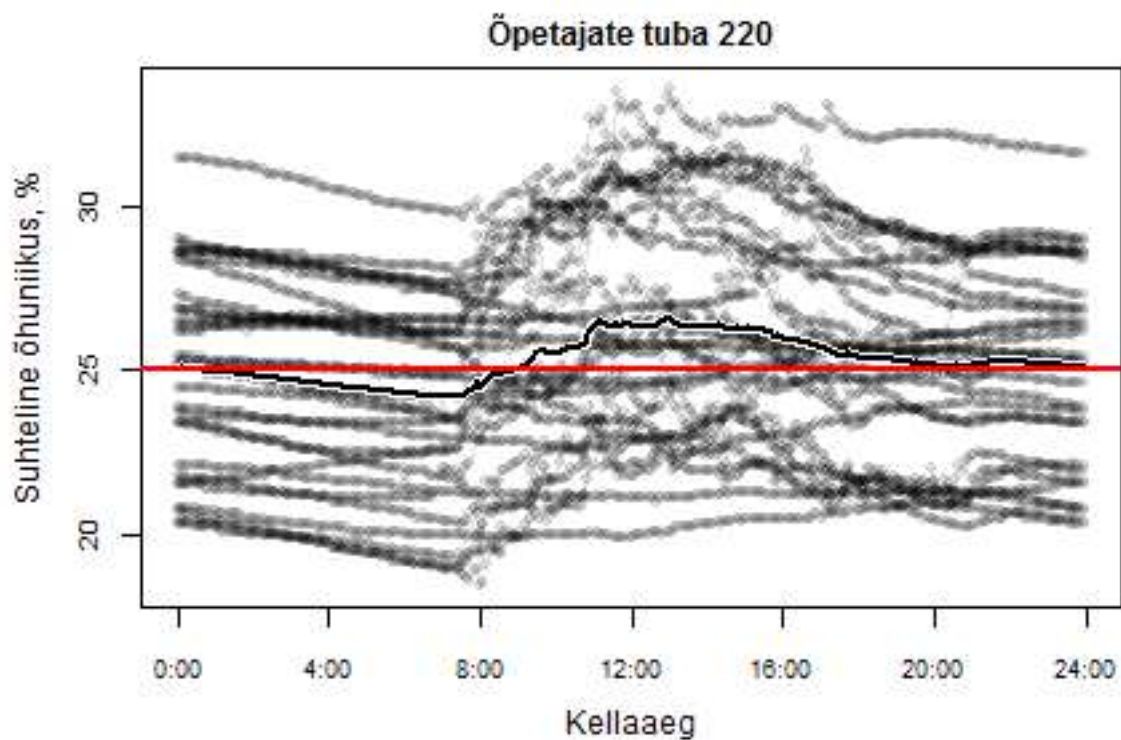
Graafik 289. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus aulas ööpäeva lõikes



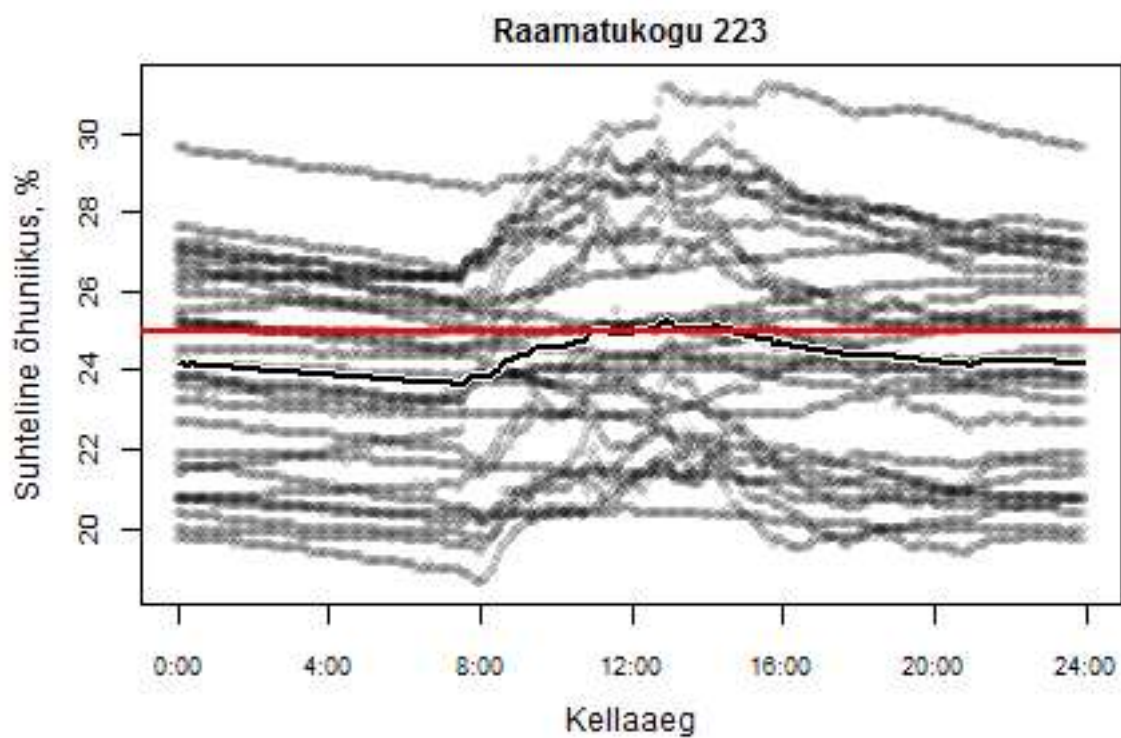
Graafik 290. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus füüsika klassis 313 ööpäeva lõikes



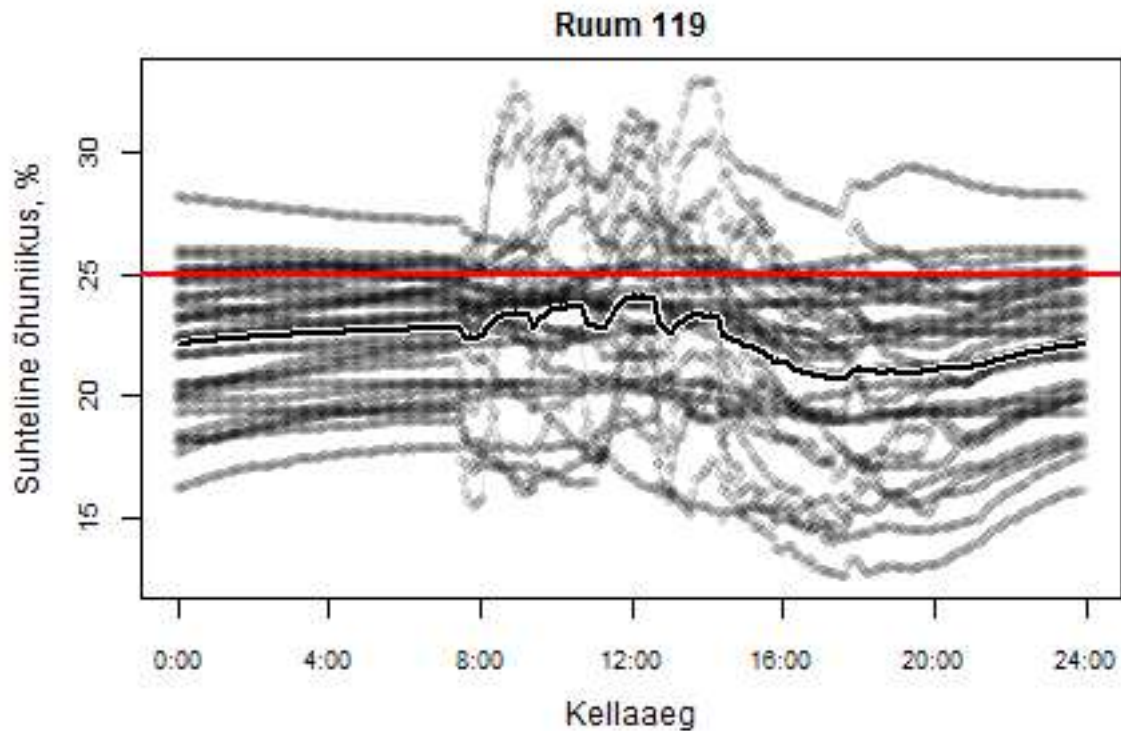
Graafik 291. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus arvuti klassis 405 ööpäeva lõikes



Graafik 292. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus õpetajate toas 220 ööpäeva lõikes

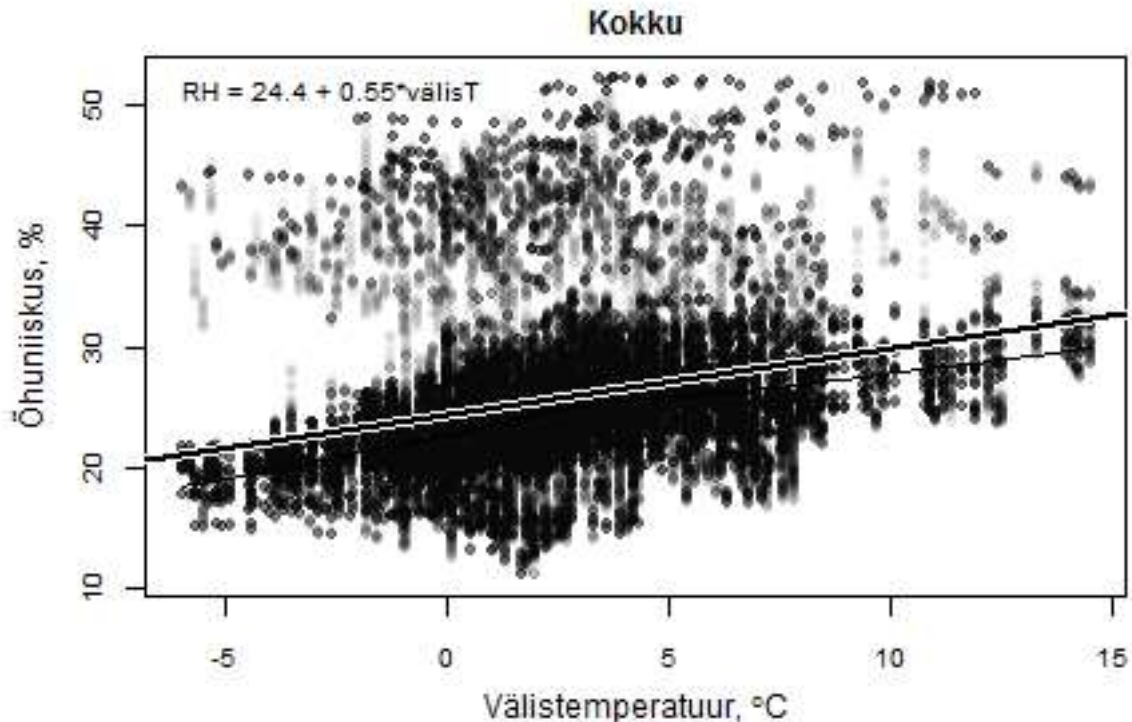


Graafik 293. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus raamatukogus 223 ööpäeva lõikes



Graafik 294. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus ruumis 119 ööpäeva lõikes

Siseõhu suhteline niiskus on keskmises korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Tabelist 124 on näha, et korrelatsioon on vahemikus 0,17-0,63. Kõige nõrgem on seos ruumis 037, kõigis teistes ruumides on seos siseõhu suhtelise niiskuse ja välistemperatuuri vahel keskmine või tugev. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=24,4+0,55 \cdot välisT$ ehk iga $1^{\circ}C$ välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,55% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.



Graafik 295. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos.

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välisemp.- ga |
|--------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|-----------------------------------|
| Aula | 24,25 | 4,40 | 24,4 | 14,1 | 43,6 | 0,61 |
| Raamatukogu 223 | 24,32 | 2,76 | 24,4 | 18,6 | 31,2 | 0,63 |
| Ruum 037 | 41,01 | 5,64 | 41,3 | 26,5 | 52,3 | 0,17 |
| Ruum 109 direktor | 21,45 | 4,01 | 22,0 | 11,1 | 30,5 | 0,62 |
| Ruum 119 | 22,26 | 3,39 | 22,7 | 12,5 | 33,0 | 0,48 |
| Ruum 126 | 25,55 | 3,84 | 25,4 | 16,6 | 35,6 | 0,62 |
| Ruum 128 | 27,33 | 3,98 | 27 | 19,3 | 41,3 | 0,61 |
| Ruum 313 füüsika | 23,71 | 3,75 | 24,1 | 12,2 | 34,6 | 0,46 |
| Ruum 405 arvuti | 23,34 | 3,83 | 24 | 11,7 | 32,9 | 0,46 |
| Õpetajate tuba 220 | 25,30 | 3,22 | 25,3 | 18,4 | 33,6 | 0,60 |
| Kokku | 25,85 | 6,61 | 24,8 | 11,1 | 52,3 | 0,30 |

Tabel 124. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välisemperatuuriga

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välisemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Läänemaa Ühisgümnaasiumis keskmiselt tasemele 13,4%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem. Tasub uurida ruumi 037 niiskusesisalduse allikat.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda.

Jõhvi Gümnaasium

Mõõdistuste aeg: 02.mai 2017 – 01. juuni 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- ▶ ruum 106
- ▶ ruum 213
- ▶ ruum 212
- ▶ ruum 205
- ▶ ruum 301
- ▶ ruum 306
- ▶ ruum 303
- ▶ Söökla
- ▶ õpetajate tuba
- ▶ ruum 118

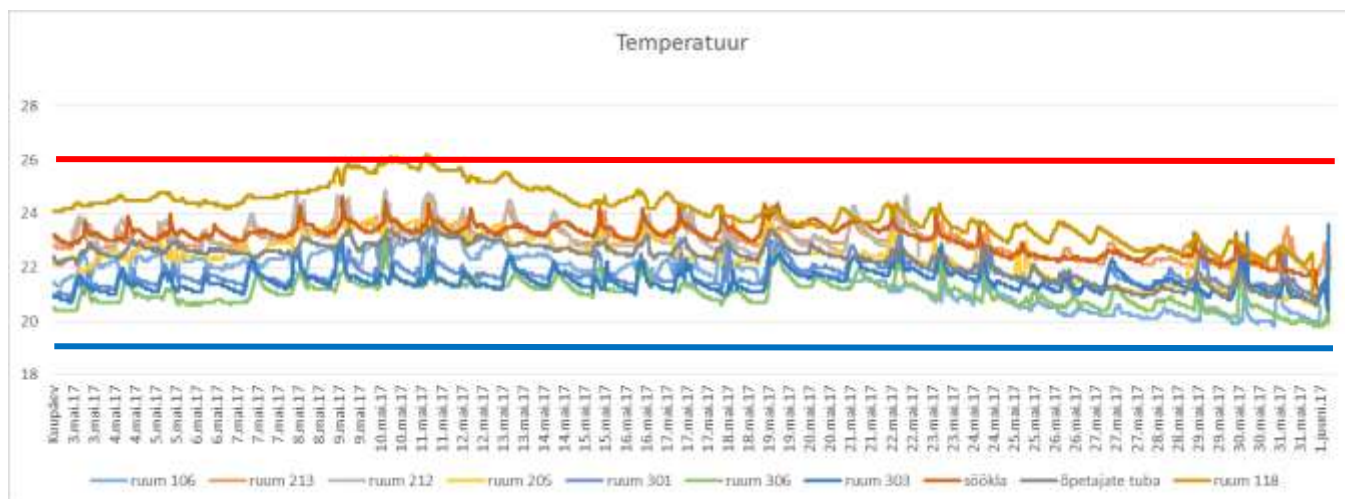
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamuse ajast plusskraadides. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperiodil oli $-4,6^{\circ}\text{C}$ kuni $+24^{\circ}\text{C}$ keskmine temperatuur $+8,76^{\circ}\text{C}$
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 1,70– 2,60 m põrandapinnast.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



Graafik 296. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| . | ruum 106 | ruum 213 | ruum 212 | ruum 205 | ruum 301 | ruum 306 | ruum 303 | söökla | õpetajate | ruum 118 | KOKKU |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|-----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8493 | 8557 | 5805 | 8478 | 8536 | 8556 | 8553 | 8471 | 8476 | 8446 | 82371 |
| Üle 26 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 | 47 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,6% | 0,1% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |

Tabel 125. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|----------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| ruum 106 | 21,94 | 0,90 | 22,1 | 20,1 | 23,4 | 0,003 |
| ruum 213 | 23,31 | 0,58 | 23,3 | 21,6 | 24,6 | 0,005 |
| ruum 212 | 23,74 | 0,56 | 23,7 | 22,6 | 24,8 | 0,006 |
| ruum 205 | 22,64 | 0,86 | 22,5 | 21,3 | 24,4 | 0,002 |
| ruum 301 | 22,11 | 0,51 | 22,1 | 21,1 | 23,2 | 0,007 |
| ruum 306 | 21,39 | 0,61 | 21,4 | 20,3 | 22,9 | 0,006 |
| ruum 303 | 21,79 | 0,44 | 21,7 | 20,9 | 22,8 | 0,004 |
| ruum 118 | 24,32 | 0,85 | 24,3 | 22,7 | 25,9 | 0,001 |
| Kokku | 22,66 | 1,08 | 22,6 | 20,1 | 25,9 | 0,004 |

Tabel 126. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

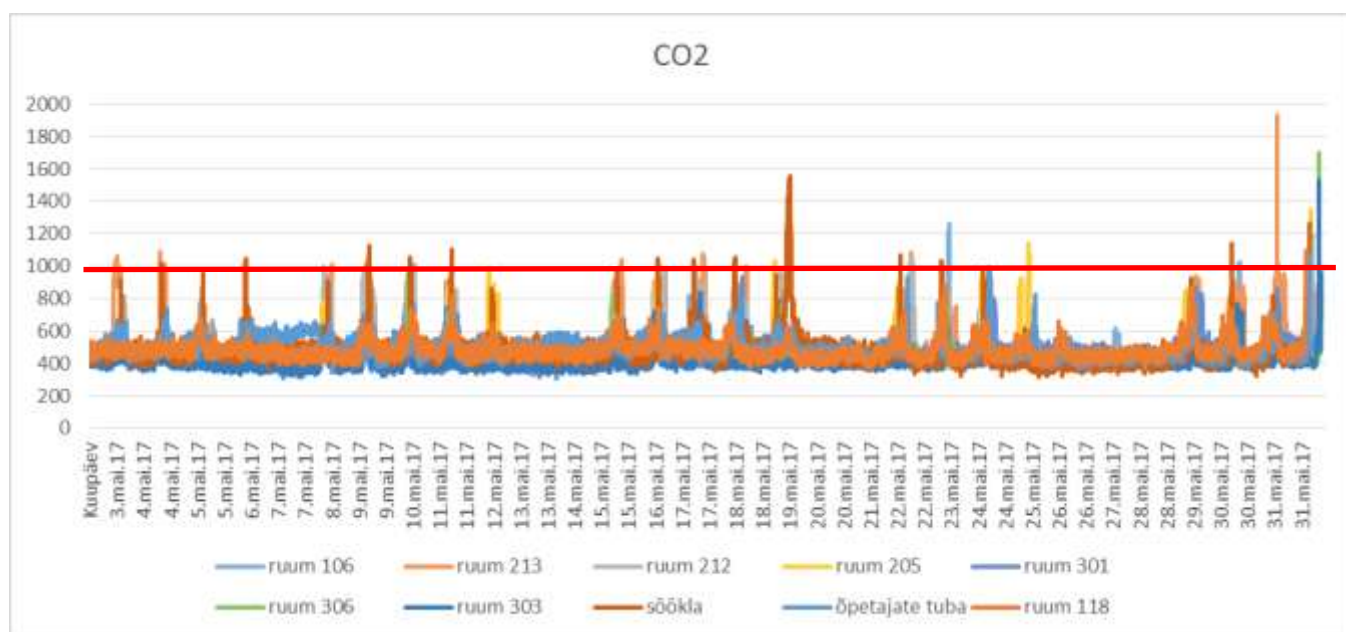
Graafikult 296 ja tabelist 125 lähtub, et Jõhvi Gümnaasiumis oli vaid üks mitteoluline kõrgeima lubatud temperatuuri ületamine ruumis 118 ning polnud temperatuure allapoole minimaalset lubatud temperatuuri 19°C. Temperatuur hoones on võrreldes teiste koolidega väga ühtlane. Tabelis 126 on näha temperatuuri muutus klassiruumides õppetöö ajal. Tabelist 127 on näha, et siseõhu temperatuuri korrelatsioon välisõhu temperatuuriga on nõrk. Vaid ruumis 118 on keskmine korrelatsioon, kuid negatiivne ehk välisõhu temperatuuri langedes siseõhu temperatuur tõuseb.

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Korrelatsioon välistemp.-ga |
|----------|----------|----------------|---------|----------|----------|-----------------------------|
| ruum 106 | 21,62 | 0,91 | 21,8 | 19,8 | 23,4 | -0,46 |
| ruum 213 | 23,00 | 0,53 | 23 | 21 | 24,7 | -0,22 |

| | | | | | | |
|----------------|-------|------|------|------|------|-------|
| ruum 212 | 23,25 | 0,50 | 23,2 | 22,2 | 24,9 | 0,12 |
| ruum 205 | 22,42 | 0,79 | 22,5 | 20,5 | 24,5 | -0,47 |
| ruum 301 | 21,73 | 0,41 | 21,7 | 20,8 | 23,2 | 0,17 |
| ruum 306 | 21,06 | 0,49 | 21,1 | 19,8 | 23 | -0,02 |
| ruum 303 | 21,49 | 0,38 | 21,4 | 20,4 | 23,6 | 0,28 |
| söökla | 23,10 | 0,54 | 23,2 | 21,2 | 24,6 | -0,09 |
| õpetajate tuba | 22,31 | 0,66 | 22,5 | 20,6 | 23,6 | -0,32 |
| ruum 118 | 24,11 | 0,94 | 24,2 | 20,8 | 26,2 | -0,57 |
| Kokku | 22,38 | 1,11 | 22,4 | 19,8 | 26,2 | -0,15 |

Tabel 127. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 297. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

| | ruum 106 | ruum 213 | ruum 212 | ruum 205 | ruum 301 | ruum 306 | ruum 303 | söökla | õpetajate | ruum 118 | KOKKU |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|-----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8493 | 8557 | 5805 | 8478 | 8536 | 8556 | 8553 | 8471 | 8476 | 8446 | 65321 |
| Üle 1000 ppm | 18 | 49 | 12 | 14 | 2 | 2 | 2 | 67 | 2 | 2 | 103 |
| Üle 1000 ppm | 0,2% | 0,6% | 0,2% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,8% | 0,0% | 0,0% | 0,2% |

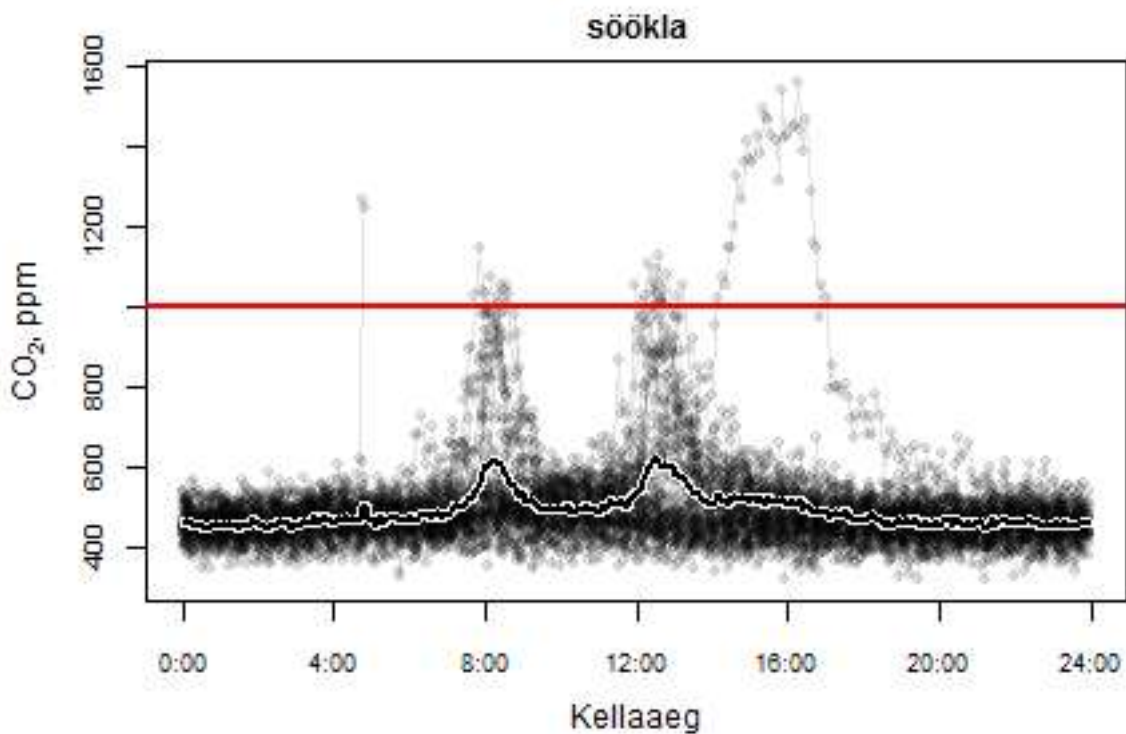
Tabel 128. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 297 ja tabelist 128 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Kuid mitte üheski ruumis polnud ületamine märkimisväärne. Tabelist 129 on näha, et tundide ajal CO₂ tase pisut tõuseb, kuid vaid kahes ruumis (212 ja 213) on lühiajaliselt ületatud lubatud piiri. Põhilised ületamised olid vahetult õppeaasta lõpus. Graafikutele 299 ja 300 näha olev üksik kõrge CO₂ tase viitab võimalusele, et keegi kooli personalist või õpilastest otsis üles kõik andurid ja puhus neile kontrolliks peale.

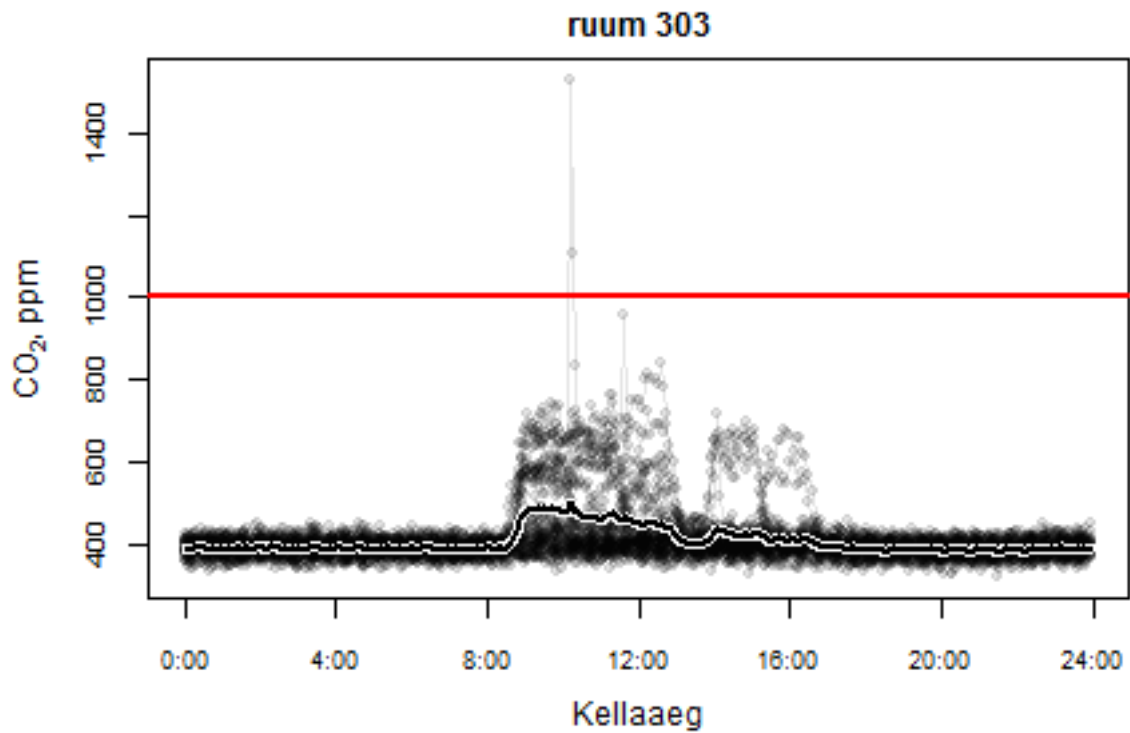
| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
|------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|

| | | | | | | |
|----------|--------|--------|-------|-----|------|-------|
| ruum 106 | 549,54 | 93,69 | 539 | 403 | 871 | 0,473 |
| ruum 213 | 709,60 | 190,64 | 718 | 389 | 1461 | 2,749 |
| ruum 212 | 707,05 | 153,13 | 713 | 423 | 1044 | 2,338 |
| ruum 205 | 582,09 | 129,33 | 535 | 416 | 922 | 0,712 |
| ruum 301 | 607,39 | 116,07 | 615,5 | 347 | 900 | 1,076 |
| ruum 306 | 609,16 | 124,83 | 641 | 386 | 864 | 0,892 |
| ruum 303 | 521,05 | 102,27 | 508,5 | 365 | 817 | 0,757 |
| ruum 118 | 537,78 | 74,83 | 532 | 411 | 868 | 0,128 |
| Kokku | 616,39 | 155,20 | 592 | 347 | 1461 | 1,376 |

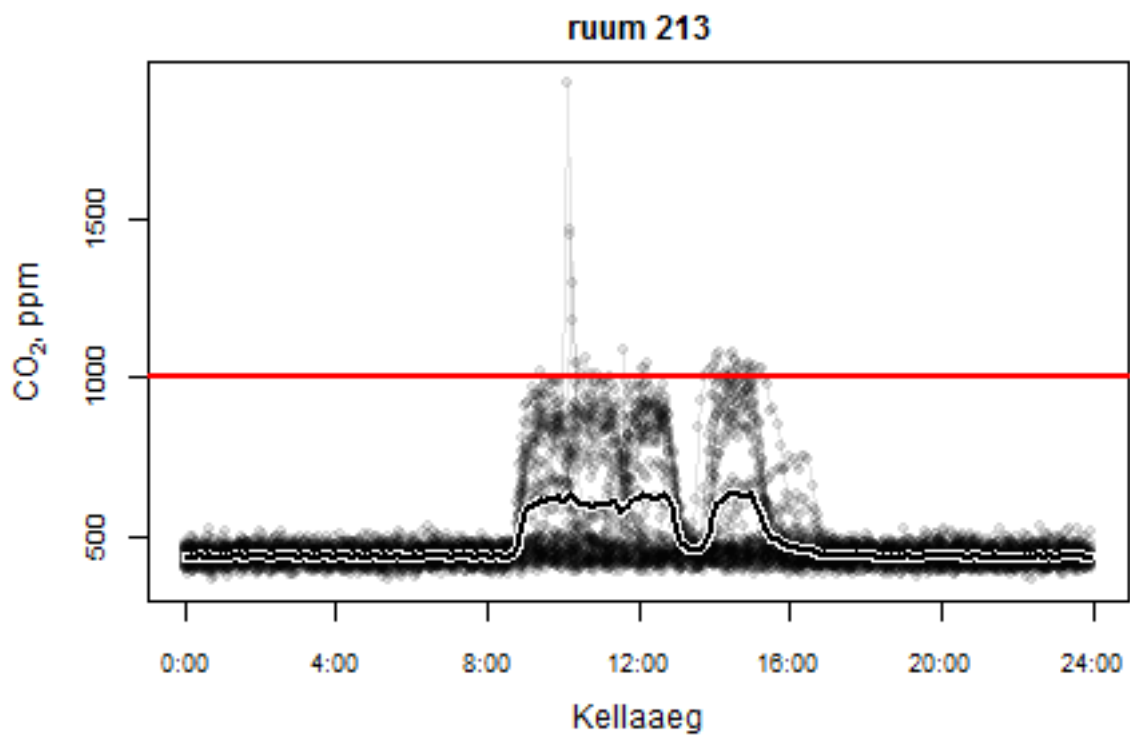
Tabel 129. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvkarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 298. Söökla õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



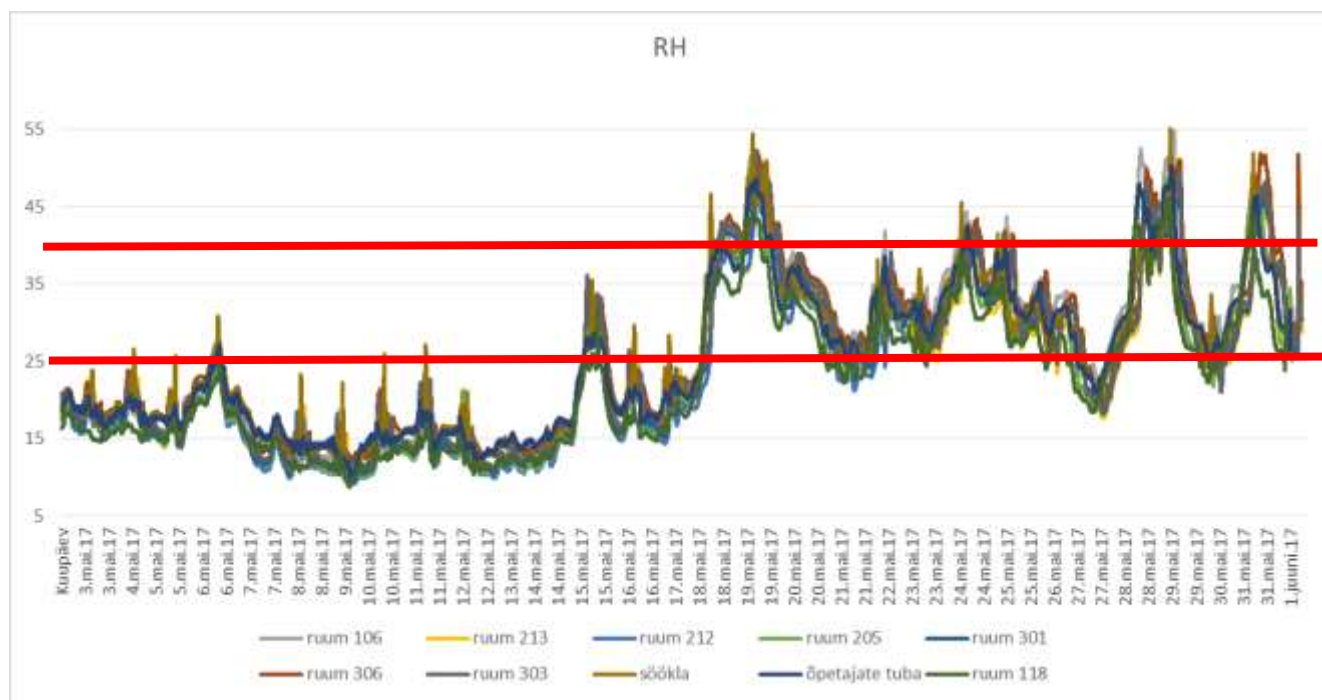
Graafik 299. Ruumi 303 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 300. Ruumi 213 õhu CO₂ sisalduse muutus ööpäeva lõikes

Jõhvi Gümnaasiumi siseõhu CO₂ sisaldus on madalaim kõikidest kontrollitud koolidest.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 301. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | ruum 106 | ruum 213 | ruum 212 | ruum 205 | ruum 301 | ruum 306 | ruum 303 | söökla | õpetajate | ruum 118 | KOKKU |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|-----------|----------|--------------|
| KOKKU | 8493 | 8557 | 5805 | 8478 | 8536 | 8556 | 8553 | 8471 | 8476 | 8446 | 73878 |
| alla 40 % | 7592 | 8048 | 5666 | 7881 | 7847 | 7582 | 7694 | 7899 | 7875 | 8133 | 68625 |
| alla 25 % | 4422 | 4868 | 4576 | 4673 | 4698 | 4425 | 4504 | 4374 | 4443 | 5076 | 41637 |
| alla 40 % | 89,4% | 94,1% | 97,6% | 93,0% | 91,9% | 88,6% | 90,0% | 93,2% | 92,9% | 96,3% | 92,9% |
| alla 25 % | 52,1% | 56,9% | 78,8% | 55,1% | 55,0% | 51,7% | 52,7% | 51,6% | 52,4% | 60,1% | 56,4% |

Tabel 130. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

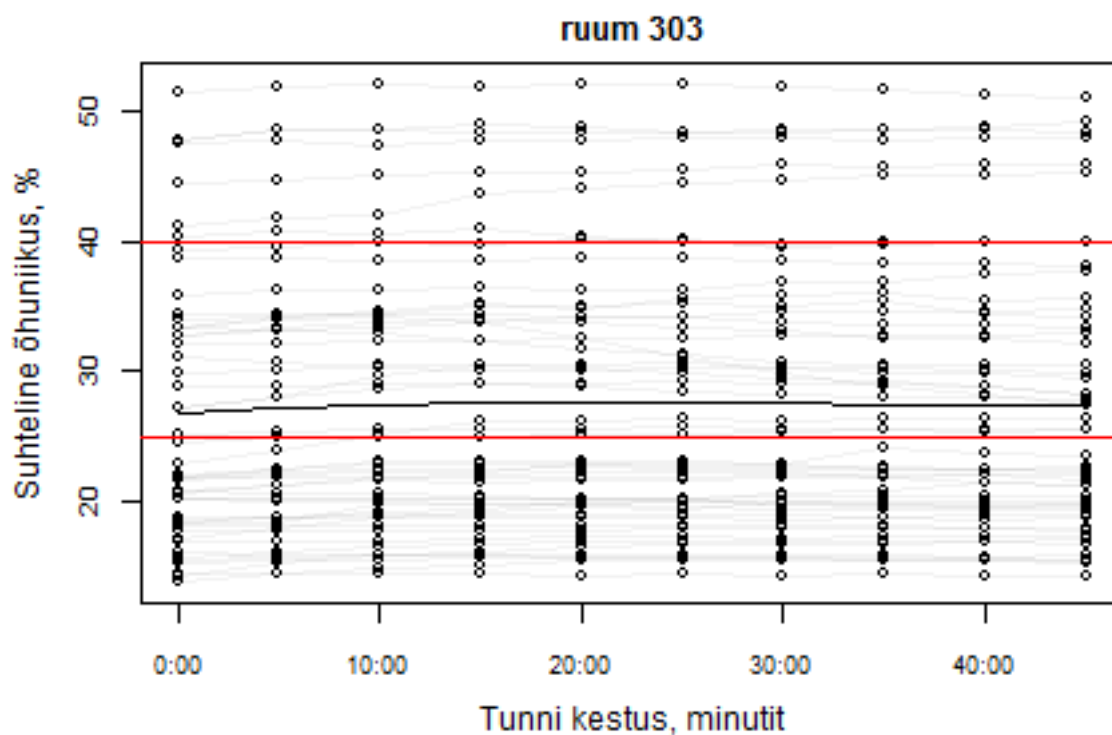
Graafikult 301 ja tabelist 130 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb mõõdistuste esimesel perioodil allapoole lubatud piirmäära 25%, kuid teisel perioodil välisõhu temperatuur tõusis ning koos sellega tõusis ka suhtelise õhuniiskuse tase ruumides.

Tabeli 131 põhjal on suhteline õhuniiskus allapoole lubatud piiri ka õppetöö tundide ajal. Tähelepanu väärib asjaolu, et mai esimeses pooles jäid suhtelised õhuniiskused õppetöö ruumides sageli alla 15%, mis on väga madal õhu suhteline niiskus. Graafikutel 302-304 on selgelt eristatavad õppetöö tunnid, mis toimusid mai alguses ja tunnid, mis toimusid mai lõpuosas.

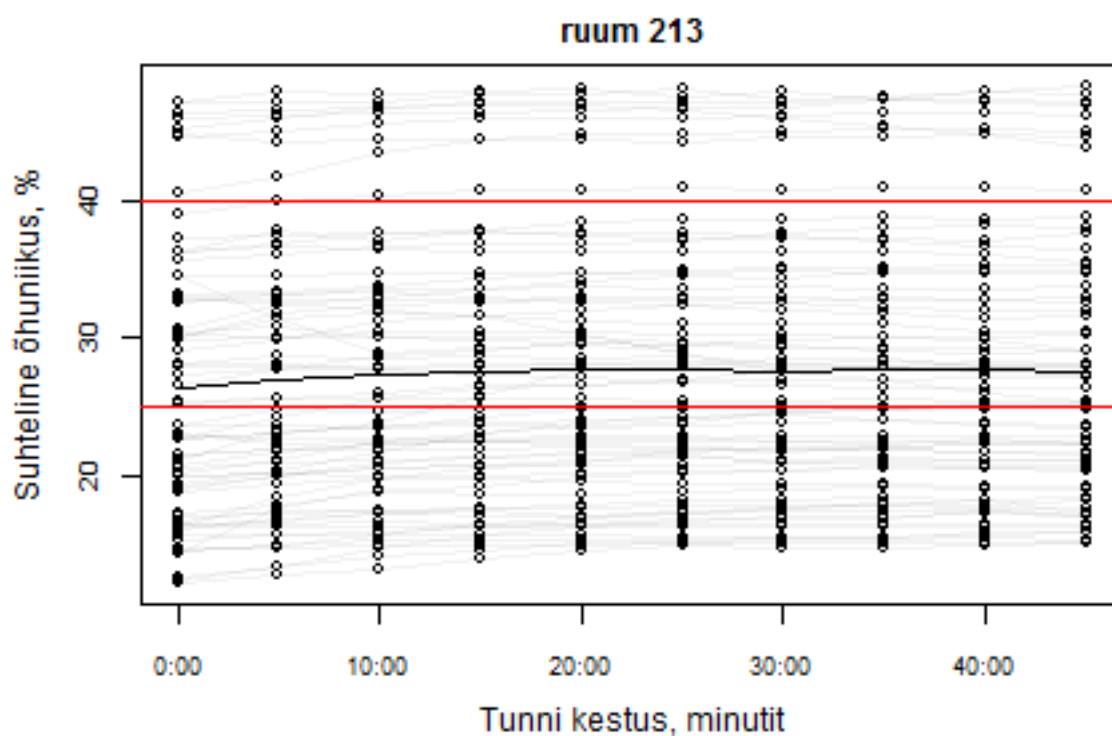
| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|----------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| ruum 106 | 27,93 | 12,32 | 21,4 | 10,5 | 49,2 | -0,003 |
| ruum 213 | 27,39 | 9,46 | 25,5 | 12,1 | 48,3 | 0,022 |
| ruum 212 | 23,68 | 9,29 | 20,5 | 10,9 | 47,7 | 0,026 |
| ruum 205 | 27,77 | 9,99 | 26,9 | 12 | 46,6 | 0,006 |
| ruum 301 | 26,78 | 10,47 | 23,45 | 12,2 | 49,4 | 0,001 |

| | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|------|------|--------|
| ruum 306 | 36,31 | 9,29 | 34,4 | 19 | 52,3 | -0,007 |
| ruum 303 | 27,44 | 10,13 | 23,85 | 13,8 | 52,1 | 0,007 |
| ruum 118 | 24,37 | 10,40 | 24,05 | 11,3 | 44,2 | -0,011 |
| Kokku | 27,31 | 10,49 | 24,75 | 10,5 | 52,3 | 0,009 |

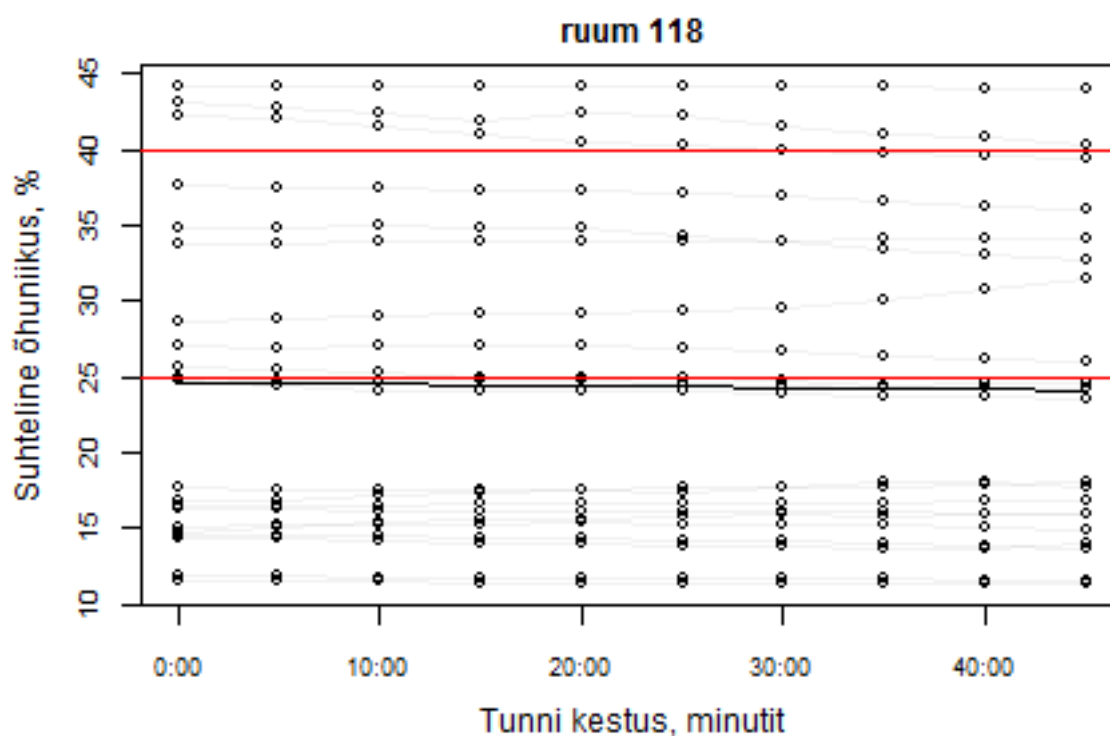
Tabel 131. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 302. Ruumi 303 õhu suhtelise niiskuse muutus õppetöö tunni lõikes



Graafik 303. Ruumi 213 õhu suhtelise niiskuse muutus õppetöö tunni lõikes

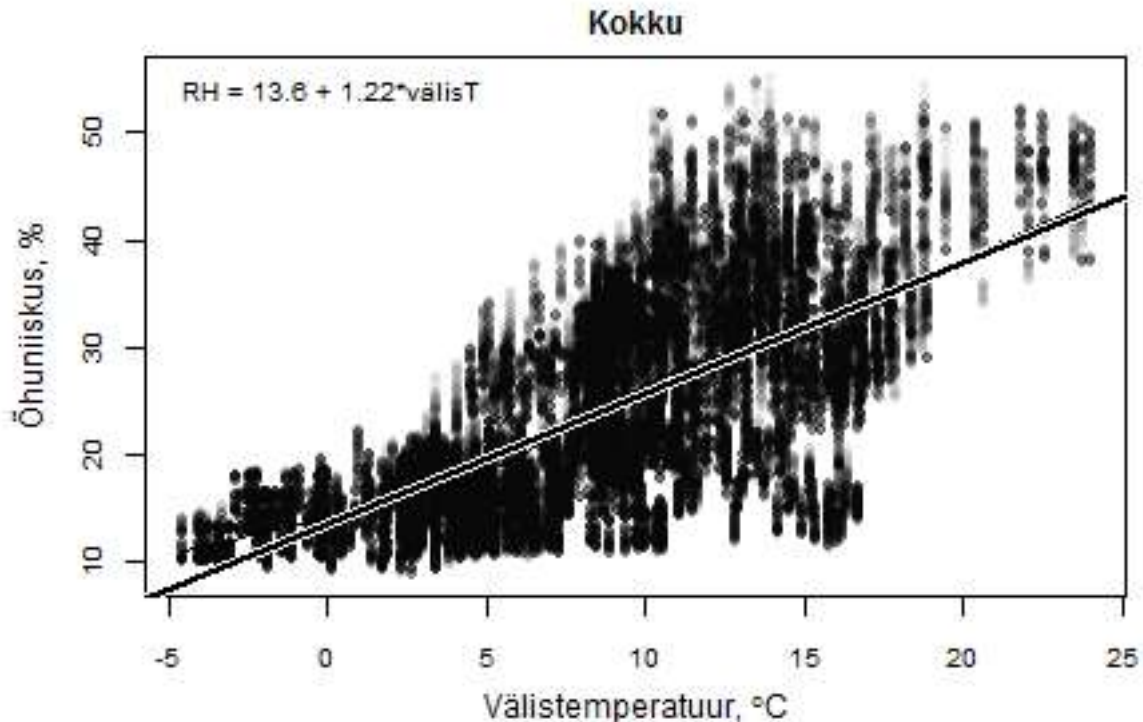


Graafik 304. Ruumi 118 õhu suhtelise niiskuse muutus õppetöö tunni lõikes

| Ruum | Keskmine | Standardhälve | Mediaan | Miinum | Maksimu | Korrelatsioon välistemp.-ga |
|----------------|----------|---------------|---------|--------|---------|-----------------------------|
| ruum 106 | 25,43 | 10,73 | 23,5 | 9,1 | 54,8 | 0,71 |
| ruum 213 | 23,56 | 9,61 | 22,2 | 9,3 | 48,3 | 0,69 |
| ruum 212 | 19,56 | 8,60 | 16,8 | 9,1 | 47,7 | 0,70 |
| ruum 205 | 23,90 | 9,99 | 21,8 | 9,5 | 50,4 | 0,70 |
| ruum 301 | 24,32 | 9,83 | 22,6 | 9,6 | 49,4 | 0,70 |
| ruum 306 | 26,17 | 10,14 | 23,7 | 11,2 | 52,3 | 0,68 |
| ruum 303 | 25,04 | 10,06 | 23,2 | 10,1 | 52,1 | 0,69 |
| söökla | 25,26 | 9,41 | 24 | 10,3 | 55,1 | 0,68 |
| õpetajate tuba | 25,23 | 9,43 | 23,3 | 10,1 | 50,3 | 0,70 |
| ruum 118 | 22,41 | 8,94 | 20,5 | 8,7 | 46,1 | 0,69 |
| Kokku | 24,24 | 9,87 | 22,1 | 8,7 | 55,1 | 0,69 |

Tabel 132. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Tabelist 132 on näha, et siseõhu suhteline niiskus on tugevas korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=13,6+1,22 \cdot välisT$ ehk iga $1^{\circ}C$ välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 1,22% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.



Graafik 305. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem on kõikides ruumides. Suhteline õhuniiskus sõltub välistemperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Jõhvi Gümnaasiumis keskmiselt tasemele 0%. Seega on talveperioodil ruumide õhk väga kuiv. Õhuniiskuse tõstmiseks tuleb ruumide õhku talveperioodil lisada täiendav veeauru kogus, selleks kasutada kas lokaalset niisutit, suurendada toataimede hulka klassiruumides või projekteerida ventilatsioonisüsteemiga koos töötav õhu niisutussüsteem.

Mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel on võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele (talvel vähemalt 25% RH, muul ajal vähemalt 40%RH). Õhuniisutit ei saa lisada ventilatsiooni tsentraalseadme juurde, sest sellisel juhul tekib ventilatsioonitorustikus niiske õhu transportimisel soodne keskkond hallitussente arenguks. Seega on reaalne kasutada kas lokaalseid niisuteid või paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda. Soovitav on õppetöö välisel ajal vähendada ventilatsiooni intensiivsust, sest kuiva välisõhu sissetoomine ruumidesse langetab siseõhu suhtelist õhuniiskust.

Narva Vanalinna Riigikool

Mõõdistuste aeg: 25.aprill 2017 – 25. mai 2017

Analüüsitud ruumide loetelu:

- Aula
- klass 209

- klass 205 arvuti
- klass 214
- raamatukogu 217
- Spordisaal
- klass 121
- ruum 119
- ruum 108
- ruum 109
- ruum 213

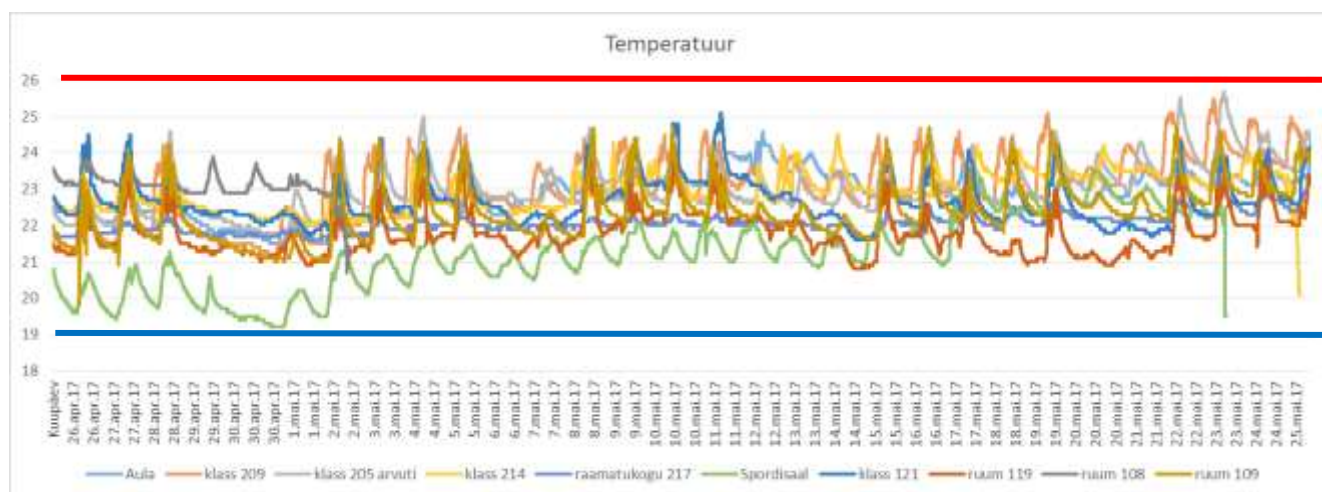
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamust ajast plusskraadides. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil oli $-4,1^{\circ}\text{C}$ kuni $+24,7^{\circ}\text{C}$ keskmine temperatuur $7,92^{\circ}\text{C}$
- Logerid paiknesid ruumides kõrgusel 2,00– 2,70 m põrandapinnast.

Õhutemperatuur:

Õhutemperatuur minimaalne lubatud 19°C ja maksimaalne lubatud 26°C



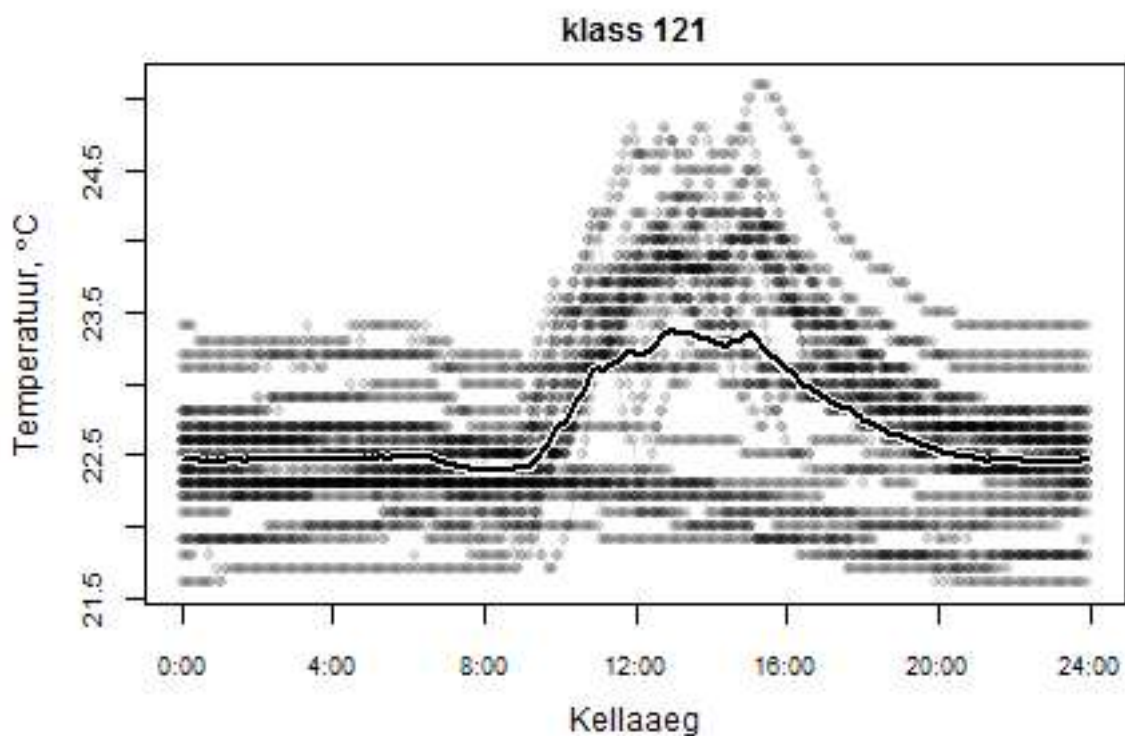
Graafik 306. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| . | Aula | klass 209 | klass 205 arvuti | klass 214 | raamatukogu 217 | Spordisaal | klass 121 | ruum 119 | ruum 108 | ruum 109 | KOKKU |
|-------------------|-------|-----------|------------------|-----------|-----------------|------------|-----------|----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 10132 | 10138 | 10664 | 8520 | 10667 | 8016 | 10670 | 10662 | 2028 | 10617 | 92114 |
| Üle 26 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| alla 19 °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Üle 26 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| alla 19 °C | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |

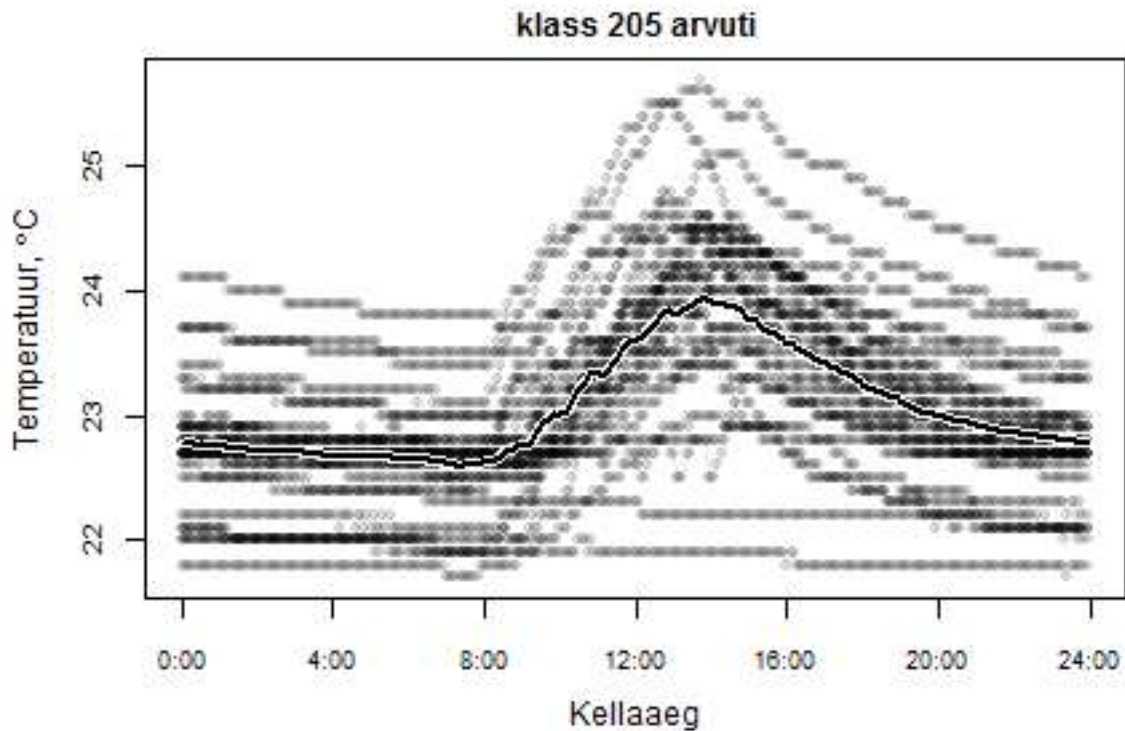
Tabel 133. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp.- ga |
|------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| Aula | 22,87 | 0,62 | 22,9 | 21,4 | 24,6 | 0,19 |
| klass 121 | 22,70 | 0,63 | 22,6 | 21,6 | 25,1 | 0,02 |
| klass 205 arvuti | 23,06 | 0,73 | 22,9 | 21,7 | 25,7 | 0,58 |
| klass 209 | 23,08 | 0,88 | 23,1 | 21,2 | 25,5 | 0,50 |
| klass 214 | 22,93 | 0,52 | 22,9 | 20,1 | 24,5 | 0,46 |
| raamatukogu 217 | 22,07 | 0,26 | 22,0 | 21,6 | 23,2 | 0,57 |
| ruum 108 | 23,10 | 0,35 | 23,1 | 20,7 | 23,9 | -0,19 |
| ruum 109 | 22,43 | 0,79 | 22,3 | 19,8 | 24,7 | 0,47 |
| ruum 119 | 21,82 | 0,61 | 21,7 | 20,8 | 23,9 | 0,06 |
| Spordisaal | 21,27 | 1,04 | 21,2 | 19,2 | 23,5 | 0,59 |
| Kokku | 22,49 | 0,91 | 22,5 | 19,2 | 25,7 | 0,28 |

Tabel 134. Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



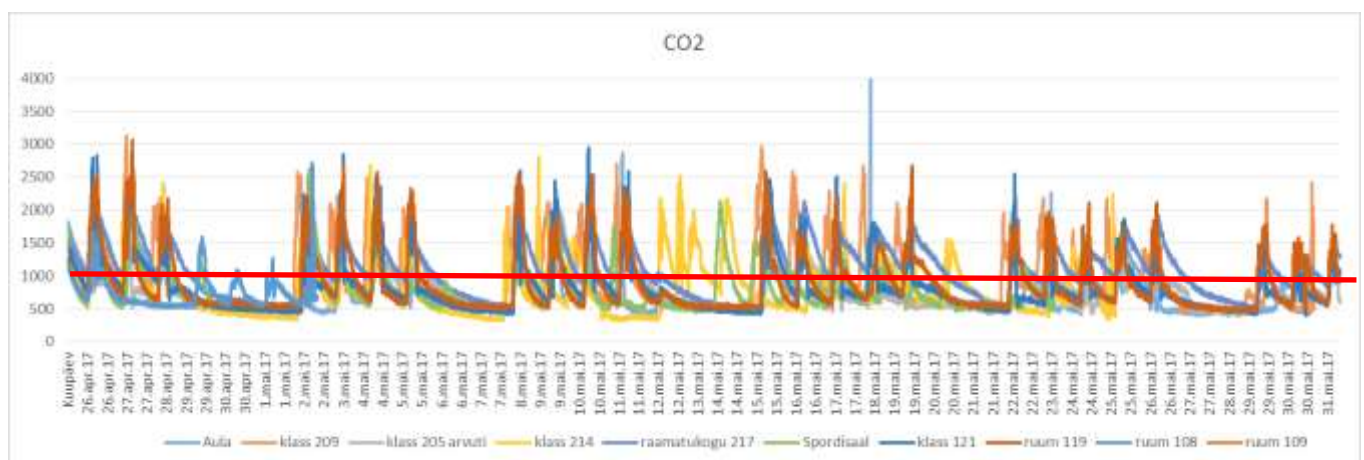
Graafik 307. Ruumi 121 siseõhu temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



Graafik 308. Ruumi 205 siseõhu temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

Graafikult 306 ja tabelist 133 lähtub, et Narva Vanalinna Riigikoolis polnud kõrgeima lubatud temperatuuri ületamist ning polnud temperatuure allapoole minimaalset lubatud temperatuuri 19°C. Tabelis 126 on näha temperatuuri muutus klassiruumides õppetöö ajal. Tabelist 134 on näha, et siseõhu temperatuuri korrelatsioon välisõhu temperatuuriga on nõrk ja keskmine. Seega mõningane seos välis- ja sisetemperatuuri vahel on. Soovitav on kontrollida hoonet talveperioodil täiendavalt infrapuna termokaameraga. Graafikutelt 307-308 on näha, et õppetöö tundide ajal õhutemperatuur oluliselt tõuseb, kuid ei ületa lubatud ülemist piiri.

Süsinikdioksiidi CO₂ sisaldus ruumiõhus.



Graafik 309. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

| | Aula | klass 209 | klass 205 | klass 214 | raamatukogu | Spordisaa | klass 121 | ruum 119 | ruum 108 | ruum 109 | KOKKU |
|---------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 10132 | 10138 | 10664 | 8520 | 10667 | 8016 | 10670 | 10662 | 2028 | 10617 | 71844 |
| Üle 1000 ppm | 1766 | 3090 | 2254 | 2351 | 6084 | 1439 | 2379 | 2926 | 233 | 2006 | 19672 |
| Üle 1000 ppm | 17,4% | 30,5% | 21,1% | 27,6% | 57,0% | 18,0% | 22,3% | 27,4% | 11,5% | 18,9% | 27,4% |

Tabel 135. Lubatud CO₂ taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

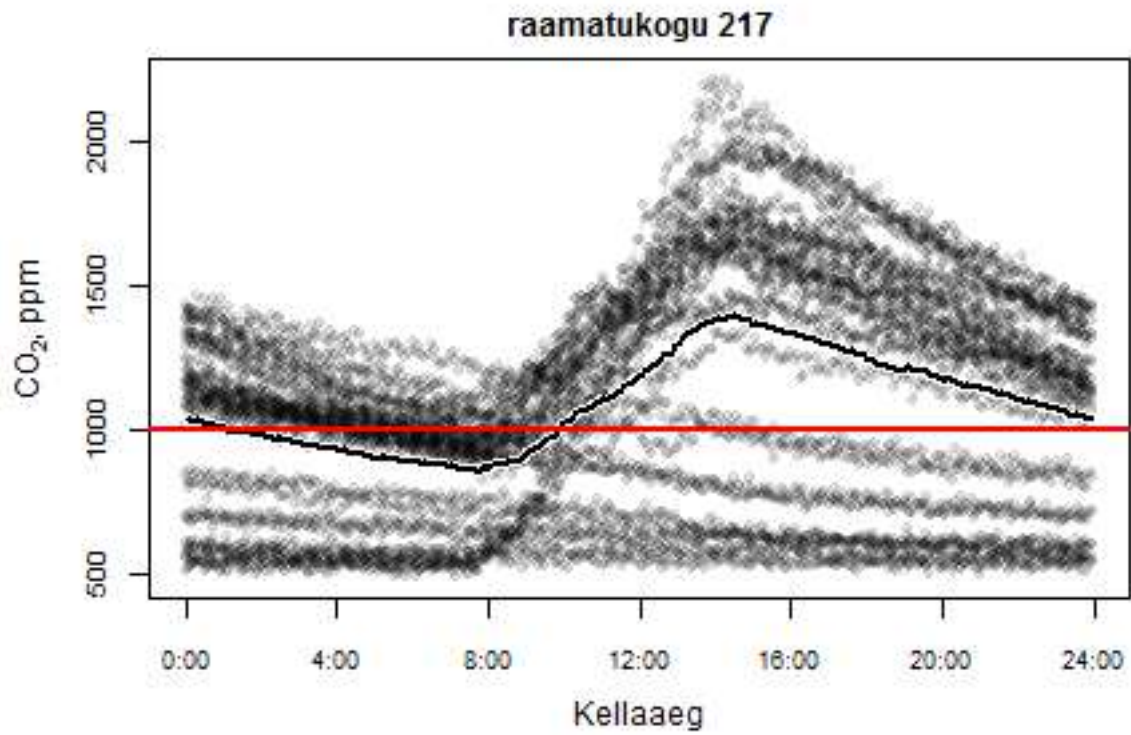
Graafikult 309 ja tabelist 135 lähtub, et CO₂ sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. CO₂ tasemed ulatuvad isegi üle 3000 ppm-ni, mis on väga kõrge tase. Õppetöö tundide ajal on lubatud tase ületatud praktiliselt kõikides klassiruumides (tabel 136). Vahetundide ajal CO₂ tasemed ei vähene või vähenevad minimaalselt (tabel 137). Ainult ruumis 109 võib täheldada olulist CO₂ taseme langust. Selle põhjal saab väita, et vahetundide ajal klassiruumide enamasti ei tuulutata ning sageli on õpilased ka vahetundide ajal klassiruumides. Kõige probleemsem on CO₂ tase raamatukogus, kus CO₂ tasemed tõusevad õppetöö ajal väga kõrgeks (graafik 310) ning paljudel juhtudel ei lange isegi järgmise päeva õppetöö alguseks lubatud tasemele. Graafikutelt 311-313 on näha, et õppetöö alguses tõusevad õhu CO₂ sisaldused kiiresti üles ning posivad seal kuni õppetöö lõpuni. CO₂ taseme langus on aeglane ning normaalne ruumiõhu CO₂ sisaldus taastub alles hilistel öötundidel.

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinimum | Maksimum | Muutus minutis |
|------------------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| klass 121 | 1479,4 | 520,1 | 1493 | 452 | 2762 | 7,256 |
| klass 205 arvuti | 1168,6 | 431,3 | 1143 | 406 | 2358 | 3,552 |
| klass 209 | 1285,3 | 525,3 | 1241,5 | 490 | 3079 | -0,354 |
| klass 214 | 926,7 | 447,3 | 818 | 318 | 2602 | -0,173 |
| ruum 108 | 751,7 | 238,2 | 631 | 515 | 1663 | -0,211 |
| ruum 109 | 1366,7 | 587,4 | 1265 | 472 | 3205 | 7,767 |
| ruum 119 | 1490,0 | 527,3 | 1518 | 503 | 2945 | 5,575 |
| Kokku | 1260,5 | 547,5 | 1229 | 318 | 3205 | 3,709 |

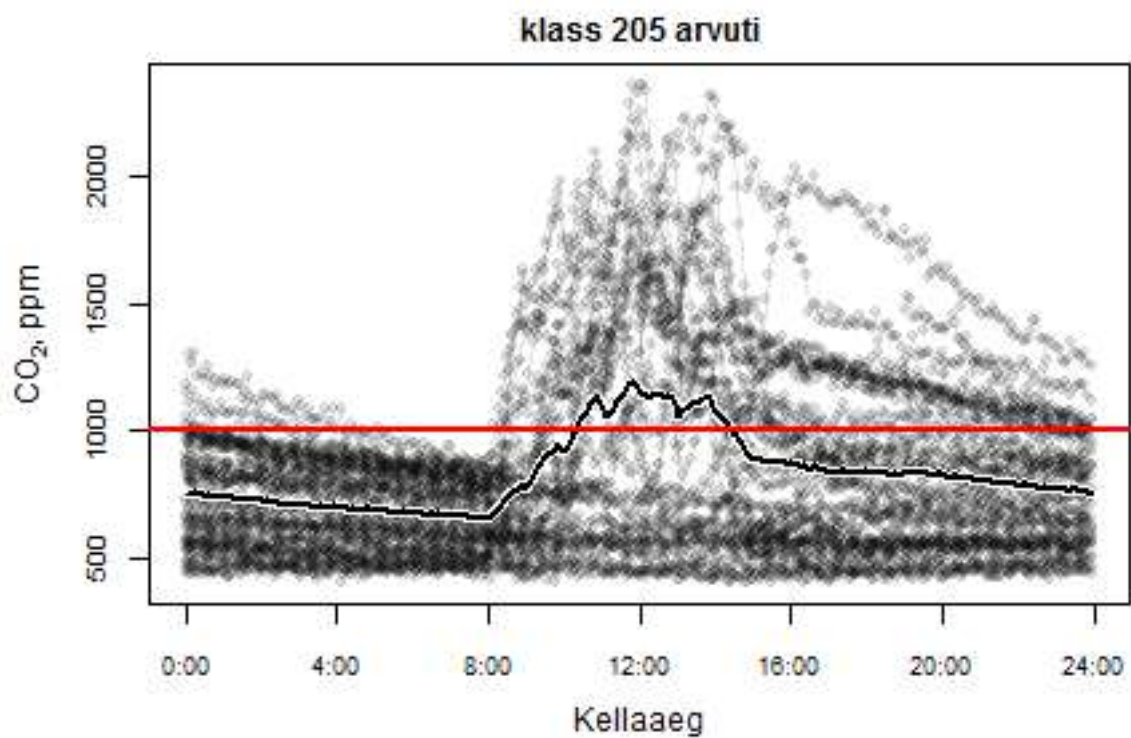
Tabel 136. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinimum | Maksimum | Muutus minutis |
|------------------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| klass 121 | 1643,0 | 561,1 | 1653,5 | 452 | 2947 | -7,507 |
| klass 205 arvuti | 1240,6 | 439,3 | 1259 | 407 | 2315 | -1,316 |
| klass 209 | 1290,1 | 540,7 | 1234,5 | 497 | 3122 | -2,496 |
| klass 214 | 912,5 | 445,9 | 799 | 325 | 2241 | -0,017 |
| ruum 108 | 818,4 | 291,7 | 643 | 524 | 1675 | 0,791 |
| ruum 109 | 1515,4 | 644,6 | 1488 | 494 | 3227 | -20,182 |
| ruum 119 | 1590,2 | 572,5 | 1651,5 | 538 | 2713 | -1,163 |
| Kokku | 1334,9 | 595,7 | 1285,5 | 325 | 3227 | -5,653 |

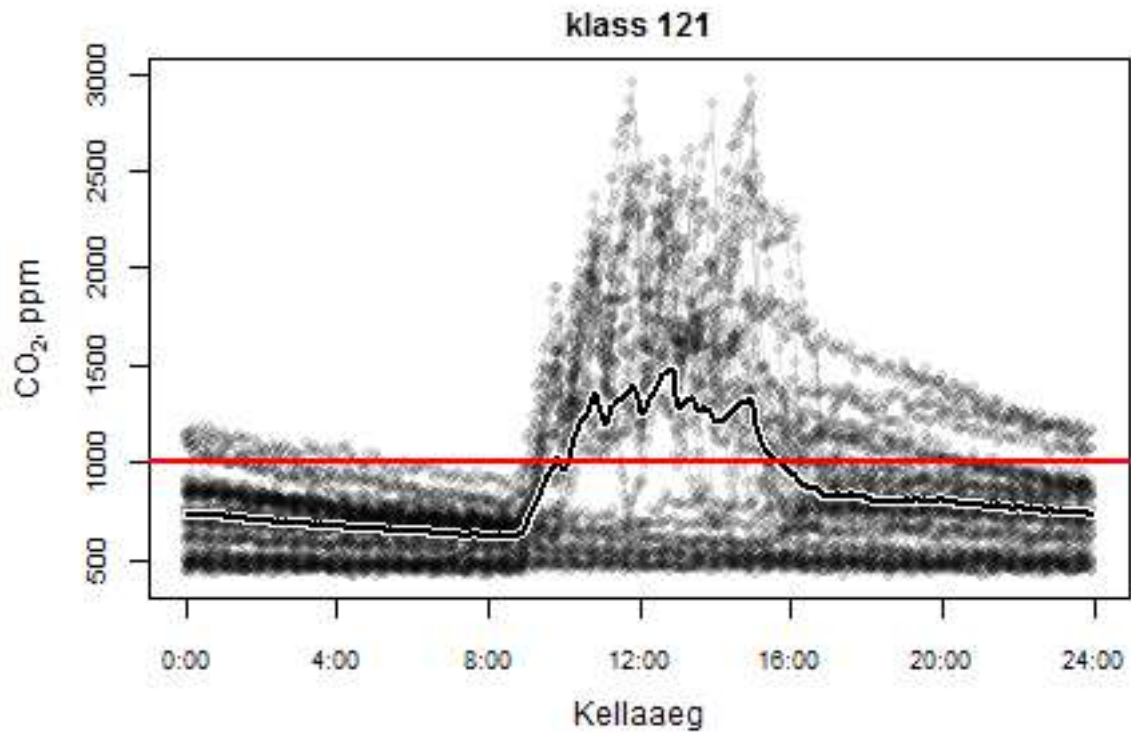
Tabel 137. CO₂-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste vahetundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul vahetunni esimese 10 minuti kestel



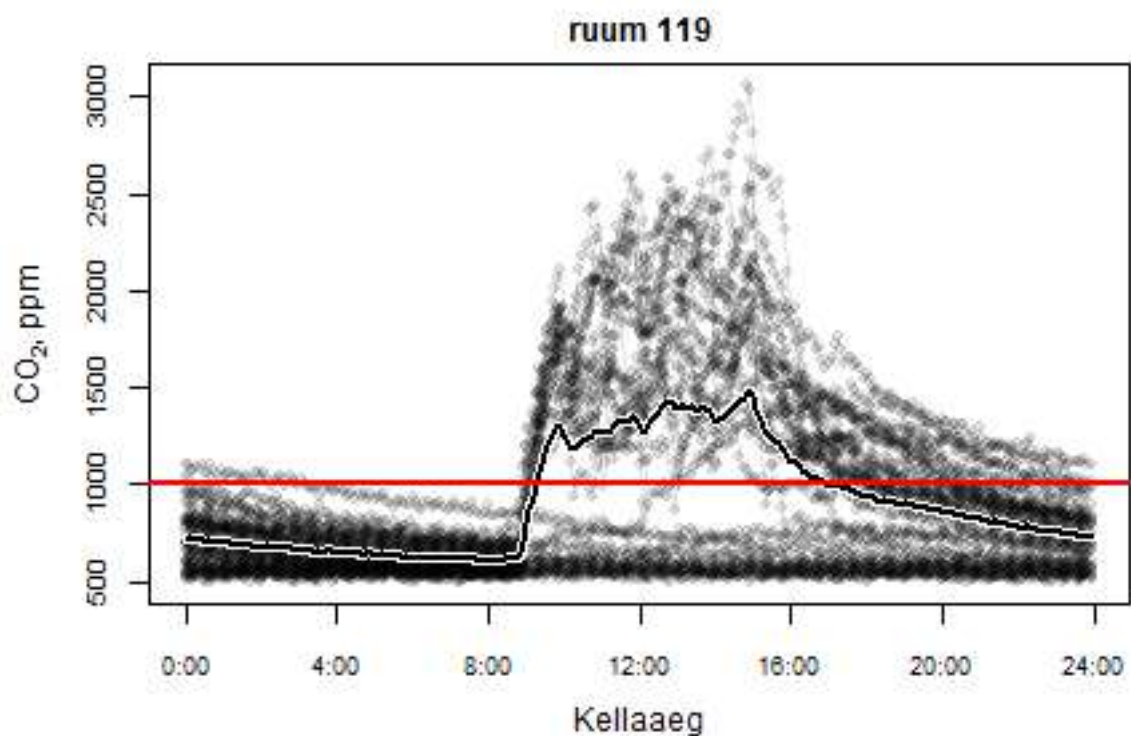
Graafik 310. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus raamatukogus ööpäeva lõikes



Graafik 311. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus arvutiklassis 205 ööpäeva lõikes



Graafik 312. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus klassis 121 ööpäeva lõikes

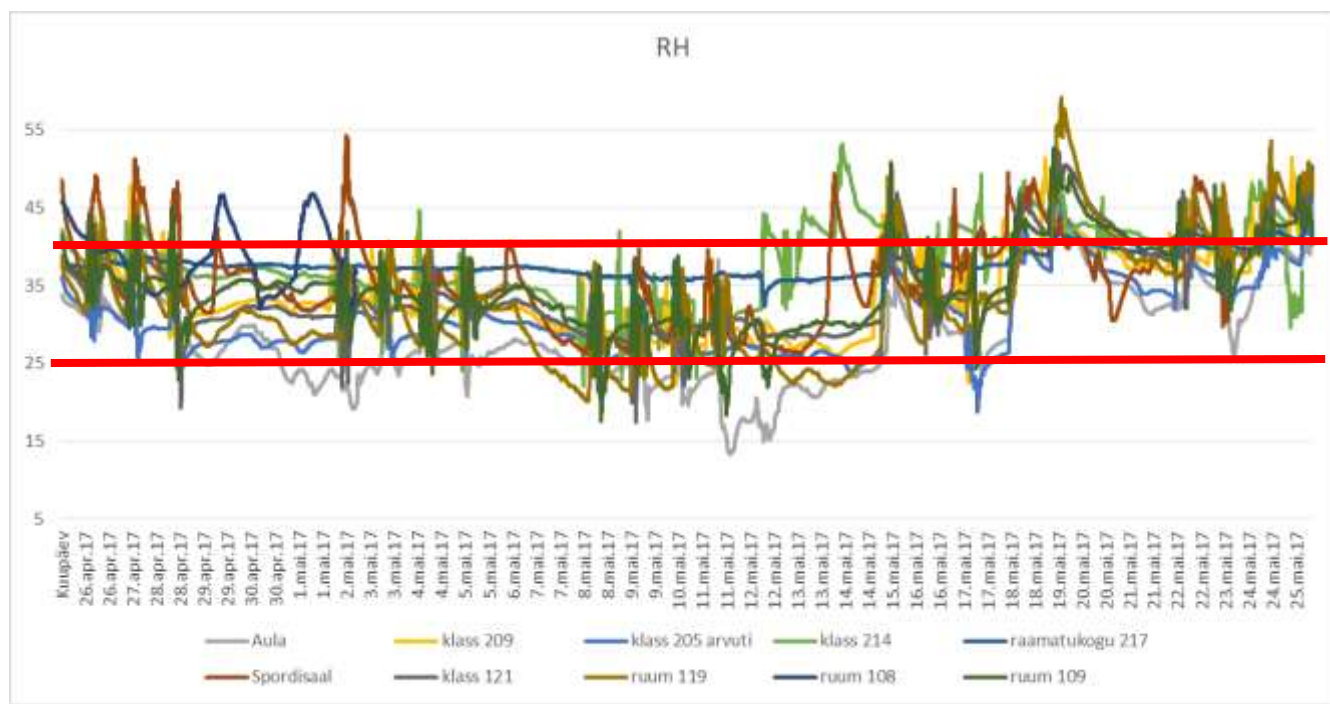


Graafik 313. Ruumiõhu CO₂ sisalduse muutus ruumis 119 ööpäeva lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et Narva Vanalinna Riigikoolis on probleem CO₂ sisaldusega ruumiõhus. Soovitav on reguleerida ventilatsioonisüsteemi õppetöö ajaks intensiivsemaks

ning avada vahetundidel tuulutuseks aknaid. Vahetundide ajal ei tohiks õpilased viibida klassiruumides.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 314. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

| | Aula | klass 209 | klass 205 | klass 214 | raamatuk | Spordisaa | klass 121 | ruum 119 | ruum 108 | ruum 109 | KOKKU |
|------------------|-------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|--------------|
| KOKKU | 10132 | 10138 | 10664 | 8520 | 10667 | 8016 | 10670 | 10662 | 2028 | 10617 | 81982 |
| alla 40 % | 9483 | 8640 | 9589 | 5261 | 7679 | 6340 | 7998 | 8139 | 1378 | 7788 | 62812 |
| alla 25 % | 2909 | 57 | 505 | 23 | 0 | 0 | 64 | 1295 | 0 | 204 | 2148 |
| alla 40 % | 93,6% | 85,2% | 89,9% | 61,7% | 72,0% | 79,1% | 75,0% | 76,3% | 67,9% | 73,4% | 76,6% |
| alla 25 % | 28,7% | 0,6% | 4,7% | 0,3% | 0,0% | 0,0% | 0,6% | 12,1% | 0,0% | 1,9% | 2,6% |

Tabel 138. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 314 ja tabelist 138 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb mõõdistuste keskosas allapoole lubatud piirmäärat 25%, kuid teisel perioodil välisõhu temperatuur tõusis ning koos sellega tõusis ka suhtelise õhuniiskuse tase ruumides.

Tabeli 139 põhjal on suhteline õhuniiskus allapoole lubatud piiri ka õppetöö tundide ajal. Õppetöö ajal suhteline õhuniiskus oluliselt ei tõuse.

| Ruum | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu | Muutus minutis |
|------------------|----------|----------------|---------|--------|---------|----------------|
| klass 121 | 35,81 | 5,99 | 34,6 | 21,4 | 52,2 | 0,049 |
| klass 205 arvuti | 32,46 | 5,68 | 31,6 | 21,6 | 48,6 | 0,022 |
| klass 209 | 34,28 | 5,93 | 32,9 | 22,3 | 48 | 0,004 |
| klass 214 | 37,14 | 5,39 | 38,1 | 24,0 | 48,5 | 0,000 |
| ruum 108 | 38,12 | 3,33 | 37,5 | 30,9 | 45,7 | -0,004 |
| ruum 109 | 36,03 | 5,89 | 35,4 | 21,1 | 52,7 | 0,044 |
| ruum 119 | 36,34 | 7,50 | 35,3 | 20,2 | 58,4 | 0,038 |

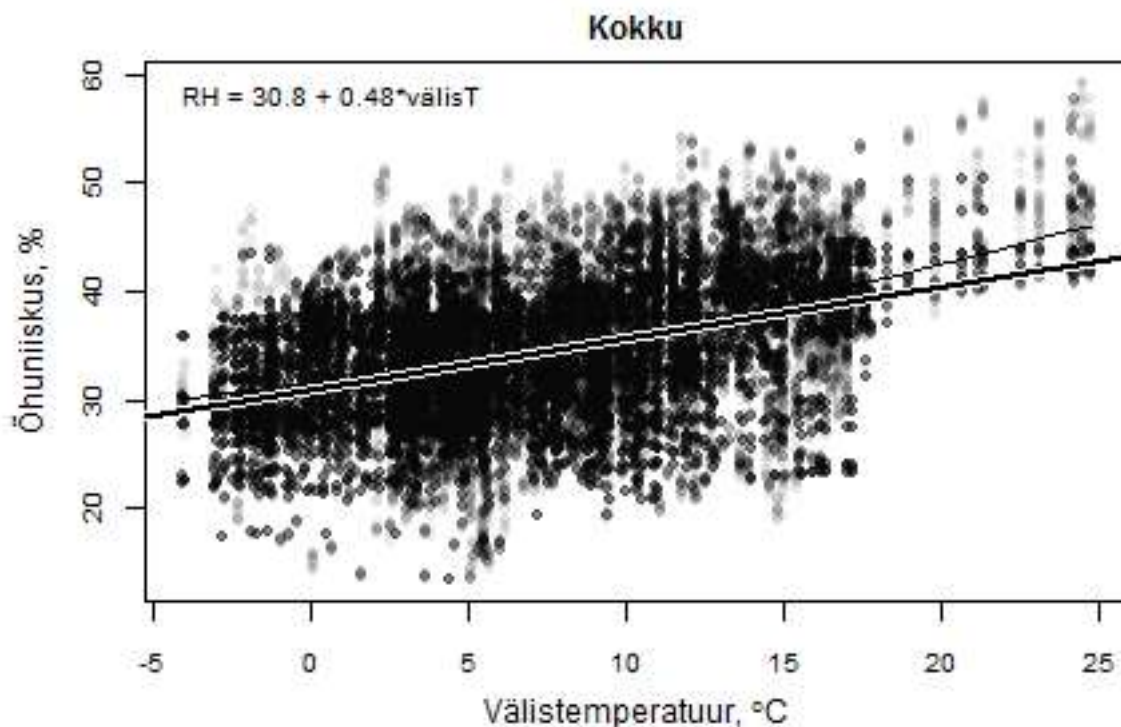
| | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| Kokku | 35,46 | 6,20 | 34,9 | 20,2 | 58,4 | 0,024 |
|-------|-------|------|------|------|------|-------|

Tabel 139. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

| Ruum | Keskmine | Standard- hälve | Mediaan | Miinum | Maksimu m | Korrelatsioon välistemp.- ga |
|------------------|----------|--------------------|---------|--------|--------------|------------------------------------|
| Aula | 28,71 | 6,33 | 27,5 | 13,3 | 47,2 | 0,53 |
| klass 121 | 34,58 | 5,82 | 32,6 | 17,4 | 52,4 | 0,55 |
| klass 205 arvuti | 31,02 | 4,97 | 30,1 | 18,8 | 48,6 | 0,52 |
| klass 209 | 33,94 | 5,03 | 32,8 | 22,3 | 51,5 | 0,48 |
| klass 214 | 37,82 | 4,82 | 37,4 | 22,0 | 53,2 | 0,51 |
| raamatukogu 217 | 37,84 | 1,66 | 37,5 | 32,3 | 43,5 | 0,60 |
| ruum 108 | 38,56 | 4,05 | 38,3 | 30,8 | 46,8 | 0,03 |
| ruum 109 | 34,96 | 5,33 | 34,5 | 17,5 | 52,7 | 0,54 |
| ruum 119 | 33,01 | 7,53 | 31,8 | 20,1 | 59,2 | 0,61 |
| Spordisaal | 35,47 | 5,59 | 34,9 | 26,2 | 54,3 | 0,42 |
| Kokku | 34,25 | 6,11 | 34,4 | 13,3 | 59,2 | 0,43 |

Tabel 140. Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

Tabelist 140 on näha, et siseõhu suhteline niiskus on keskmises korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Ainult ruumis 108 on korrelatsioon nõrk. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks $siseRH=30,8+0,48*\text{välist}$ ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,48% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.



Graafik 315. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos

Suhtelise õhuniiskuse kokkuvõtteks võib väita, et liiga kuiva õhu probleem pole Narva Vanalinna Riigikoolis väga tõsine. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri -20°C juures Narva Vanalinna Riigikoolis keskmiselt tasemele 21,2%. Seega on talveperioodil ruumide õhk kuiv, kuid võrreldes teiste koolidega oluliselt niiskem.

KOKKUVÕTE

Temperatuur

Enamuses koolidest oli kontrollimise perioodil õhutemperatuur ruumides lubatud vahemiku 19-26°C piires. Neis koolides, kus sise- ja välistemperatuuri vaheline seos on tugevam, langes temperatuur sagedamini alla lubatud piirmäära. Seega on neis koolides probleeme välispiirete soojajuhtivusega või küttesüsteemi reguleerimisega. Klassiruumide jahedate temperatuuridega eristusid Tartu Jaan Poska Gümnaasiumi kõik ruumid (korrelatsioon sise- ja välistemperatuuri vahel 0,62-0,8 !), Viljandi Jakobsoni Kooli garderoob ja ruum 324, Avinurme Keskkooli ruum 230, Tallinna Muusikakeskkooli peahoone ülemised korrused ning Tallinna Mustamäe Humanitaargümnaasiumi enamus ruume.

Sagedase kõrge temperatuuriga eristusid teistest Jõgevamaa Gümnaasiumi õpetajate tuba, Viljandi Jakobsoni Kooli peeglisaal, Valga Jaanikese Kooli söögisaal ning Kallamäe Kooli juhiabi ruum ja ujula.

Kokkuvõtteks võib siiski väita, et temperatuuriga kontrollitud koolides tõsiseid probleeme pole. Soovitav on hoida koolides talveperioodil temperatuuri 20-21°C, siis ei lange suhtelised õhuniiskused klassiruumides liiga madalale ning küttekulud on optimaalsed.

| Nr | Kool | Keskmine | Standardhälve | Mediaan | Miinimum | Maksimum | Muutus minutis |
|----|----------------------------------|----------|---------------|---------|----------|----------|----------------|
| 1 | Tartu Emajõe Kool | 22,8 | 1,3 | 22,9 | 15,8 | 26,7 | 0,01 |
| 2 | Nõo Reaalgümnaasium | 23,9 | 0,8 | 23,9 | 21,4 | 29,3 | 0,00 |
| 3 | Tartu Jaan Poska Gümnaasium | 21,5 | 2,0 | 21,7 | 17,4 | 26,2 | 0,00 |
| 4 | Viljandi Jakobsoni Kool | 21,9 | 1,9 | 22,2 | 15,6 | 25,9 | 0,00 |
| 5 | Viljandi Gümnaasium | 23,2 | 1,7 | 23,2 | 19,6 | 34,3 | 0,00 |
| 6 | Jõgevamaa Gümnaasium | 22,8 | 1,0 | 22,7 | 19,9 | 25,1 | 0,00 |
| 7 | Tallinna Muusikakeskkool | 21,7 | 1,4 | 22,3 | 14,7 | 23,8 | 0,00 |
| 8 | Avinurme Keskkool | 22,8 | 1,5 | 23,0 | 17,8 | 26,1 | 0,01 |
| 9 | Kiigemetsa Kool | 22,2 | 1,4 | 21,8 | 16,3 | 26,0 | 0,00 |
| 10 | Valga Jaanikese Kool | 24,1 | 0,8 | 24,1 | 19,4 | 25,9 | 0,00 |
| 11 | Kammeri eriinternaatkool | 22,3 | 0,7 | 22,4 | 20,0 | 24,4 | 0,00 |
| 12 | Mustamäe Humanitaargümnaasium | 20,6 | 1,3 | 20,6 | 17,6 | 24,4 | 0,00 |
| 13 | G.Otsa nim. Tallinna Muusikakool | 22,4 | 1,8 | 22,3 | 18,0 | 26,5 | 0,00 |
| 14 | Kallamäe Kool | 23,4 | 1,5 | 23,5 | 13,4 | 26,0 | 0,00 |

| | | | | | | | |
|----|--------------------------------|------|-----|------|------|------|------|
| 15 | Tallinna Linnamäe Vene Lütseum | 23,6 | 1,3 | 23,5 | 16,2 | 29,2 | 0,00 |
| 16 | Noarootsi Gümnaasium | 23,0 | 0,9 | 23,1 | 19,5 | 26,4 | 0,00 |
| 17 | Läänemaa Ühisgümnaasium | 22,3 | 1,1 | 22,3 | 19,8 | 25,2 | 0,01 |
| 18 | Jõhvi Gümnaasium | 22,7 | 1,1 | 22,6 | 20,1 | 25,9 | 0,00 |
| 19 | Narva Vanalinna Riigikool | 23,2 | 0,8 | 23,3 | 19,8 | 25,6 | 0,00 |

Tabel 141. Keskmised temperatuurid koolides õppetöö tundide ajal klassiruumides

Ruumiõhu CO₂ sisaldus

CO₂ sisaldus ruumiõhus on koolide lõikes väga varieeruv. Kõige madalamad CO₂ tasemed on kõige uuemas koolis Jõhvi Gümnaasiumis ning kõige halvemad näitajad, kus CO₂ sisaldus ruumiõhus tõuseb isegi kuni 5000 ppm-ni, on Georg Otsa nimelises Tallinna Muusikakoolis, Avinurme Keskkooli ruumides 207 ja 230 ja Nõo Reaalgümnaasiumi ühiselamu toas. Väiksema õpilaste arvuga koolides (Kallemäe Kool, Valga Jaanikese Kool, Kammeri Kool ja Tartu Emajõe Kool) on CO₂ sisaldus ruumiõhus reeglina madalam. Samas tõuseb ka nendes koolides vähese õhuvahetuse korral CO₂ sisaldus üle lubatud piiri. Seega on CO₂ tase otseses sõltuvuses õpilaste arvust ruumis, ruumi suuruselt ja õhuvahetusest ruumis.

Soovitav on õppetöö ajal reguleerida ventilatsioon intensiivsemaks ja avada vahetundidel välisõhuga tuulutamiseks aknaid. Kindlasti tuleb vältida õpilaste viibimist klassiruumides vahetundide ajal.

| Nr | Kool | Keskmine | Standard-hälve | Mediaan | Miinumum | Maksimum | Muutus minutis |
|----|-----------------------------|----------|----------------|---------|----------|----------|----------------|
| 1 | Tartu Emajõe Kool | 970 | 329 | 949 | 416 | 2238 | 2,97 |
| 2 | Nõo Reaalgümnaasium | 797 | 256 | 834 | 390 | 3437 | 0,02 |
| 3 | Tartu Jaan Poska Gümnaasium | 549 | 304 | 462 | 360 | 4309 | -0,46 |
| 4 | Viljandi Jakobsoni kool | 598 | 243 | 460 | 385 | 2911 | 0,21 |
| 5 | Viljandi Gümnaasium | 604 | 328 | 490 | 291 | 3289 | 0,40 |
| 6 | Jõgevamaa Gümnaasium | 739 | 209 | 748 | 377 | 1347 | 0,45 |
| 7 | Tallinna Muusikakeskkool | 1204 | 685 | 957 | 381 | 3951 | 3,48 |
| 8 | Avinurme Keskkool | 1099 | 464 | 1073 | 391 | 5001 | 7,18 |
| 9 | Kiigemetsa Kool | 866 | 477 | 693 | 414 | 3522 | 1,68 |
| 10 | Valga Jaanikese kool | 812 | 223 | 776 | 404 | 2056 | 1,96 |
| 11 | Kammeri Kool | 524 | 119 | 491 | 340 | 1238 | 0,56 |

| | | | | | | | |
|----|----------------------------------|------|-----|------|-----|------|------|
| 12 | Mustamäe Humanitaargümnaasium | 1047 | 571 | 902 | 353 | 3031 | 1,75 |
| 13 | G.Otsa nim. Tallinna Muusikakool | 1069 | 598 | 896 | 384 | 4656 | 1,26 |
| 14 | Kallemäe Kool | 611 | 172 | 557 | 293 | 1452 | 0,47 |
| 15 | Tallinna Linnamäe Vene Lütseum | 681 | 238 | 583 | 367 | 1829 | 0,28 |
| 16 | Noarootsi Gümnaasium | 839 | 309 | 851 | 381 | 1673 | 2,88 |
| 17 | Läänemaa Ühisgümnaasium | 914 | 445 | 843 | 372 | 2609 | 3,28 |
| 18 | Jõhvi Gümnaasium | 616 | 155 | 592 | 347 | 1461 | 1,38 |
| 19 | Narva Vanalinna Riigikool | 1261 | 548 | 1229 | 318 | 3205 | 3,71 |

Tabel 142. Keskmised CO₂ sisaldused koolides õppetöö tundide ajal klassiruumides

Suhteline õhuniiskus

Suhtelise õhuniiskusega on tõsine probleem enamuses kontrollitud koolides. Regressioonivõrrand aitab leida suhtelise õhuniiskuse ka neil perioodidel, kus õhuniiskus langeb oluliselt miinustesse (tabel 143). Huvitav on asjaolu, et kevadel (märts-aprill) väheneb oluliselt korrelatsioon välistemperatuuri ja siseõhu suhtelise õhuniiskuse vahel samas kui sügisel (september-oktoober) ja talvel (jaanuar-veebruar) on korrelatsioon tugev.

Ventilatsiooniseadmete tarnijate sõnul on mõningatel rootoriga soojusvahetiga ventilatsioonisüsteemidel võime vähesel määral tagastada ka ruumiõhus olevat veeauru, kuid kahjuks on tagastatav õhuniiskus ebaefektiivne ruumiõhu niiskusesisalduse tõstmiseks nõutavale tasemele.

Kütteperioodil ventilatsiooniga kuiva välisõhu (vaata graafik lisa 4) ruumidesse toomine ja soojendamine vähendab oluliselt ruumide suhtelist niiskusesisaldust, sest absoluutne veeauru hulk õhus jääb samaks, kuid kuna soojema õhu veeauru mahutavus on oluliselt suurem, siis suhteline õhuniiskus langeb. Sellepärast tuleks reguleerida ventilatsioon optimaalsele režiimile ning öötundidel ja nädalavahetustel välja lülitada.

Ruumi suhtelise niiskuse tõstmiseks on soovitatav kasutada ruumides lokaalseid niisuteid. Väga head mõju suhtelise õhuniiskuse tõstmisele avaldab ka ruumide märg koristus varajastel hommikutundidel ja ruumide temperatuuri alandamine 20-21°C juurde. Kevadel annab hea tulemuse klassiruumide tuulutamine vahetundidel akende kaudu. Kuna probleem on üldine, siis on mõttekas kaaluda võimalusi paigaldada niisutusseade ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda, mis hakkaks tööle ruumiõhu suhtelise niiskuse langemisel alla 25% ja seiskuks kui ruumiõhu suhteline niiskus tõuseb üle 35%. Sellise niisuti paigaldamise kõige suuremaks takistuseks on veetorustiku või mahuti paigaldamine sissepuhkeplafooni piirkonda.

| Nr | Kool | RH |
|----|-----------------------------|------|
| 1 | Tartu Emajõe Kool | 4,7% |
| 2 | Nõo Reaalgümnaasium | 4,5% |
| 3 | Tartu Jaan Poska Gümnaasium | 8,2% |

| | | |
|----|----------------------------------|-------------------------|
| 4 | Viljandi Jakobsoni Kool | 13,2% |
| 5 | Viljandi Gümnaasium | 11,1% |
| 6 | Jõgevamaa Gümnaasium | 11,0% |
| 7 | Tallinna Muusikakeskkool | 12,7% |
| 8 | Avinurme Keskkool | 19,2% |
| 9 | Kiigemetsa Kool | 9,8% |
| 10 | Valga Jaanikese kool | 2,9% |
| 11 | Kammeri Kool | 0,0% |
| 12 | Mustamäe Humanitaargümnaasium | 15,0% |
| 13 | G.Otsa nim. Tallinna Muusikakool | 14,9% |
| 14 | Kallemäe Kool | korrelatsioon väga nõrk |
| 15 | Tallinna Linnamäe Vene Lütseum | 10,0% |
| 16 | Noarootsi Gümnaasium | 14,8% |
| 17 | Läänemaa Ühisgümnaasium | 13,4% |
| 18 | Jõhvi Gümnaasium | 0,0% |
| 19 | Narva Vanalinna Riigikool | 21,2% |

Tabel 143. Keskmine suhteline õhuniiskus temperatuuri -20°C juures arvatuna regressioonivõrrandi põhjal

| Nr | Kool | Möödistuse algus | Keskmine | Standardhälve | Mediaan | Miinum | Maksimum | Muutus minutis |
|----|--|------------------|----------|---------------|---------|--------|----------|----------------|
| 1 | Tartu Emajõe Kool | 19.09.2016 | 41,5 | 7,6 | 40,4 | 25,0 | 60,7 | 0,03 |
| 2 | Nõo Realgümnaasium | 20.09.2016 | 31,5 | 8,2 | 30,6 | 15,4 | 50,9 | 0,00 |
| 3 | Tartu Jaan Poska Gümnaasium | 26.09.2016 | 34,8 | 6,8 | 34,3 | 22,3 | 53,6 | 0,00 |
| 4 | Viljandi Jakobsoni Kool | 30.09.2016 | 32,2 | 5,8 | 31,9 | 18,2 | 50,1 | 0,00 |
| 5 | Viljandi Gümnaasium | 7.10.2016 | 25,5 | 5,8 | 25,0 | 14,6 | 52,0 | 0,00 |
| 6 | Jõgevamaa Gümnaasium | 11.01.2017 | 21,4 | 3,9 | 21,6 | 8,5 | 30,6 | 0,00 |
| 7 | Tallinna Muusikakeskkool | 5.01.2017 | 32,0 | 6,5 | 32,8 | 11,8 | 57,1 | 0,04 |
| 8 | Avinurme Keskkool | 11.01.2017 | 27,8 | 6,0 | 27,7 | 9,4 | 47,5 | 0,06 |
| 9 | Kiigemetsa Kool | 11.01.2017 | 21,6 | 5,3 | 21,5 | 9,0 | 54,2 | 0,01 |
| 10 | Valga Jaanikese Kool | 13.02.2017 | 23,2 | 4,3 | 23,4 | 12,8 | 38,2 | 0,02 |
| 11 | Kammeri Kool | 13.02.2017 | 19,7 | 4,2 | 19,6 | 10,0 | 34,6 | 0,00 |
| 12 | Tallinna Mustamäe Humanitaargümnaasium | 16.02.2017 | 30,6 | 5,6 | 30,4 | 14,9 | 50,0 | 0,01 |

| | | | | | | | | |
|----|--|------------|------|------|------|------|------|-------|
| 13 | Georg Otsa nimeline Tallinna Muusikakool | 18.02.2017 | 29,7 | 7,0 | 29,3 | 13,5 | 52,6 | 0,01 |
| 14 | Kallemäe Kool | 17.03.2017 | 23,6 | 5,3 | 24,4 | 6,4 | 36,5 | -0,01 |
| 15 | Tallinna Linnamäe Vene Lütseum | 27.03.2017 | 21,7 | 5,6 | 21,9 | 7,6 | 40,3 | 0,00 |
| 16 | Noarootsi Gümnaasium | 28.03.2017 | 25,1 | 4,7 | 25,5 | 13,8 | 37,9 | 0,01 |
| 17 | Läänemaa Ühisgümnaasium | 28.03.2017 | 27,2 | 6,1 | 26,5 | 14,0 | 47,5 | 0,02 |
| 18 | Jõhvi Gümnaasium | 2.05.2017 | 27,3 | 10,5 | 24,8 | 10,5 | 52,3 | 0,01 |
| 19 | Narva Vanalinna Riigikool | 25.04.2017 | 35,5 | 6,2 | 34,9 | 20,2 | 58,4 | 0,02 |

Tabel 144. Keskmised suhtelised õhuniiskused koolides õppetöö tundide ajal klassiruumides

Kokkuvõtteks võib väita, et kontrollitud koolide suhtelise õhuniiskuse tasemed on kütteperioodil väga madalad ning õpilaste ja õpetajate tervis on neil perioodidel ohus. Kindlasti tuleb leida võimalusi ruumiõhu niisutamiseks. Kuni olukorra lahendamiseni tuleks võimaldada õpilastel ja eriti õpetajatel, kes tunni ajal rohkem räägivad, tarbida rohkem vett. Vastasel juhul võib liiga kuivades ruumides pidev viibimine põhjustada pöördumatuid tervisehäireid.

Kokkuvõtteks

Kõikide uuritud parameetrite kokkuvõtteks võib väita, et kõikides kontrollitud koolides oli suuremal või vähemal määral probleeme erinevate sisekliima parameetritega.

Kuna ventilatsiooni intensiivsuse tõstmisel (õhuvahetuse kordade tõstmisel) väheneb kütteperioodil suhteline õhuniiskus oluliselt ja samas on CO₂ taseme vähendamiseks vajalik maksimaalne õhuvahetus õppetöö tundide ajal, tuleks reguleerida ventilatsioonisüsteem niimoodi, et öötundidel ja nädalavahetustel on ventilatsiooni intensiivsus minimaalne ning õppetöö ajal maksimaalne. Teiseks võimaluseks on CO₂ anduritega ventilatsioonisüsteemide paigaldamine, mis on soovitatavad eriti ebaregulaarse tunniplaani koolides ja ruumides.

| Nr | Kool | Temperatuur | CO2 | Suhteline õhuniiskus |
|----|----------------------------------|-------------|--------|----------------------|
| 1 | Tartu Emajõe Kool | Green | Yellow | Red |
| 2 | Nõo Reaalgümnaasium | Green | Yellow | Red |
| 3 | Jaan Poska Gümnaasium | Yellow | Yellow | Red |
| 4 | Viljandi Jakobsoni kool | Yellow | Green | Red |
| 5 | Viljandi Gümnaasium | Green | Yellow | Red |
| 6 | Jõgevamaa Gümnaasium | Green | Yellow | Red |
| 7 | Tallinna Muusikakeskkool | Yellow | Red | Red |
| 8 | Avinurme Keskkool | Green | Red | Yellow |
| 9 | Kiigemetsa Kool | Green | Yellow | Red |
| 10 | Valga Jaanikese kool | Green | Yellow | Red |
| 11 | Kammeri eriinternaatkool | Green | Green | Red |
| 12 | Mustamäe Humanitaargümnaasium | Yellow | Red | Yellow |
| 13 | G.Otsa nim. Tallinna Muusikakool | Green | Red | Yellow |
| 14 | Kallemäe Kool | Green | Green | Yellow |
| 15 | Linnamäe Vene Lütseum | Green | Yellow | Red |
| 16 | Noarootsi Gümnaasium | Green | Yellow | Yellow |
| 17 | Läänemaa Ühisgümnaasium | Green | Yellow | Yellow |
| 18 | Jõhvi Gümnaasium | Green | Green | Red |
| 19 | Narva Vanalinna Riigikool | Green | Red | Yellow |

Tabel 145. Kokkuvõttev tabel teostatud uuringutest

Lisa 1. Sissejuhatava loengu slaidid (lisatud elektrooniliselt).

Lisa 2. Tunniplaanid (lisatud elektrooniliselt).

Lisa 3. Kasutatud seadmete tehnilised andmed.

Õhukvaliteedi monitor-logger E6226

Mõõtepiirkond: 0...10 000 ppm CO₂, 0...100 %RH, -10...+50 °C

Mõõtetäpsus: ±50 ppm CO₂, ±4 %RH, ±0.6 °C

LCD tablo: 56×85 mm, ppm CO₂, %RH, °C, kuupäev

Valgusdiodindikaatorid: roheline, punane

Alarmiläved: seatavad parameetri MAX ja MIN väärtused

Logeri sisemine mälu: 32 000 mõõtetulemust

Logimisintervall: seatav, 3 s kuni 4 tundi

Töötingimused: siseruumid, -10...+50 °C

Toide: 230 VAC adapter

Mõõtmed: 95×109×55 mm

Arvutiiliides:USB

Delta OHM HD35 loggerite süsteem

• **HD 35APxE** - baasmoodul (ühendatakse arvutiga), võtab vastu andurite signaalid ja edastab arvutisse; Komplektis kaasas tarkvara (CD)

x : ühenduse tüüp:

- - USB väljund

S - USB ja RS485 (MODBUS-RTU protokolliga väljundid)

W - USB, Wi-Fi liides ja Ethernet protokoll, integreeritud veebiserver

G - USB väljund ja GSM-moodul

R - USB väljund ja RS485 ModBus-RTU+ Ethernet (DIN-liistule)

E : sagedusala: 868 MHz

• **HD 35RE.E** - RF-signaali kordaja (võtab vastu logeri signaali ja edastab baasmoodulisse. Võimaldab kasutada andureid pikematel vahemaadel)

• **HD 35ED-ALM.E** - alarmmoodul (releeväljundid)

• **HD35ED abcd.E** - juhtmevaba logger

a : LCD tüüp:

" " - LCD ekraanita

L - spetsiifiline LCD

G - graafiline LCD

b : korpus:

" " - sisetimingumustele

W - ilmastikukindel

c : mõõdetavad suurused:

1 - niiskus

4b - õhurõhk (baromeeter)

4 - differentsiaalrõhk (4r1, 4r2 erinevad piirkonnad)

N - NTC10K termoandur (N/2 = 2 kanalit ; N/3 = 3 kanalit)

7P - Pt100/Pt1000 termoandur (7P/3 = 3 kanalit)

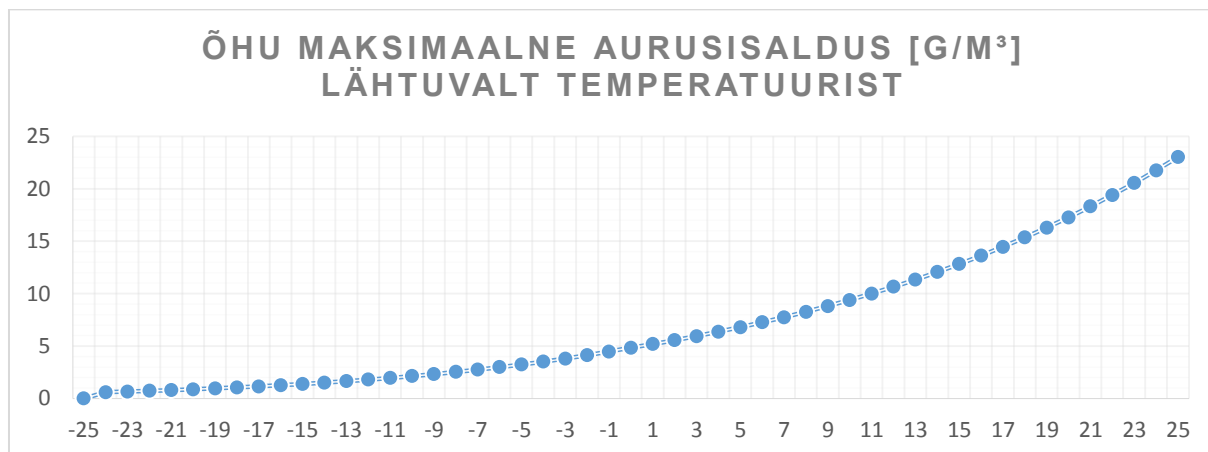
A - CO (vingugaas)

- B** - CO2 (süsihappegaas)
- I** - Lux
- U** - UVA (irradiance)
- V** - kiirendus
- d** : anduri tüüp:
 - " " - võrega kaetud sisemine andur
 - H** - terminaliga sisendid
 - TC** - kaabliga andur
 - TV** - vertikaalselt fikseeritud kaabliga kombineeritud andur (T/R.H ja RH)
 - TVI** - vertikaalne fikseeritud kombineeritud T/RH kaablita andur
- **HP3517 ab.c** - temperatuuri / niiskuse kombineeritud andur
 - a** : töötemperatuur (" " = -20...+80°C ; E= -40..+150°C)
 - b** : anduri varda pikkus (TC1 = 135mm ; TC2 = 335mm)
 - c** : kaabli pikkus (2 = 2m ; 5 = 5m ; 10 = 10m)
- **HD9007A-1 ; HD9007-A2** - paikesekiirguse kaitse HD3517 anduritele
- **TP35.a.bc** - Pt1000 andur
 - a** :
 - 1 - roostevaba terasest sisestatav andur (-50...+105 °C ; 1/3 DIN, diam.6 x 50mm)
 - 2- termoplastis kummeeritud sisestatav andur (0...+70 °C ; 1/3 DIN, diam.5 x 20mm)
 - 5 - roostevaba terasest sisestatav andur (-40...+300 °C ; 1/3 DIN, diam.6 x 50mm)
 - b** : kaabli pikkus: (3 = 3m ; 5 = 5m ; 10 = 10m (ainult TP35.1)
 - c** : (" " - kaabli ots juhtmetega ; /C - 4 kontaktiline M12 keermega konnektor)
- **TP35Na.bc** : 10kOhm NTC andur
 - a** :
 - 1 - roostevaba terasest sisestatav andur (-20...+85 °C ; diam.5 x 40mm)
 - 2- roostevaba terasest sisestatav andur (0...+70 °C ; diam.6 x 50mm)
 - 5 - roostevaba terasest sisestatav andur (-20...+105 °C , diam.4 x 100mm)
 - b** : kaabli pikkus (3 = 3m; 5 = 5m; 10 = 10m (TP35N1 ja TP35N2 mudelitele)
 - c** : (" " - kaabli ots juhtmetega ; /C - 4 kontaktiline M12 keermega konnektor)
- **TP35K6.5** - K-tüüpi termopaar-andur , 5m kaabel , lahtised kaabli otsad
- **LP 35 PHOT** - valgusandur: 0...10000Lux ; 2m kaabel
- **LP 35 P-A** - UVA andur : 315..400nm; 0..2000 mW /m2 ; 2m kaabel
- **LP BL; LP BL3**- fotoanduri alus ja kinnitus

MicroBio MB1 Air Sampler

| | |
|--|--|
| Õhu läbilaske kiirus | 100 l/min |
| Proovivõtmisel kogutava õhuhulga vahemik | 25 kuni 1500 l, 14-st etteseadistatud valikust |
| Õhu läbilaskevõime | kuni 30000 l enne laadimist |
| d50 osakese suurus | 1,7µm |
| õhusakeste keskmine liikumiskiirus | 9.62 m/s |
| Müra tase | < 75dB @ 1m |
| Seadme töötemperatuur | -10 kuni 40 °C kuni 90% RH |
| Proovivõtu vahend | 55 mm alus või 90 mm Petri tass |
| Proovivõtuseadme otsik (aukude läbimõõt 1 mm) | roostevabast terasest, 220 auguga |

Lisa 4. Graafik



Graafik. Maksimaalne veeauru sisaldus ühes kuupmeetrises õhus grammides sõltuvalt õhutemperatuurist

Lisa 5. Õhu mikrobioloogilise analüüsi tulemused

| Kool | Proovivõtvu koht | Hallitusseente üldarv MEA (PMÜ/ m ³) | Hallitusseente üldarv DG-18 (PMÜ/ m ³) | Tulemused MEA | Tulemused DG-18 |
|-----------------------------|------------------|--|--|---|--|
| Tartu Emajõe Kool | saal | 93 | 120 | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Aureobasidium pullulans</i> , steriilne seeneniidistik, pärmseene | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad |
| | välisõhk | 455 | 450 | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Botrytis</i> sp., steriilne seeneniidistik, kandseene niidistik | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Eurotium</i> sp., steriilne seeneniidistik |
| Nõo Reaalgümnaasium | saal | 40 | 87 | <i>Cladosporium</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad |
| Tartu Jaan Poska Gümnaasium | saal 211 | 77 | 103 | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., pärmseene kolooniad, <i>Aspergillus</i> sp., steriilne seeneniidistik, <i>Botrytis</i> sp. | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., pärmseene kolooniad, <i>Eurotium</i> sp., steriilne seeneniidistik |

| | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----|-----|---|---|
| | välisõhk | 340 | 290 | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Botrytis</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad | <i>Cladosporium</i> sp., pärmseene kolooniad, steriilne seeneniidistik |
| Viljandi Jakobsoni Kool | klass 324 | 317 | 267 | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad, <i>Aureobasidium</i> | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., pärmseene kolooniad, steriilne seeneniidistik, <i>Eurotium</i> sp. |
| | välisõhk | 717 | 783 | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Botrytis</i> sp., <i>Mucor</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad, <i>Aureobasidium</i> | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., pärmseene kolooniad, steriilne seeneniidistik |
| Viljandi Gümnaasium | Nova | 13 | 20 | <i>Trichoderma</i> sp. ülekasv, <i>Ulocladium</i> sp., pärmseene koloonia | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., steriilne seeneniidistik, <i>Paecilomyces</i> sp. |
| | välisõhk | 190 | 510 | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Ulocladium</i> sp., <i>Botrytis</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad |
| Jõgeva Gümnaasium | | 3 | 37 | <i>Cladosporium</i> sp. | steriilne seeneniidistik, <i>Eurotium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp. |
| Tallinna Muusikakeskkool | saal | 7 | 13 | <i>Penicillium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp. | <i>Penicillium</i> sp., <i>Eurotium</i> sp., steriilne seeneniidistik |

| | | | | | |
|-------------------------------|-------------|----|-----|---|--|
| Avinurme Gümnaasium | saal | 40 | 50 | <i>Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., steriilne seeneniidistik | <i>Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Eurotium</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad |
| Kiigemetsa Kool | väike saal | 13 | 259 | <i>Penicillium</i> sp., <i>Paecilomyces</i> sp., steriilne seeneniidistik | <i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., steriilne seeneniidistik |
| Kammeri Kool | aula | 8 | 15 | pärmseene kolooniad | <i>Penicillium</i> sp., <i>Eurotium</i> sp. |
| Valga Jaanikese Kool | arvutiklass | 53 | 90 | <i>Penicillium</i> sp., <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Paecilomyces variotii</i> , steriilne seeneniidistik | <i>Penicillium</i> sp., <i>Eurotium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp. |
| Mustamäe Humanitaargümnaasium | aula | 3 | 8 | <i>Penicillium</i> sp. | <i>Penicillium</i> sp., pärmseene kolooniad |
| Kallemäe Kool | saal | 8 | 18 | <i>Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Chaetomium</i> sp., steriilne seeneniidistik | <i>Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad |
| Linnamäe Vene Lütseum | | 10 | 13 | <i>Cladosporium</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., steriilne seeneniidistik |

| | | | | | |
|------------------------------|-------------------|----|-----|--|---|
| Läänemaa Ühisgümnaasium | aula | 8 | 10 | steriilne seeneniidistik, <i>Penicillium</i> sp. | steriilne seeneniidistik, <i>Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Eurotium</i> sp. |
| | välisõhk | 28 | 30 | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., steriilne seeneniidistik | <i>Cladosporium</i> sp., pärmseene kolooniad, <i>Penicillium</i> sp., steriilne seeneniidistik |
| Noarootsi Gümnaasium | mõisamaja saal | 10 | 18 | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., pärmseene kolooniad, <i>Ulocladium</i> sp. | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., pärmseene kolooniad, steriilne seeneniidistik |
| | välisõhk | 28 | 30 | <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., steriilne seeneniidistik | <i>Cladosporium</i> sp., pärmseene kolooniad, <i>Penicillium</i> sp., steriilne seeneniidistik |
| Narva Vanalinna Riigikool | saal | 33 | 33 | <i>Penicillium</i> sp., <i>Paecilomyces</i> sp., <i>Aspergillus</i> <i>westerdijkiae</i> , steriilne | <i>Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., pärmseene kolooniad |
| | välisõhk | 45 | 50 | steriilne seeneniidistik, <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp. | <i>Cladosporium</i> sp., steriilne seeneniidistik, pärmseene kolooniad |
| Jõhvi Gümnaasium | aatrium | 3 | 13 | <i>Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp. | <i>Cladosporium</i> sp., steriilne seeneniidistik, <i>Penicillium</i> sp. |
| | välisõhk | 43 | 108 | steriilne seeneniidistik, <i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp. | <i>Cladosporium</i> sp., pärmseene kolooniad, steriilne seeneniidistik, <i>Penicillium</i> sp. |

Lisa 6. Mõõtmiste toorandmed (lisatud elektrooniliselt).

Vastused Tellija küsimustele (esitatud tööde teostajale pärast uuringutulemuste selgumist):

Küsimus: Puudub võrdlus varasemate uuringutega? Teadupärast ruumiõhuniisutamist üldjuhul koolihoonetes tellijale teadaolevalt ei rakendata.

Vastus: Varasemalt on sarnaseid uuringuid teostanud Terviseamet Tallinna koolides, kus lisaks sisekliimale mõõdeti ka väliskeskkonna saasteaineid. Nimetatud uuringus teostati statistiline analüüs ööpäeva lõikes ehk sisse arvestati nii öötunnid kui ka nädalavahetused kui õpilased kooliruumides ei viibi. Sellest tulenevalt on Terviseameti uuringu keskmised näitajad süsinikdioksiidi sisalduse osas oluliselt paremad. Suhtelise õhuniiskuse ja temperatuuri mõõtmise tulemused on sarnased Eesti Mükoloogiauuringu Keskuse poolt teostatud uuringule.

Ruumiõhu niisutamine kooliruumides pole Eestis tõesti rakendatav, kuid meie kliimavöötmes on kütteperioodil ruumide niisutamine vajalik, sest õhuniiskuse langemisel alla 25% on ohus ruumide kasutajate tervis. Seega on vajalik planeerida meetmed õhuniiskuse tõstmiseks kütteperioodil.

Küsimus: Mis puudutab niisutuse tõstmise meetmeid, siis kindlasti on võimalik parendada ka olemasolevat olukorda õhuvahetamise langetamisega (kuni III klassi piirini 1200 ppm); temperatuuri langetamisega +21C ning niiskustagastusega rootoriga mis tellija hinnangul on mõistlikumad ja tagavad optimaalsemate kuludega sisekliima.

Vastus: Suhtelise õhuniiskuse tõstmiseks on esmaselt soovitatavad alljärgnevad tegevused:

- Tagada suhtelise õhuniiskuse jälgimine ruumides (hügromeetrite paigaldamine)
- Hoida kütteperioodil temperatuur ruumides 20-21°C juures
- Reguleerida kütteperioodil ventilatsiooni intensiivsus öötundideks ja nädalavahetusteks minimaalseks, et vähendada kuiva õhu sissetoomist ruumidesse
- Võimalusel teha märgkoristust (kui materjalid võimaldavad) kütteperioodil
- Kevadel, kui välistemperatuur on üle +5 kraadi, klassiruumide tuulutamine akende kaudu
- Vajadusel lokaalsete niisutite kasutamine

Pikemas perspektiivis on vajalik uute koolide puhul projekteerida niisutid ventilatsiooni sissepuhkeplafooni piirkonda. Rootoriga niiskuse tagastamine tekitab ventilatsioonitorustikus märgumise ja selle tulemusena hallitussente arenemise ohu, mis pigem halvendab sisekliimat. Lisaks sellele pole tagastatava niiskuse hulk piisav ruumiõhu normaalse suhtelise niiskuse tagamiseks.

Küsimus: Kas uuringuteostaja oskab välja tuua koolihoone niisutamise mõju hoone ülevõlpidamiskuludele? (lisanduv hooldus ja energia ning vee kulu)

Vastus: Kahjuks pole käesoleva uuringu käigus tehtud majandusanalüüsi koolihoonete hoolduseks ja remondiks. Uuringu teostajate subjektiivne arvamus on, et temperatuuri langetamisega kaasnev energiakulu vähenemine kompenseerib akende avamisest tuleneva tuulutamise lisakulu. Niisutussüsteeme pole otstarbekas paigaldada olemasolevatele koolihoonetele, sest torustiku vedamine klassiruumidesse on keeruline ja võib tekitada lisaprobleeme koolihoonete konstruktsioonide säilimisele – soovitame niisutussüsteeme projekteerida uutes koolihoonetes.

Küsimus: Küsimust tekitab soovitus suhtelise õhuniiskuse parendamiseks ruumide tuulutamise kaudu kevadperioodil (tuleks kindlasti lisada ka temperatuur, millest alates välisõhu niiskus on suurem kui ruumiõhk, vastasel korral saavutatakse vastupidine efekt).

Vastus: Lähtuvalt uuringu Lisas 4 toodud graafikule, saab leida välistemperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse, millest alates on soovitatav tuulutada ruume välisõhuga. Arvestame ruumitemperatuuriks 22°C, selle temperatuuri puhul on maksimaalne absoluutne õhuniiskus 19,4 grammi arvestades sellest 25% (minimaalne suhteline õhuniiskus) saame 4,85 grammi. Arvestades kevadiseks keskmiseks välisõhu suhteliseks niiskuseks 80% saame välisõhu maksimaalseks absoluutseks niiskuseks 6,06

grammi, mis vastab temperatuurile $+3,1^{\circ}\text{C}$ ehk kui õhutemperatuur väljas on kõrgem kui $+3,1^{\circ}\text{C}$ on soovitatav tuulutada ruume välisõhuga.

Küsimus: Mis põhjusel soovituslik kasutada ehitusmaksumuselt märka kallimat süsteemi, kus niisutamine toimub enne igat klassiruumi. Niisutus võiks toimuda ventilatsiooniagregaadi juures tsentraalselt (see on ebatäpsem kuid tagab optimaalsemad kulud).

Vastus: Tsentraalne niisutamine tekitab ventilatsioonitorustikus märgumise ja selle tulemusena hallitusseente arenemise ohu, mis pigem halvendab sisekliimat.

Küsimus: Küsimus, kas olukorras, kus välisõhutemperatuur on -20°C kool töötab?

Vastus: Nimetatud temperatuur on valitud kui halvim võimalik variant ehk alla selle temperatuuri koolid enamasti ei tööta. Mis puudutab arvestuslikku õhu suhtelist niiskust 0%, siis lineaarne regressioonivõrrand on madalate ja kõrgete temperatuuride puhul ebatäpne. Tegelik õhu suhteline ruumides mõlemal juhul on pisut kõrgem (-20 kraadi juures vahemikus 3-5%). Samas on lineaarset regressioonivõrrandit lihtsam käsitleda ning viga on võrreldes täpse võrrandiga väike.